

**ANÁLISIS ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL A LAS
INUNDACIONES EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO GUAYURIBA,
DEPARTAMENTO DEL META.**

PRESENTADO POR:

KELLITH MELIXA GÓMEZ URREGO
NATHALY ALEJANDRA HERNÁNDEZ CANTOR

**Universidad Santo Tomás
Facultad Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C.**

**ANÁLISIS ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL A LAS
INUNDACIONES EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO GUAYURIBA,
DEPARTAMENTO DEL META.**

**KELLITH MELIXA GÓMEZ URREGO
NATHALY ALEJANDRA HERNÁNDEZ CANTOR**

**TRABAJO DE GRADO
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

DIRECTOR:

**RONAL JACKSON SIERRA PARADA
INGENIERO TOPOGRÁFICO
M. SC. (C) EN GEOGRAFÍA**

**Universidad Santo Tomás
Facultad Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C.**

TABLA DE CONTENIDO

1.	AGRADECIMIENTOS	11
2.	DEDICATORIA	12
3.	RESUMEN.....	1
4.	INTRODUCCIÓN.....	2
5.	OBJETIVOS.....	3
5.1.	Objetivo General.....	3
5.2.	Objetivos Específicos	3
6.	MARCO DE REFERENCIA.....	4
6.1.	MARCO CONTEXTUAL.....	4
6.2.	MARCO TEÓRICO.....	9
6.3.	MARCO CONCEPTUAL.....	14
6.4.	MARCO INSTITUCIONAL.....	20
6.5.	MARCO LEGAL.....	21
7.	METODOLOGÍA	22
7.1.	Morfometría de la cuenca del Río Guayuriba	22
7.2.	Climatología.....	23
7.3.	Caracterización socio-ambiental	23
7.4.	Mancha de inundación año 2014	29
7.4.1.	Análisis de la zona de estudio mediante imágenes satelitales.....	31
7.5.	Vulnerabilidad social.....	31
7.5.1.	Primer parte: Determinación de valores de acuerdo a la condición de vulnerabilidad 32	
7.5.2.	Segunda parte: Calculo del grado de vulnerabilidad social de la organización y respuesta frente a una emergencia	33
7.6.	Transposición de caudales.....	33
7.7.	Modelo hidrológico	34
7.8.	Modelo Hidráulico.....	¡Error! Marcador no definido.
7.9.	Zonificación de la amenaza.....	39
7.10.	Exposición de las viviendas a la amenaza.....	39
7.11.	Vulnerabilidad física	40

8.	RESULTADOS	41
8.1.	Morfometría	41
8.2.	Climatología.....	41
8.3.	Caracterización socio-ambiental	42
8.3.1.	Población	43
8.3.1.1.	Densidad de población	43
8.3.1.2.	Estructura de la población: Distribución por grupos etáreos	43
8.3.1.3.	Número de viviendas y hogares en las veredas de Estudio	44
8.3.2.	Educación	44
8.3.2.1.	Nivel de educación de la población	45
8.3.2.2.	Asistencia e inasistencia escolar por grupos de edad	46
8.3.2.3.	Tasa de analfabetismo	47
8.3.3.	Salud.....	48
8.3.3.1.	Población afiliada al sistema de salud.....	48
8.3.3.2.	Población económicamente activa	49
8.3.3.3.	Población económicamente inactiva	50
8.3.4.	Situación de vivienda.....	51
8.3.4.1.	Variable de infraestructura para viviendas: Paredes, Techo y Piso.	52
8.3.4.2.	Cobertura de servicios públicos domiciliarios	53
8.3.4.3.	Accesibilidad a infraestructura vial	53
8.3.4.4.	Características económicas de producción de la población	53
8.3.4.5.	Amenaza por inundación en la cuenca media del río Guayuriba	54
8.4.	Mancha de inundación año 2014	55
8.4.1.	Análisis de la zona de estudio mediante imágenes satelitales.....	57
8.5.	Vulnerabilidad Social	58
8.5.1.	Primer parte: Determinación de valores de acuerdo a la condición de vulnerabilidad 58	
8.5.1.1.	Variable educación	58
8.5.1.2.	Variable vivienda.....	59
8.5.1.3.	Variable empleo	59
8.5.1.4.	Variable salud	60
8.6.	Cálculo del grado de vulnerabilidad social de los aspectos socioeconómicos. ..	60

8.7.	Segunda parte: Cálculo del grado de vulnerabilidad social de la organización y respuesta frente a una emergencia	61
8.8.	Calculo del grado de la vulnerabilidad social final.	62
8.9.	Determinación del grado de vulnerabilidad social final.....	62
8.10.	Transposición de caudales.....	63
8.11.	Modelo hidrológico	63
8.12.	Modelo hidráulico	64
8.13.	Zonificación de la amenaza.....	78
8.14.	Exposición de las viviendas	80
8.15.	Vulnerabilidad física	77
9.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	96
9.1.	Morfometría	96
9.2.	Climatología.....	96
9.3.	Caracterización socio-ambiental	97
9.3.1.	Población	97
9.3.1.1.	Densidad de población	97
9.3.1.2.	Estructura de la población: Distribución por grupos etéreos	98
9.3.1.3.	Número de viviendas y hogares en las veredas de estudio.....	98
9.3.2.	Educación	98
9.3.2.1.	Nivel de educación de la población	99
9.3.2.2.	Asistencia e inasistencia escolar por grupos de edad	99
9.3.2.3.	Tasa de analfabetismo	100
9.3.3.	Salud.....	100
9.3.3.1.	Población afiliada al sistema de salud.....	100
9.3.3.2.	Población económicamente activa	101
9.3.3.3.	Población económicamente inactiva	102
9.3.4.	Situación de vivienda.....	102
9.3.4.1.	Variable de infraestructura para viviendas: Paredes, techo y pisos	102
9.3.4.2.	Cobertura de servicios públicos domiciliarios	103
9.3.4.3.	Accesibilidad a infraestructura vial	103
9.3.4.4.	Características económicas de producción de la población	103
9.3.4.5.	Amenaza por inundación en la cuenca media del río Guayuriba	104
9.4.	Mancha de inundación año 2014	104

9.4.1. Análisis de la zona de estudio mediante imágenes satelitales.....	106
9.5. Vulnerabilidad social.....	106
9.5.1. Variable educación.....	106
9.5.2. Variable vivienda.....	106
9.5.3. Variable empleo.....	107
9.5.4. Variable salud.....	107
9.6. Análisis del grado de vulnerabilidad social de la organización y respuesta frente a una emergencia.....	107
9.7. Transposición de caudales.....	108
9.8. Modelo hidrológico.....	108
9.9. Modelo hidráulico.....	108
9.10. Zonificación de la amenaza.....	109
9.11. Exposición de las viviendas.....	111
9.12. Vulnerabilidad física.....	111
9.12.1. Rio Negrito.....	111
9.12.2. El Cocuy.....	112
9.12.3. La Vigia.....	112
9.12.4. Vegas del Guayuriba.....	112
9.12.5. La Concepción.....	113
10. CONCLUSIONES.....	114
11. RECOMENDACIONES.....	116
12. BIBLIOGRAFÍA.....	117

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la cuenca.....	22
Tabla 2. Estaciones meteorológicas e hidrológicas cuenca río Guayuriba.....	23
Tabla 3. Modelo de encuesta a aplicar en la población que se encuentra vulnerable a la amenaza de inundación en la cuenca media del río Guayuriba municipio de Villavicencio.	25
Tabla 4. Cronograma de visitas técnicas de campo en las veredas del área de estudio.	27
Tabla 5. Clasificación de pendientes	30
Tabla 6. Indicadores para el cálculo de vulnerabilidad social.	32
Tabla 7. Preguntas realizadas a los presidentes de la junta de acción comunal ..	33
Tabla 8. Factor de transposición.....	34
Tabla 9. Parámetros de entrada al modelo hidrológico.....	36
Tabla 10. Curva de calibración estación Puente El Amor 3503713. Datos de entrada	38
Tabla 11. Curva de calibración estación Puente Carretera 35027140	38
Tabla 12. Intensidad de la amenaza	39
Tabla 13. Grado de exposición a la amenaza	39
Tabla 14. Parámetros de vulnerabilidad.	40
Tabla 15. Rangos para la determinación del grado de vulnerabilidad física.....	40
Tabla 16. Parámetros empleados para la morfometría de la cuenca.	41
Tabla 17. Distribución poblacional por género de la margen izquierda de la cuenca media.....	43
Tabla 18. Distribución por grupos etéreos, participación porcentual y frecuencia acumulada de la muestra poblacional.	43
Tabla 19. Número de viviendas y familias en la cuenca media.	44
Tabla 20. Descripción de los centros educativos de las veredas de estudio.....	44
Tabla 21. Participación porcentual por niveles educativos para hombres, mujeres y población en total.	46
Tabla 22. Asistencia e inasistencia escolar por grupos de edad.	47
Tabla 23. Población afiliada, no afiliada al sistema de salud.	48
Tabla 24. Población económicamente activa por grupos de edad.....	49
Tabla 25. Población económicamente inactiva.	50
Tabla 26. Predios que han sido intervenidos por la dinámica del río Guayuriba. ...	57
Tabla 27. Indicadores de la variable de educación.	59
Tabla 28. Indicadores de la variable vivienda.....	59
Tabla 29. Indicadores variable empleo.	60
Tabla 30. Indicadores de la variable salud.	60
Tabla 31. Grado de la vulnerabilidad social.....	61
Tabla 32. Valoración de las respuestas hechas a los presidentes de junta de acción comunal.	61

Tabla 33. Grado de vulnerabilidad social segunda parte.	62
Tabla 34. Grado de vulnerabilidad social final en porcentaje.	62
Tabla 35. Grados de vulnerabilidad social.	62
Tabla 36. Caudales transpuestos estación Humadea.	63
Tabla 37. Caudales reales para los periodos de retorno de 50 y 100 años.	63
Tabla 38. Caudales máximos reales calculados mediante el método de la transposición.	64
Tabla 39. Calibración del modelo HMS.	64
Tabla 40. Calibración del modelo	69
Tabla 41. Grado de exposición a la amenaza y profundidad de inundación.	75
Tabla 42. Análisis vulnerabilidad física de las viviendas del área de estudio con el software ERN - Vulnerabilidad.	77
Tabla 43. Áreas afectadas en la cuenca media del río Guayuriba.	109
Tabla 44. Estimativo de la pérdida económica.	110

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Ejemplos de funciones de vulnerabilidad ante las inundaciones para edificios de uno o varios niveles.	13
Gráfica 2. Variación mensual de la temperatura media.	41
Gráfica 3. Variación media mensual de la evaporación.	42
Gráfica 4. Variación media mensual de la precipitación.....	42
Gráfica 5. Nivel de escolaridad total por género en el área de estudio.	46
Gráfica 6. Asistencia e inasistencia escolar por categorías de edad.	47
Gráfica 7. Tasa de analfabetismo	48
Gráfica 8. Porcentaje de población afiliada y no afiliada por vereda.	49
Gráfica 9. Actividades de la población económicamente activa.	50
Gráfica 10. Actividades de la población económicamente inactiva.	51
Gráfica 11. Materiales de las paredes de viviendas en el área de estudio.....	52
Gráfica 12. Materiales del techo de viviendas.	52
Gráfica 13. Materiales de los pisos de las viviendas.	53
Gráfica 14. Porcentaje de actividades económicas del área de estudio.....	54
Gráfica 15. Extensión de terreno afectado.	55
Gráfica 16. T=2 años. Caudal en condiciones normales 493 m ³ /s. Sección 9300.	65
Gráfica 17.T= 50 años. Caudal 1965.7 m ³ /s. Sección 9300.....	65
Gráfica 18.T= 100 años. Caudal 2172.8 m ³ /s. Sección 9300.....	66
Gráfica 19.Perfil hidráulico T=2 años. Caudal en condiciones normales 493 m ³ /s. Sección 9300.....	66
Gráfica 20.Perfil hidráulico T=50 años. Caudal 1965.7 m ³ /s. Sección 9300.....	67
Gráfica 21.Perfil hidráulico T=100 años. Caudal 2172.8 m ³ /s. Sección 9300.....	67
Gráfica 22.Curva de gasto. Sección 0+ 300msnm	68
Gráfica 23.Curva de gasto. Abscisa 0+44100msnm	68
Gráfica 24.Velocidad de flujo en las secciones transversales del río Guayuriba. .	69
Gráfica 25.Calibración del modelo.....	70

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Esquema conceptual para la obtención de la mancha de inundación año 2014.....	31
Imagen 2. Pasos para la modelación en HEC-HMS.	35
Imagen 3. Predios en estado crítico. Las Malvinas, El Consuelo, La Porfía.....	58
Imagen 7. Procedimiento para la obtención de la geometría.	64
Imagen 8. Calibración del modelo hidráulico.	69

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación cuenca río Guayuriba.....	4
Mapa 2. Área de estudio cuenca media río Guayuriba.	6
Mapa 3. Unidades geológicas cuenca del río Guayuriba	8
Mapa 4. Veredas del área de estudio cuenca media Río Guayuriba.....	24
Mapa 6. Transposición cuenca Guayuriba y cuenca río Humadea.....	34
Mapa 7. Establecimiento educativo Escuela Río Negrito.....	45

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Reunión con la presidenta de la vereda Río Negrito.....	27
Foto 2. Nivel alcanzado por el agua - Predio La Isabela, Vegas del Guayuriba..	106

1. AGRADECIMIENTOS

A Dios de antemano por ser quien guió nuestros pasos y nos llenó de fuerza espiritual y perseverancia para lograr cada uno de los objetivos planteados en nuestro proyecto, al ing. Ronal Jackson Sierra por su paciencia, dedicación, esfuerzo, consejos, amistad y sabiduría para orientarnos, al ing. Darwin Mena por brindarnos sus conocimientos técnicos, su tiempo y la inquietud por aprender el uso y manejo de nuevos software para nuestra formación profesional, y a los docentes Ing. Juan José Vargas y Ing. Johan Álvarez por ayudarnos en este proceso. Al Admón. Ambiental y de los recursos naturales renovables Edilberto Gómez Ortiz por compartirnos su experiencia y brindarnos todo el apoyo técnico en el trabajo de campo, por su dedicación, tiempo y sabiduría.

En especial al Dr. Marco Antonio Torres, quien fue un pilar para la elaboración de nuestro proyecto de tesis pues nos orientó incondicionalmente en la comprensión, uso y manejo de la interfaz ERN-Vulnerabilidad v2.0; nos mostró su gran amabilidad, disposición, interés por guiarnos a pesar de encontrarnos en diferentes países, realmente sin su apoyo una gran parte del proyecto no hubiese sido posible realizarla.

2. DEDICATORIA

Alejandra: “A Dios por no dejarme desfallecer y brindarme la sabiduría suficiente, a mis padres y hermanas, por el apoyo incondicional, consejos, paciencia y confianza, durante este arduo proceso, a mi novio Juan Camilo Matus por su amor incondicional y consejos valiosos, a mi amiga Laura Barón por su amistad sincera e incondicional, a mi amiga y compañera de tesis Melissa gracias! por las risas, traspasadas, estresadas y por esa gran amistad que forjamos y finalmente gracias a mi por permitirme aprender nuevas cosas, haber explorado nuevos campos de conocimiento y por haber cumplido un gran logro en mi vida profesional”.

Melissa: “A Dios por darme la sabiduría y la fortaleza necesaria para lograr un gran objetivo de mi vida, a mis padres quienes me han enseñado que la perseverancia me conduce al cumplimiento de mis metas trazadas, a mí misma porque con ello me demuestro que realmente me empape del tema, aprendí y construí un conocimiento que me permitirá desempeñarme como una profesional competente en el campo laboral, a mi amiga y compañera de tesis con la cual reí, lllore y disfrute cada paso a paso de este arduo y duro proceso y aquellas personas que hicieron parte de esta fase tan importante”

3. RESUMEN

Esta tesis se desarrolló principalmente con el objetivo de medir la vulnerabilidad física y social de la población afectada por las inundaciones en las veredas de La Concepción, Río Negrito, El Cocuy, Vegas del Guayuriba y La Vigia que conforman la cuenca media del río Guayuriba en el área rural del municipio de Villavicencio, departamento del Meta y como base de información para las entidades encargadas de la gestión del riesgo puesto que el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica no presenta estudios detallados sobre la temática de la amenaza por inundación.

Para ello, se realizó una caracterización socio-ambiental, la cual hace referencia a un proceso de búsqueda y recolección de información relevante con respecto a las variables de educación, salud, economía y vivienda de la población asentada en el área de estudio y de su entorno, el modelamiento hidráulico de 40.630 Km del río que recorre las veredas nombradas, para los periodos de retorno de 50 y 100 años por medio del software Hec-Ras 4.1.0, la valoración de los daños esperados a través de la interfaz ERN-Vulnerabilidad v2.0 y la estimación del grado de organización social y respuesta.

Luego entonces, se obtuvo como resultado que para un periodo de retorno de 50 y 100 años se ven afectados 71 predios de los cuales 49 casas son inundadas con una profundidad que oscila entre los 0.20 m y 1.56 m. Cabe resaltar que la mayor parte de las viviendas posiblemente afectadas presentan una vulnerabilidad física baja y media, exceptuando aquellas que no poseen registro catastral, localizadas en Vegas del Guayuriba.

En cuanto a la estimación del grado de vulnerabilidad social, se tuvo como resultado un nivel bajo, puesto que la población afectada en 2014 no fue representativa respecto al total de los habitantes de la zona de estudio, además el capital humano presenta una tasa baja de analfabetismo, educación formal, viviendas de infraestructura resistente, cobertura de energía eléctrica, ocupación laboral, buenas condiciones de salud y accesibilidad a centros de atención médica.

Palabras claves: Vulnerabilidad, amenaza, inundación, población, caracterización socio-ambiental, exposición.

4. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones provocadas por el aumento del nivel del agua de los ríos en épocas invernales son uno de los fenómenos naturales que mayor daño causan a nivel mundial. En Colombia 10.471.013 ha¹, son zonas inundables periódicamente las cuales corresponden a 19 departamentos del país entre ellos se pueden mencionar Atlántico, Choco, Sucre, Cundinamarca y Meta [1]. A modo de ejemplo, se puede mencionar los eventos de inundación en el año 2011 provocados por el desbordamiento del río Guayuriba hacia la margen izquierda de la cuenca media en el municipio de Villavicencio en el departamento del Meta, lo que generó pérdidas de aproximadamente 3.450 Ha considerables de terreno según los reportes de la Cruz Roja [2].

A partir de este reporte surge la búsqueda de información primaria, para identificar el contexto en el que se presentó la inundación mediante diálogos con la población para conocer las situaciones vividas por dichos eventos y la consulta del POMHC² de la cuenca del río Guayuriba, en el que se pudo evidenciar la falta de estudios detallados de las amenazas que allí se presentan.

Por ello, en este proyecto de grado se desarrolló un análisis espacial de la vulnerabilidad física y social de la población expuesta a la amenaza de inundación en el área de influencia, mediante la caracterización socio-ambiental de la zona, el uso de sistemas de información geográfica y la estimación de indicadores sociales, lo que permitió determinar las zonas de amenaza por inundación, la profundidad de la lámina de agua para escenarios de 50 y 100 años y el grado de vulnerabilidad social de la población afectada en el año 2014.

Finalmente y con base en lo realizado se espera que este proyecto sirva de apoyo en la formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo en cuanto a la toma de medidas orientadas a la prevención y mitigación de los problemas ocasionados por las inundaciones en la cuenca media del río Guayuriba y conlleve a la implementación de mecanismos de alerta temprana, donde estén incluidos, las instituciones del sector público y la comunidad afectada.

¹ Instituto geográfico Agustín Codazzi, Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales, departamento administrativo nacional de estadística.

² Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Analizar y evaluar los diferentes tipos de construcciones y su resistencia, frente a la situación de amenaza por inundación, así mismo, factores sociales de la población que se encuentra ubicada en la cuenca media del río Guayuriba.

5.2. Objetivos Específicos

Analizar los factores socio-económicos de la población del área de estudio, por medio de observaciones, visitas técnicas de campo y encuestas aplicadas a los habitantes con el fin de conocer las características relevantes de la dinámica poblacional.

Realizar la simulación de las inundaciones del tramo en estudio para los periodos de retorno de 50 y 100 años mediante el uso del software Hec-Ras 4.1.0 y sistemas de información geográfica.

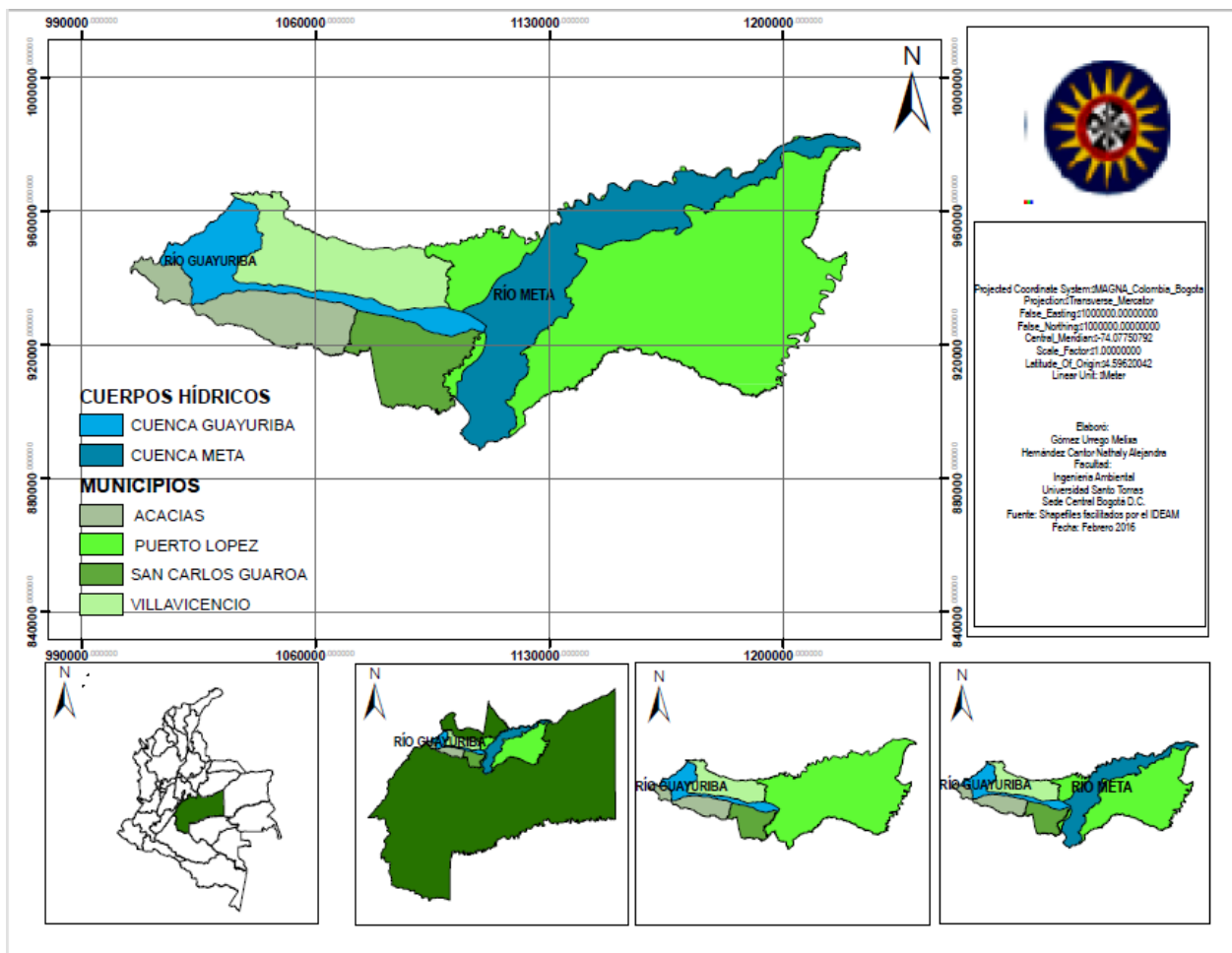
Analizar la susceptibilidad de las viviendas que pueden sufrir algún tipo de daño por medio de la interfaz ERN-Vulnerabilidad y los aspectos sociales mediante la aplicación de indicadores que evalúen factores socio-económicos y el grado de organización social y de respuesta frente a una inundación.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO CONTEXTUAL

La cuenca del río Guayuriba hace parte de las cuencas aferentes al río Metica, principal tributario del río Meta, está localizada en la vertiente oriental de la cordillera oriental, tiene una extensión de 1132.5 Km² correspondiente al 1.3% del territorio que se encuentra ubicada en el nor-occidente del departamento del Meta, de los cuales 481.8 Km² (42.5%) pertenecen al municipio de Villavicencio, 461.1 Km² (38.5%) al municipio de Acacias, 160.7 Km² (14.2%) a San Carlos de Guaroa y 42.0 Km² (3.7%) a Puerto López [3].

Mapa 1. Ubicación cuenca río Guayuriba.



Fuente. Elaborado por autoras a partir de shapefiles facilitados por el ICAOC.

La cuenca limita al occidente con el municipio de Villavicencio, al oriente con el municipio de Puerto López y al sur con los municipios de Acacias y San Carlos de Guaroa. En éste último municipio el río Guayuriba desemboca hacia la margen izquierda del río Meta a una altura aproximada de 200 m.s.n.m. Cabe resaltar que

los afluentes principales del río Guayuriba son las quebradas Pipiral y El Engaño y los ríos Sardinata y Manzanares, administrativamente la cuenca atraviesa 50 veredas las cuales se encuentran dentro del perímetro municipal de Acacias, Villavicencio, San Carlos de Guaroa y Puerto López. [3].

La cuenca en general presenta una gran variedad de unidades paisajísticas y diversidad ecosistémica debido a sus diferentes altitudes, las cuales van desde los 3.650 m.s.n.m hasta los 175 m.s.n.m [3]. Esta variación, también incide en los aspectos climatológicos, reflejándose en la temperatura, la precipitación y la evaporación. La temperatura media anual es de 23.8°C, la precipitación promedio anual multianual de la cuenca es de 3416 mm y la evaporación media anual es de 1303 mm la cual varía entre los 1230 y 1370 mm [3].

En cuanto a información hidrográfica se tiene que el cauce del río Guayuriba en la parte alta hasta el piedemonte se caracteriza por poseer un valle en forma de “V” con laderas muy pronunciadas y muy estrecho en el fondo, lo que da lugar a la formación de quebradas de gran pendiente y escasa longitud, donde se puede presentar un caudal máximo instantáneo de poca duración y con un volumen que puede generar arrastre de material sólido [3].

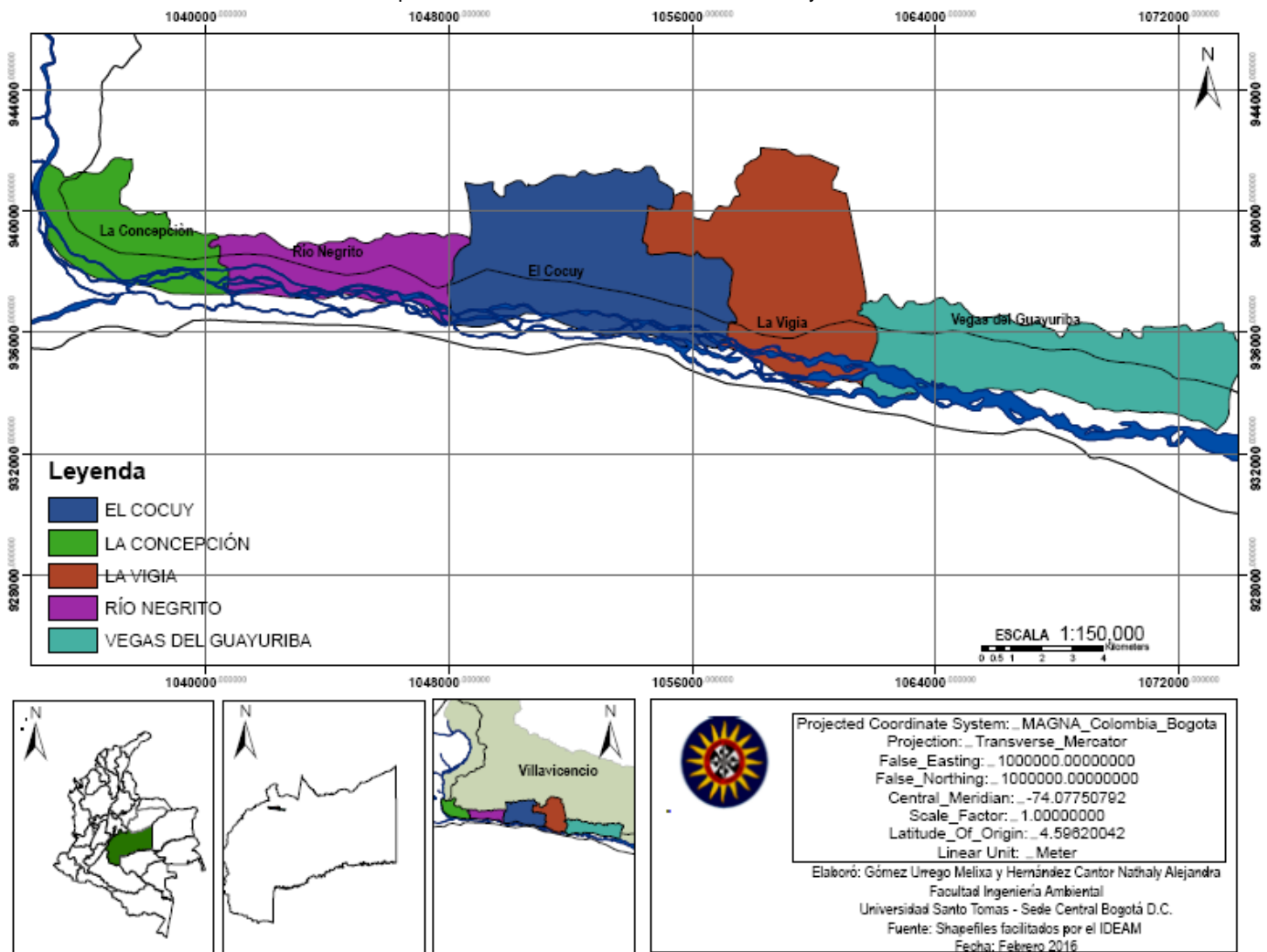
Dado lo anterior, en la cuenca se llevan a cabo actividades mineras de extracción de material de agregados provenientes principalmente de los procesos erosivos en las laderas. Se estima que el río Guayuriba transporta un promedio anual de 16.806.000 Ton de sedimentos en suspensión ya que cuenta con aluviones activos sobre su margen izquierda con pendientes planas a suavemente onduladas que facilitan las actividades de extracción de material de arrastre tales como cantos rodados, gravas y arenas [3].

Otra de las actividades productivas son las de carácter agrícola entre las que se destacan los cultivos de arroz y palma aceitera con tendencia al monocultivo extensivo. El primero ocupa un área de 17.868,58 Ha cultivadas cubriendo un 25,53% de los territorios agrícolas y el último cuenta con 8.650,4 Ha de cultivo que representan un 12.35% del total de las áreas sembradas. Los sistemas pecuarios, ganaderos y de pastizales también se encuentran dentro de las actividades económicas que realiza la población principalmente en la parte media y baja. La población que se dedica a dichas actividades se ubica en un rango de edades menores a 24 años, correspondiente al 55.6% de la población total de la cuenca, y que se encuentra mayoritariamente ubicada en la cabecera rural del municipio de Villavicencio [3].

Por último, cabe resaltar que en el presente proyecto se tomara como área de estudio la zona media del Río Guayuriba, esta inicia en el puente que comunica los municipios de Villavicencio y Acacias, y termina en la vereda Vegas del Guayuriba a una altura de 440 m.s.n.m, esta abarca las veredas ubicadas hacia la margen izquierda del municipio de Villavicencio, las cuales son El Cocuy, Río Negrito, La Concepción, La Vigia y Vegas del Guayuriba, cuenta con un área de aproximadamente de 128.5 Km². El principal tributario en esta parte de la cuenca

es el río Sardinata, el cual tiene pequeños afluentes que también alimentan el río Guayuriba [4].

Mapa 2. Área de estudio cuenca media río Guayuriba.



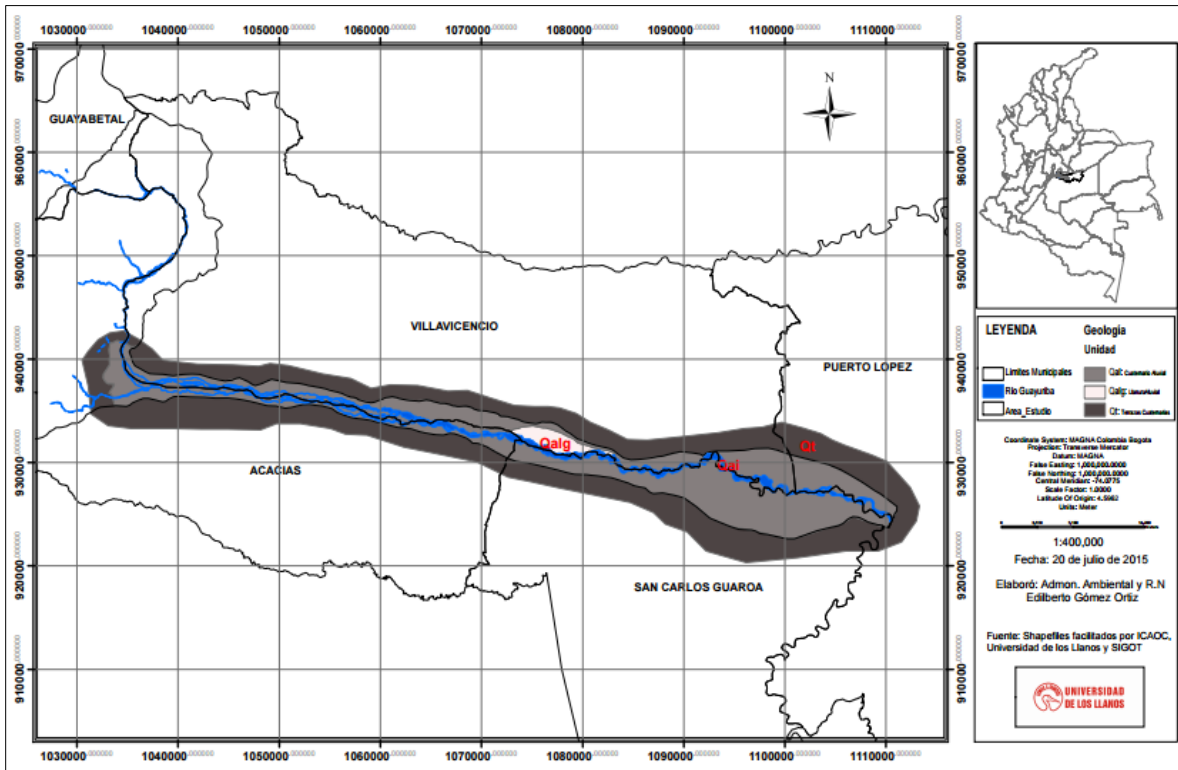
Además de lo anterior, la parte media tiene una forma alargada, lo que naturalmente la hace menos susceptible a la formación de crecientes, sin embargo, en esta área se han presentado desbordamientos e inundaciones del cauce, lo que significa que este no es el único factor que influye en el momento de presentarse un evento de dicho tipo, pues también se debe analizar variables importantes como la pendiente, la geomorfología y las diferentes actividades que se llevan a cabo en esta zona que han alterado de alguna manera el curso del río [4].

Por último se tiene las variables de geología y edafología, esta área en especial se caracteriza por presentar unidades de terrazas (Qt) y depósito aluviales (Qal), representados por sedimentos que tienen un amplio rango de tamaños, desde gravas finas hasta guijarros pequeños y largos. Las unidades Qt hacen referencia a depósitos de arenas de grano grueso a fino con un centro arcilloso, intercaladas con aglomerados de guijos. También, se presentan intercalaciones de capas medias a gruesas de arcillas de tonos verdosos y crema, cuyo contacto es de tipo ondulado y erosivo. Las arenas tienen una gradación normal y se encuentran en capas gruesas con estratificación cruzada. Por otra parte, la unidad Qal agrupa sedimentos aluviales transportados como material de arrastre, ubicados en el cauce principal y las terrazas bajas del río Guayuriba, el material que las componen en tamaño y composición es variado dependiendo de la dinámica de las corrientes y las unidades geológicas características de las subcuencas que drenan el río Guayuriba [4].

Cabe resaltar que dichas unidades geológicas tienen una estrecha relación con las unidades de suelo, puesto que a partir de las primeras se dan las particularidades edafológicas. Luego entonces, en las veredas de La Concepción, El Cocuy y Vegas del Guayuriba se presenta unidades de suelo de asociación Aquic Dystropepts y Fluventic Dystropepts (RVHAY), suelos caracterizados por ser de profundos a superficiales con texturas finas a moderadamente gruesas, poco drenados, susceptibles a encharcamientos y con escasa fertilidad debido a su pH ácido.

Por otra parte, en La Vigia, existen suelos de asociación Fluvaquentic Eutropepts, Aeritropaquepts y Fluventic Dystropepts (RVMAX), los cuales difieren únicamente de los anteriores por sus texturas variadas de finas a moderadamente gruesas y su susceptibilidad a inundaciones. Río Negro, además de presentar la primera unidad edafológica descrita, también tiene el complejo Typic Tropofluvents, Tropic Fluvaquents y fase inundable (RVNAX) y el grupo indiferenciado Misceláneo de playones e islotes, Typic Tropofluvents y fase inundable (RVOAX); las primeras comprenden suelos de moderadamente profundos a superficiales con texturas medias a moderadamente finas, de imperfectos a pobremente drenados y susceptibles a inundaciones, por último, las RVOAX, son depósitos en su mayoría inestables e irregulares, cuyas texturas son moderadamente gruesas y al igual que las mencionadas con anterioridad son vulnerables a inundaciones. A continuación se presenta el mapa de las unidades geológicas correspondiente a la cuenca del río Guayuriba. [5].

Mapa 3. Unidades geológicas cuenca del río Guayuriba



Fuente. Administrador ambiental y de los recursos naturales Edilberto Gómez. Shapefiles ICAOC, Universidad de los Llanos y el SIGOT.

6.2. MARCO TEÓRICO

Amenaza por inundación

Es la situación potencial de pérdidas o daños de personas, bienes materiales y servicios como consecuencia de la ocurrencia del evento, estas circunstancias se pueden dar por varios factores, entre estos se tienen la intervención de actividades antrópicas, la geomorfología de la cuenca el uso del suelo entre otros. De este modo se tiene entonces que el principal objetivo del análisis de la amenaza por inundación es la cuantificación de la magnitud de los eventos que se consideren amenazantes (potencialmente dañinos) y que se presenten con una determinada probabilidad de ocurrencia, por lo que se hace necesario asignar la magnitud, intensidad y frecuencia del mismo y así minimizar los daños en la ocurrencia de un evento a futuro [6].

Por lo anterior se dice que el impacto más notorio de una inundación es la cobertura por causada por el agua en áreas normalmente secas y la profundidad asociada a dicha lámina de agua, la cual implica la saturación de los suelos, daño a estructuras que se encuentren sobre dicho suelo, pérdida de cultivos, daño a infraestructura vial, afectación a redes eléctricas, tuberías entre otros. Cabe resaltar que es importante considerar el tiempo de permanencia del nivel de agua en la superficie, ya que se existen dos situaciones que pueden llegar a suceder; la primera hace referencia a la exposición prolongada del suceso y la segunda enuncia que si su drenaje es significativamente rápido minimizara el daño y la deposición de materiales finos en el lecho [6].

Por último, se tiene otro criterio relevante para evaluar la amenaza por inundación, el cual es la velocidad de flujo, este puede causar arrastre de bienes materiales y personas, velocidades superiores a 1m/s y con cierta profundidad se consideran capaces de arrastrar una persona e incluso velocidades más bajas son capaces de desplazar objetos materiales como lo son troncos de árboles o vehículos [6].

Inundaciones

Una inundación puede ser definida como “una cobertura temporal de agua sobre la superficies, por fuera de su confinamiento normal o natural”, y puede ocurrir en cuencas de ríos pequeños y grandes, en estuarios, zonas costeras y condiciones locales (urbanas). Las inundaciones pueden ser clasificadas según su origen, como debidas a temporadas invernales o de lluvias, inducidas por tormentas convectivas de verano, por deshielo, por aumento de mareas, por tsunamis, por crecientes del nivel freático y aguas subterráneas, por desbordamiento de alcantarillados urbanos, por rompimiento de presas u otras estructuras de control, etc. [7].

Cada evento de inundación puede ser caracterizado de acuerdo a condiciones como profundidad de lámina de agua, velocidad de flujo, flujos de materia y características dinámicas temporales y espaciales. Adicionalmente, los eventos de

inundación pueden tener repercusiones catastróficas, tales como pérdida de vidas humanas y animales, destrucción de infraestructura y anegamiento de cultivos [7].

Debido a estas consecuencias, es de resaltar la importancia de sistemas de alarma frente a inundaciones, los cuales permiten reducir el riesgo hacia la vida, y preparar a la población con suficiente tiempo de antelación para la protección de propiedades e infraestructura. Los sistemas de alarma también pueden incluir acciones de mitigación y prevención de inundaciones, tales como operación de estructuras de control de ríos, reforzamiento de defensas contra inundaciones, e instalación de barreras temporales, entre otros [7].

Los sistemas de alarma frente a inundaciones también pueden incluir sistemas de detección de precipitación y nivel del río, modelos de previsión de inundaciones de ríos y costeras, sistemas de difusión de alarma a la población y procedimientos de atención de emergencias. Cada uno de estos componentes tiene una igual importancia en la cadena de acción y atención ante eventos de inundación, y el énfasis actual está encaminado hacia un Sistema Integral de Prevención de Inundaciones [8].

Modelación hidráulica de inundaciones

Este proceso consiste en observar las condiciones hidráulicas del cuerpo hídrico como lo son la velocidad y profundidad en cada uno de los tramos del mismo. En el presente proyecto de grado se utilizara el modelo de HEC-RAS (HydrologicEngineering Center – RiverAnalysisSystem) [9].

El software HEC-RAS es un modelo hidrodinámico desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, capaz de realizar análisis unidimensionales gradualmente variados en lámina libre de sistemas fluviales mediante cuatro componentes: simulación de perfiles de flujo permanente y no permanente, cálculo de transporte de sedimentos y cambios en el lecho, y calidad de aguas [9].

Probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno

Las características climatológicas influyen de manera directa en los sistemas hidrológicos, trayendo consigo graves consecuencias como lo son tormentas severas, crecientes o sequias [6].

La magnitud de dichos eventos presentan una relación inversamente relacionada con su periodicidad de ocurrencia; para ello se define el concepto de periodo de retorno como un intervalo de tiempo en el cual el promedio del valor crítico es igualado o excedido; según lo anterior se espera que los eventos muy fuertes ocurran con menor frecuencia que los sucesos de menor magnitud [6].

Por lo tanto el objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es la relación de la magnitud de dichos eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia por medio de distribuciones de probabilidad [6]. Estas distribuciones indican la probabilidad de ocurrencia de vertidos de un caudal en una superficie por incapacidad de la red de drenaje, mediante esto se asume una relación entre

la cantidad de agua vertida por la red hídrica cuando entra en fallo y el nivel de afectación que este fallo provoca en superficie [10].

En el caso de las inundaciones este análisis de amenaza tiene como punto de partida la estimación de las características hidrodinámicas, ahora bien, para determinar la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos, se hace necesario la recopilación de información independiente, es decir datos asociados a las variables de caudal, precipitación, evaporación, temperatura entre otras e idénticamente distribuida lo que indica que los datos recopilados deben ser únicamente de la zona de estudio a analizar, de esta forma se elegirán las series de los máximos anuales [6].

Valoración de la vulnerabilidad social.

La vulnerabilidad social ante eventos o fenómenos naturales, se define como una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo humano, está capacitado para la prevención y atención de eventos que amenazan su vida y sus bienes [11].

Por tanto, la valoración de la vulnerabilidad social se hace a través de indicadores que miden las condiciones de los aspectos socioeconómicos de una determinada población. A modo de ejemplo se puede mencionar la metodología desarrollada por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, la cual consiste en dos partes. La primera orientada a evaluar los principales aspectos socioeconómicos (a través de indicadores) que propician la vulnerabilidad social de las características intrínsecas de la población, los cuales se acentúan en caso de desastre y la segunda parte, intenta conocer y analizar aspectos orientados a la organización social existente y funcional, capaz de responder adecuadamente ante el impacto de los eventos de origen natural [11].

Vulnerabilidad física por eventos de inundación.

Hace referencia a la resistencia y susceptibilidad que tienen las infraestructuras frente a la ocurrencia de un evento, al presentarse diversos tipos de construcciones y materiales de cimentación la vulnerabilidad física no será la misma en todos los casos, por ende, se hace necesario un análisis detallado para cada una de las construcciones que presenten una posible afectación.

Este análisis se puede cumplir por medio de software computacionales, para el presente proyecto se empleó la interfaz ERN-Vulnerabilidad, el cual consiste en la creación y edición de funciones de vulnerabilidad para diferentes tipos constructivos, y ante el efecto de diferentes amenazas naturales como las inundaciones [12].

Estas funciones no consideran los daños provocados por socavación, falta de resistencia por reblandecimiento del suelo o deficiencia de la cimentación que pueden producir el colapso de las estructuras. Luego entonces, la función de vulnerabilidad ante una inundación se debe desarrollar para los diferentes tipos

constructivos característicos, en función de dos parámetros principales: la profundidad de las aguas de inundación y la velocidad máxima del flujo [13].

Las curvas obtenidas con esta metodología corresponden a valores medios y contemplan solo el daño para estructura más no para los contenidos de la misma. La expresión que representa el daño para estructuras de un nivel es una función polinomial de tercer grado que inicia en cero, como la presentada en la siguiente ecuación [13]:

$$\delta_{N1}(t) = a * t^3 + b * t^2 + c * t$$

Dónde:

t = Profundidad de inundación para el sitio analizado

a, b, c = Constantes que definen el ajuste de la función a los valores promedio

Ahora bien, suponiendo que los valores y la densidad de contenidos se mantendrán constantes con el número de niveles, se puede plantear una expresión general para cualquier número de niveles y para cualquier profundidad de inundación, la cual se muestra en la siguiente ecuación [13]:

$$\delta = \frac{\delta_{N1max} * (N_{st} - 1) + \delta_{N1}(t) \sim}{N_T}$$

Dónde:

δ_{N1max} = Daño máximo de la función para un nivel para la profundidad máxima

$\delta_{N1}(\tilde{t})$ = Daño para una profundidad relativa sobre los niveles completamente inundados.

$\tilde{t} = t - h_N * (N_{st} - 1)$ = Profundidad relativa sobre los niveles inundados.

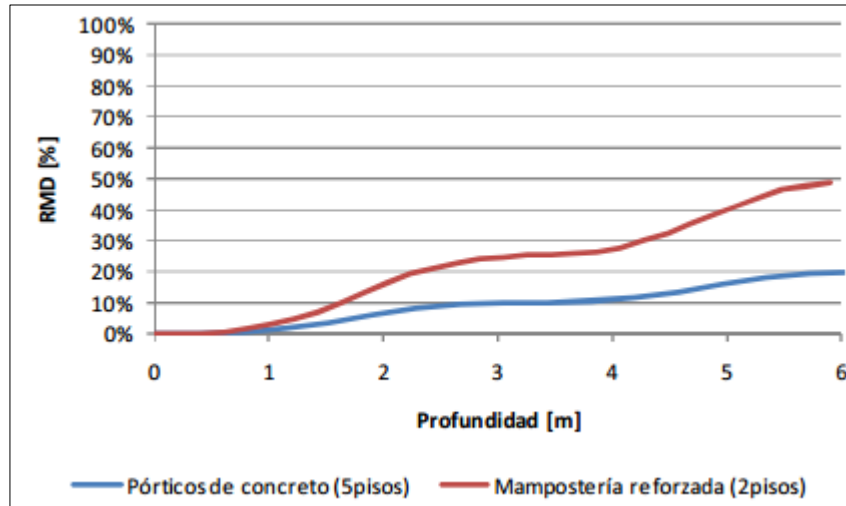
h_N = Altura de entrepiso.

$N_{st} = Ent_{SUP}(t/h_N)$ = Nivel donde se encuentra la superficie de inundación del agua, definido como el valor entero superior de la relación indicada.

N_T = Es el número total de niveles.

Con la aplicación de la ecuación anterior se pueden obtener las curvas de daño para cualquier número de niveles en función de las curvas obtenidas para un nivel [13]:

Gráfica 1. Ejemplos de funciones de vulnerabilidad ante las inundaciones para edificios de uno o varios niveles.



Fuente. Tomado del documento "Metodología de modelación probabilística de riesgos naturales" [13].

6.3. MARCO CONCEPTUAL

Adaptación: Comprende la capacidad de adecuación de los sistemas naturales y/o humanos a los estímulos climáticos actuales, esperados y futuros y a sus efectos, con el fin de mitigar los daños, para el caso de los eventos hidrometeorológicos la adaptación al cambio climático corresponde a la gestión del riesgo de desastres en la medida en que se encamina a la reducción de la vulnerabilidad y al mejoramiento de la resiliencia en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad [14].

Amenaza: Se considera que la amenaza es la probabilidad de que ocurra un suceso o evento potencialmente peligroso en un determinado sitio y periodo de tiempo, esta se puede dar por procesos naturales o antrópicos que se presenten con una severidad lo suficientemente fuerte para causar lesiones o incluso pérdidas de vida, así, como también daños y perjuicios en los bienes, infraestructura, medios de sustento, prestación de servicios y recursos ambientales [14].

Análisis y evaluación del riesgo: Implica la consideración de las causas, las fuentes del riesgo, sus consecuencias y probabilidades de ocurrencia. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales para poder estimar el valor de los daños y las pérdidas potenciales, así mismo se compara con criterios establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención el alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación [14].

Caracterización socio-ambiental: Es la constitución de un asentamiento humano que comprende un conjunto de características conformadas por situaciones, relaciones, maneras de pensar y formas de vivir, que surgen de la dinámica y cotidianidad vivencial de sus integrantes, su medio ambiente y el medio natural donde se desarrollan, los cuales en el devenir comunitario van formando el tejido social, económico, político, cultural y ambiental, que influye con el tiempo en su comportamiento ético, moral, educativo y en su calidad de vida presente y futura. Por esta razón, para caracterizar a una comunidad por su condición ambiental, es necesario considerar las circunstancias y acontecimientos, tanto sociales como naturales, e integrarlas al análisis desde una perspectiva cultural, política y económica que permita la comprensión de su realidad de forma objetiva y poder abordar las propuestas para su reordenamiento socio-ambiental [15].

Cuenca hidrográfica: Entiéndase por cuenca el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluye en un curso mayor, que a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente al mar [16].

Conocimiento del riesgo: Es el proceso de la gestión del riesgo que está compuesto por la identificación de los escenarios de peligro, el análisis, la

evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del mismo, sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia y así complementar los procesos de reducción del riesgo y manejo de desastres [14].

Desastre: Es un acontecimiento, localizado en tiempo y espacio, en el cual una sociedad o comunidad, ve superada su capacidad de atención con los recursos habituales de organización [17].

Exposición: Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza [14].

Fenómeno hidrometeorológico: Son los que se generan por la acción violenta de los agentes atmosféricos, siguiendo los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico. Estos fenómenos hidrometeorológicos pueden llegar a provocar la pérdida de vidas humanas o daños materiales de importancia.; principalmente si se está expuesto a la acción violenta de algunos agentes atmosféricos como lluvias, granizadas, nevadas, heladas y sequías [18] [19].

Gestión del riesgo: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento, evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, para que de esta forma se logre mitigar, reducir o controlar las situaciones de desastre, así mismo la posterior recuperación (rehabilitación y reconstrucción). Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible [14] .

Modelo hidrológico HEC-HMS

Este modelo fue desarrollado por el centro de ingeniería hidrológica de los Estados Unidos (HEC-HMS), está diseñado para simular el proceso de precipitación y escurrimiento en cuencas, su aplicación puede dar un amplio número de regiones geográficas y de este modo dar solución a un rango general de problemas, además de esto puede ser utilizado en pequeñas o grandes cuencas (urbanas y sin intervención), los resultados se pueden aplicar para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, observación de flujo, impacto de intervenciones en cuencas, reducción del daño por inundaciones, operación de sistemas entre otros [20].

Para emplear el uso de este modelo se deben tener en cuenta los siguientes componentes:

- **Modelos de cuenca:** Es utilizado para representar la parte física de la cuenca. El usuario desarrolla un modelo de cuenca agregando y conectando elementos hidrológicos, los elementos hidrológicos usan modelos matemáticos para describir los procesos físicos en la cuenca [20].
- **Modelos meteorológicos:** Calcula la precipitación requerida en una sub-cuenca. Se puede utilizar precipitación puntual o por grillas, tiene la capacidad de modelar precipitación sólida y líquida junto con

evapotranspiración. También posee un método de cálculo de derretimiento de nieve utilizando un algoritmo de temperatura [20].

- **Especificaciones de control:** Fijan el tiempo de duración de cada corrida de una simulación. La información en las especificaciones de control incluye una fecha de inicio, una fecha de finalización y el intervalo de tiempo de la simulación [20].
- **Datos de entrada:** Las series de tiempo o series de pares, los datos de las grillas son requeridos generalmente como condiciones de borde en los modelos de cuencas y meteorológicos [20].

Inundación: Evento que debido a la precipitación (lluvia, nieve o granizo extremo, oleaje, marea de tormenta o falla de alguna estructura hidráulica), provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y generalmente produce daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura [21].

Ordenamiento Territorial (OT): El ordenamiento territorial es la definición de lineamientos sobre un territorio bajo una facultad normativa consensuada con los involucrados, ya sean beneficiados o afectados. Es acordar el uso y ocupación del territorio para mejorar la calidad de vida de la población en el mediano y largo plazo. Cuando una municipalidad promueve el ordenamiento territorial debe tener una visión integral y una planificación para el desarrollo social, económico y productivo de su región, el OT en un municipio sirve para definir los diversos usos del territorio, por ejemplo impulsar cambios en la forma de uso de la tierra, promover la protección de reservas naturales, prevenir de riesgos entre otros [22].

Percepción del riesgo de inundación: El concepto de la percepción del riesgo de inundación está dado por los juicios intuitivos que un grupo de individuos o personas hacen al respecto de la situación, basándose o utilizando información limitada o incierta. Por lo tanto, estas nociones varían según la sociedad de acuerdo a numerosos factores, como por ejemplo, sus distintos niveles de conocimiento sobre el peligro, experiencias vividas en relación a anteriores episodios de desbordamientos, nivel de educación e información recibida, su ubicación geográfica y composición demográfica respecto al riesgo entre otros [23].

Plan de ordenamiento territorial: El plan de ordenamiento territorial (POT) es un instrumento técnico y normativo de planeación y gestión de largo plazo; es el conjunto de acciones y políticas, administrativas y de planeación física, que orientarán el desarrollo del territorio municipal por los próximos años y que regularán la utilización, ocupación y transformación del espacio físico urbano y rural. Un POT es en esencia, el pacto social de una población con su territorio. El alcalde municipal tiene como obligación principal, mejorar la calidad de vida de sus habitantes; para ello tiene tres herramientas: el Plan de Ordenamiento Territorial, el Plan de Desarrollo Municipal y el presupuesto [24].

12 años (3 periodos administrativos) -----> Plan de ordenamiento territorial –POT

4 años (1 periodo administrativo) -----> Plan de desarrollo municipal –PDM

1 año (parte del periodo) -----> Presupuesto

Con el POT, PDM y Presupuesto Municipal, el alcalde cuenta con tres instrumentos esenciales que deben articularse y armonizarse para lograr el objetivo principal de la administración municipal: mejorar la calidad de vida de la población [24].

El Plan de ordenamiento Territorial se concreta a través de la ejecución de obras físicas y de control urbano y rural. Los proyectos de infraestructura y equipamientos que se han programado para realizar en el corto plazo (4 años), mediano plazo (8 años) y largo plazo (12 o más años) permitirán construir a través de las sucesivas administraciones, municipios más productivos, equitativos y sostenibles [24]. Todos los municipios del país de acuerdo con las características y tamaño de cada municipio, se establecen distintos tipos de planes así [24]:

- PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT): Deben elaborarlos los municipios con población superior a 100.000 habitantes.
- PLANES BASICOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PBOT): Deben elaborarlos los municipios con población entre 30.000 y 100.000 habitantes.
- ESQUEMAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (EOT): Deben elaborarlos los municipios con población inferior a 30.000 habitantes. Cuando se habla de POT, se hace referencia a todas las categorías mencionadas [24].

Plan municipal de gestión de riesgo (PMGR): Es el instrumento mediante el cual el CLOPAD llamado ahora Oficina de Gestión del Riesgo prioriza, formula, programa y hace seguimiento al conjunto de acciones a ser ejecutadas por las entidades, instituciones y organizaciones en cumplimiento de su misión; acciones para conocer, reducir y controlar las condiciones de riesgo, así como para la preparación de la respuesta y recuperación, siguiendo el componente de procesos, es decir que el PMGR define de manera específica los métodos de él “qué hacer”, “el donde”, “cuanto”, “cuando” y “quien” ; avanzado así de lo general hacia lo detallado, generando la dinámica de intervención en los demás procesos [25].

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica: Es el Instrumento mediante el cual se planifica el uso del territorio y los recursos naturales, y se orienta los procesos de ocupación y utilización de los mismos, para contribuir a garantizar la funcionalidad y sostenibilidad del sistema natural, soporte de la población y de los procesos sociales y económico de las cuencas. El Plan genera los instrumentos legales, económicos, sociales, políticos y administrativos que posibilitan dar un uso y desarrollo más adecuado a la cuenca [26].

Prevención de riesgo: Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere un nuevo riesgo, los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos

en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible [14].

Resiliencia: Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la resiliencia es, "la capacidad de prevenir desastres y crisis, así como de preverlos, amortiguarlos, recuperarse de ellos a tiempo y de forma eficiente y sostenible, incluida la protección, el restablecimiento y la mejora de los sistemas de vida frente a las amenazas que afectan a la agricultura, la nutrición, la seguridad alimentaria y la inocuidad de los alimentos", es decir es la capacidad de las personas, las comunidades o sistemas que hacen frente a catástrofes o crisis a preservarse de los daños y recuperarse rápidamente [27].

Sistemas de Información Geográfica (SIG): Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son el resultado de la aplicación de las llamadas Tecnologías de la Información (TI) a la gestión de la Información Geográfica (IG). El término Sistema de Información Geográfica (SIG) tiene tres acepciones:

- El SIG como disciplina.
- El SIG como proyecto, cada una de las realizaciones prácticas, de las implementaciones existentes
- El SIG como software, es decir los programas y aplicaciones de un proyecto SIG.

La acepción principal es la de SIG como proyecto, Sistema de Información que gestiona Información Geográfica, es decir información georreferenciada [28].

Software HidroEsta: Es una herramienta que permite hacer cálculos hidrológicos, así mismo ejecuta el cálculo de parámetros estadísticos para datos agrupados y no agrupados, para el presente proyecto se evaluara si la serie de datos se ajustan a la serie de distribuciones Gumbel. Si la serie utilizada se ajusta a la distribución, esta calcula los caudales o precipitaciones de diseño, con un período de retorno dado o con una determinada probabilidad de ocurrencia [29].

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos [14].

Vulnerabilidad Física: Es una propiedad física de los bienes expuestos, la cual se relaciona directamente con la calidad o tipo de material utilizado y el tipo de construcción de las viviendas, establecimientos económicos (comerciales e industriales) y de servicios (salud, educación, instituciones públicas), e infraestructura socioeconómica (centrales hidroeléctricas, vías, puentes y sistemas de riesgo), para asimilar los efectos de los fenómenos que constituyen una amenaza, [30].

Vulnerabilidad Social: Son las características sociales de la población (economía, salud, empleo e ingresos, vivienda) que se encuentra expuesta a la

amenaza, esta se analiza a partir del nivel de organización y participación que tiene una comunidad, para prevenir y responder ante situaciones de emergencia. La población organizada (formal e informalmente) puede superar más fácilmente las consecuencias de un desastre, debido a que su capacidad para prevenir y dar respuesta ante una situación de emergencia es mucho más efectiva y rápida [30].

6.4. MARCO INSTITUCIONAL

Dentro de las entidades e instituciones que contribuyeron en el desarrollo del presente proyecto se encuentran la Corporación para el Desarrollo Sostenible de Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena), la Oficina Municipal de Gestión del Riesgo seccional Villavicencio y el Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana (ICAOC).

Cormacarena, es una Corporación Autónoma Regional encargada principalmente de promover la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del medio ambiente del Área de Manejo Especial La Macarena, además tiene jurisdicción en 15 municipios del departamento del Meta [31]. Esta Autoridad ambiental facilitó el POMCH del río Guayuriba del año 2010, información que contiene datos relevantes del área de estudio referentes a población, actividades socioeconómicas, climatología y características geológicas.

La Oficina Municipal de Gestión del Riesgo es la encargada de dar aplicación a la política pública de gestión del riesgo-Ley 1523 de 2012, mediante el desarrollo de acciones permanentes para el conocimiento, la reducción del riesgo y el manejo de desastres con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida y al desarrollo sostenible en el Municipio de Villavicencio [32]. Esta dependencia suministró información relacionada con el censo de la población afectada, tras el desbordamiento del río Guayuriba debido a las constantes lluvias presentadas en el mes de junio del año 2014.

Finalmente el ICAOC, centro de investigación creado por la Universidad de los Llanos, brindó información geográfica de la cuenca, la cual fue analizada a partir de SIG³ para la obtención de un mapa de amenaza a inundación de la cuenca media del río Guayuriba.

³ Sistemas de Información Geográfica.

6.5. MARCO LEGAL

MARCO LEGAL			
NORMA	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULOS APLICABLES
Leyes			
Ley 1523 de 2012 Abril 24	Congreso de Colombia	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.	Art. 2,3,4,37,39,40,41,44.
Decretos			
Decreto 1640 de 2012 Agosto 2	Presidente de la República de Colombia	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.	Art. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 32, 36,
Decreto 1807 de 2014 Septiembre 19	Presidente de la República de Colombia	Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.	Art. 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 16,17, 18, 19, 23, 25,
Artículos			
Artículo 10 de la Ley 388 de 1997 Julio 18	Congreso de Colombia	Establece que en la elaboración y adopción de sus planes de ordenamiento territorial los municipios y distritos deberán tener en cuenta determinantes, que constituyen normas de superior jerarquía, en sus propios ámbitos de competencia, de acuerdo con la Constitución y las leyes.	Art. 10, 14, 35,

7. METODOLOGÍA

7.1. Morfometría de la cuenca del Río Guayuriba

Es la caracterización cuantitativa de los rasgos físicos de una cuenca hidrográfica que se utiliza para analizar la red de drenaje, las pendientes y la forma de una cuenca a partir de cálculos de valores numéricos [33].

Para efectos de esta metodología se halló los parámetros relativos a la forma de la cuenca media del río Guayuriba: factor forma, índice de compacidad, índice asimétrico y parámetros referentes al relieve como elevación y pendiente media. En la siguiente tabla se muestra los respectivos procedimientos para su cálculo:

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la cuenca.

PARÁMETRO	ECUACIÓN	VARIABLES	ANÁLISIS	
Factor forma (F _F)	$F_F = \frac{A}{(L)^2}$	A= Área total de la cuenca (Km ²) L= Longitud máxima de la cuenca (Km ²)	F_F>1: cuenca achatada, tendencia a formación de crecientes. F_F<:1 cuenca alargada, baja susceptibilidad a las avenidas.	
Índice de compacidad (K _c)	$K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$	P= perímetro (Km) A= Área total de la cuenca (Km ²)	K_c =1.0 – 1.25 Redonda a oval redonda K_c= 1.25 – 1.50 Oval redonda a oval oblonga K_c = 1.50 – 1.75 Oval oblonga a rectangular Valores cercanos a 1 cuenca propensa a inundaciones	
Índice asimétrico (I _a)	$I_a = \frac{V_{mayor}}{V_{menor}}$	V _{mayor} = vertiente mayor (Km ²) V _{menor} = vertiente menor (Km ²)	I_a > 1 indican la recarga de la red de drenaje hacia uno de los lados de la vertiente incrementando la susceptibilidad de erodabilidad.	
Pendiente media (S _m)	$S_m = \frac{D * \sum L_c}{A}$	D = Diferencia de altura entre curvas de nivel (Km) L _c = Longitud de todas las curvas de nivel (Km) A= Área total de la cuenca (Km ²)	Pendiente %	Relieve
			0-3	Plano
			3-7	Suave
			7-12	Medianamente accidentado
			12-20	Accidentado
			20-35	Fuertemente accidentado
			35-50	Muy fuertemente accidentado
			50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado			
Elevación media (E _m)	$E_m = \frac{\sum(e_i * A_i)}{A}$	e _i = promedio de elevación de curvas de nivel consecutivas (msnm) A _i = área entre curvas de nivel consecutivas (Km ²) A _t = área total de la	Rangos de elevación msnm	Clases de elevación
			0 -2072.2	Baja
			2072.4-2362.2	Moderada
			2362.4-2652.2	Alta

		cuenca (Km ²)		
Tiempo de concentración	$T_c = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$	L = Longitud del curso del agua más largo (m) H= Diferencia entre el punto más alto de la cuenca y la salida de la cuenca.		

Fuente. Allen Batheman. Hidrología básica y aplicada [34].

7.2. Climatología

Respecto a las condiciones físicas de la cuenca del río Guayuriba, es importante mencionar que se tomaron los registros de temperatura, evaporación y precipitación; de la estación La libertad ubicada en el departamento del Meta – Villavicencio, se eligió esta debido a que cuenta con los datos suficientes para realizar el presente análisis, adicional a esto se localiza en el área de estudio por lo que las condiciones climáticas de la zona tienden a ser iguales en todo el departamento. Cabe resaltar que para la realización de las gráficas, los datos fueron proporcionados por el IDEAM y adicionalmente se tuvo en cuenta los periodos comprendidos entre 1985 – 2014 se sacaron los promedios mensuales multianuales:

Tabla 2. Estaciones meteorológicas e hidrológicas cuenca río Guayuriba.

CODIGO	NOMBRE_ESTACION	MUNICIPIO	CATEGORÍA	CLASE
35010020	ACACIAS	ACACIAS	ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA (PM)	METEOROLÓGICA (MET)
35010050	BORREGO V RICA HDA	SAN CARLOS DE GUAROA		
35020030	MANZANARES	ACACIAS		
35020100	GUAYABETAL	GUAYABETAL		
35020020	SUSUMUCO	GUAYABETAL		
35030290	SERVITA	VILLAVICENCIO	ESTACIÓN PLUVIOGRÁFICA (PG)	
35025020	LA LIBERTAD	VILLAVICENCIO	CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL (CP)	
35027140	PTE CARRETERA - GUAYURIBA	VILLAVICENCIO	LIMNIGRÁFICA (LG)	HIDROLÓGICA (HID)
35027210	CASETEJA-DELICIAS	CUNDINAMARCA		
35027160	PTE CARRETERA	VILLAVICENCIO	ESTACIÓN LIMNIMETRICA (LM)	

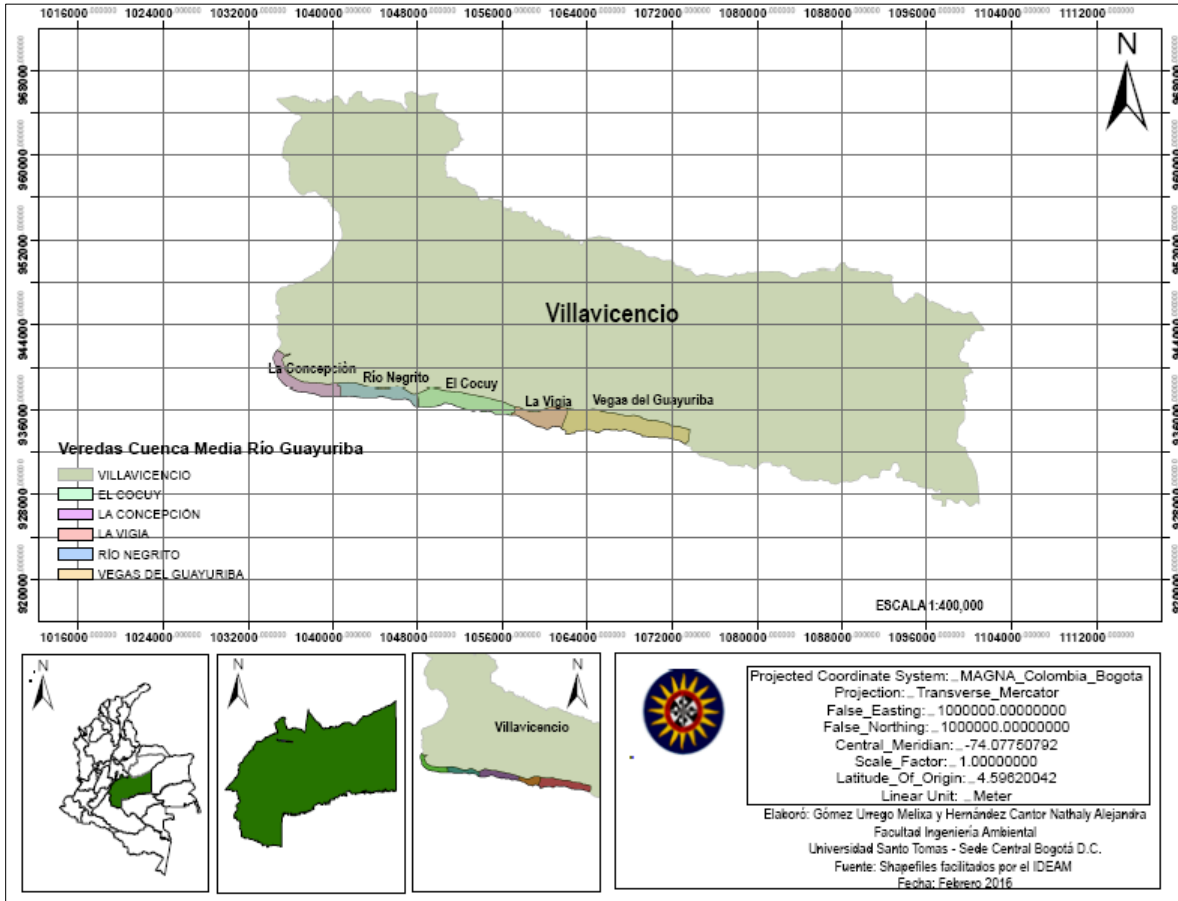
Fuente. Datos tomados del IDEAM

7.3. Caracterización socio-ambiental

La presente caracterización socio-ambiental tiene como finalidad brindar información relevante de la margen izquierda de la cuenca media del río Guayuriba, el cual se localiza en el departamento del Meta, en la que se hizo

énfasis en las veredas de La Concepción, Río Negro, El Cocuy, La Vigia y Vegas del Guayuriba. Para efectos de la misma se tuvo en cuenta tres aspectos: condiciones físicas, población y actividades económicas.


Mapa 4. Veredas del área de estudio cuenca media Río Guayuriba.



Fuente. Elaborado por autoras

La metodología utilizada para la obtención de información de los aspectos nombrados anteriormente, consistió en realizar visitas de campo, a lo largo de estas se recolectó información mediante la aplicación de una encuesta (Tabla N° 3) en las veredas nombradas anteriormente, estas, se encuentran ubicadas en la margen izquierda de la cuenca media del río Guayuriba en jurisdicción del municipio de Villavicencio. Cabe resaltar que dicho formato fue aplicado a la población en general para identificar los predios afectados tras la última inundación reportada en junio de 2014 según la Oficina Municipal de Gestión del Riesgo de la capital del departamento del Meta.

Tabla 3. Modelo de encuesta a aplicar en la población que se encuentra vulnerable a la amenaza de inundación en la cuenca media del río Guayuriba municipio de Villavicencio.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
ENCUESTA PARA EL ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL DE LA POBLACIÓN CUENCA MEDIA DEL RÍO GUAYURIBA			
Este es un cuestionario de conocimiento de la población susceptible de amenaza a inundación en la cuenca media del río Guayuriba, esto se hace con el fin de evaluar la vulnerabilidad social y física que tienen los habitantes frente a este tipo de amenaza.			
Nombre del entrevistado			
Municipio			
Vereda			
INFORMACIÓN DE LA VIVIENDA			
Nombre del predio			
Tiempo de residencia			
Matricula inmobiliaria del predio			
Cedula catastral del predio			
Extensión del área del predio en hectareas			
De las hectareas con las que cuenta el predio ¿Cuánto terreno ha sido afectado por la inundación?			
Tipo de cultivo o actividad economica			
Con cuantas vías de acceso cuenta en caso de inundación		Primaria	Secundaria
Material de construcción de la vivienda		Terciaria	
Numero de años de construccion de la vivienda			

NUCLEO FAMILIAR			
Numero de personas con las que habita			
¿Cuántos niños?			
¿Cuántos ancianos?			
¿Cuántos adultos?			
¿Cuántas mujeres?			
¿Cuántos hombres?			
INFORMACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO			
Ha recibido información acerca de las inundaciones	SI		NO
Indica en que grado cree que los impactos de las inundaciones son producto de la sociedad siendo el 1 más bajo y el 10 más alto			
¿Cree que vive en un area amenazada por inundación?			
Ha sucedido alguna inundación en el área que habita			
Numero de veces que su predio se ha inundado			
Numero de veces que ha presenciado una inundación			
Indique el daño causado por alguna inundación, siendo 1 el más bajo y 10 el más alto			
SALUD			
Tiempo que tarda en llegar al centro de salud más cercano en (minutos)			
¿Se encuentra afiliado al sistema de seguridad social?			
ECONOMÍA			
¿Tiene empleo en este momento?	SI		NO
Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta.			

Fuente. Elaborado por autoras.

La respectiva encuesta se aplicó a una persona por vivienda sin distinguir si era el dueño del predio o el encargado del mismo, la cual dio información referente al vínculo familiar, el predio, el tipo de actividad económica, las afectaciones dadas por las inundaciones del río Guayuriba, la percepción de la amenaza y aspectos relacionados con la salud. Cabe mencionar que se aplicó un censo, en el que se indagó sobre los aspectos socioeconómicos de la población de estudio. A lo largo de estas visitas no solo se recopiló la información nombrada anteriormente, también los pobladores proporcionaron los datos personales de los presidentes de junta de acción comunal de las veredas, ya que ellos indicaron que los presidentes tenían el conocimiento más a detalle respecto a las personas que había sido afectadas por las inundaciones.

Posteriormente se tuvo reuniones con los presidentes de junta de acción comunal de las veredas del área de interés, en donde se indagó información acerca de las viviendas, predios y personas que se vieron afectadas en la inundación del año 2014, las causas en las que se presentó el evento, las consecuencias económicas y sociales y las afectaciones que dejó el evento, además de esto se averiguo acerca de la participación de las entidades encargadas de la gestión del riesgo frente a la ocurrencia de los eventos de inundación.

Luego de haber establecido reuniones con cada uno de los presidentes y de haber obtenido información respecto a las inundaciones, se procedió a efectuar las visitas a los predios que se habían visto afectados en la inundación 2014 para ello se estableció el siguiente cronograma:

Tabla 4. Cronograma de visitas técnicas de campo en las veredas del área de estudio.

DÍA	FECHA	VEREDA VISITADA
Martes	31/03/2015	La Concepción



<p>Miércoles</p>	<p>01/04/2015</p>	<p>Río Negrito</p>	
<p>Jueves</p>	<p>02/04/2015</p>	<p>Río Negrito</p>	   
<p>Viernes</p>	<p>03/04/2015</p>	<p>El Cocuy</p>	
<p>Sábado</p>	<p>04/04/2015</p>	<p>La Vigia</p>	

Lunes	06/04/2015	Vegas del Guayuriba	
-------	------------	---------------------	--

Fuente. Elaborado por autoras 2016

7.4. Mancha de inundación año 2014

Para determinar la mancha de inundación del último evento presentado, se tuvo en cuenta cartografía base del Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquía Colombiana, el modelo digital de terreno (DEM), datos de precipitación total anual y los puntos georreferenciados en campo de los lugares hasta donde llegó el agua, con los cuales fue posible establecer el área de influencia, aproximadamente de 200 metros a la ronda del río. Por tanto, se creó un buffer de 200 metros alrededor del cauce para visualizar el área afectada y posteriormente se hizo una intersección con el mapa de pendientes y de elevación para analizar la influencia de la topografía del terreno.

Para representar dichos valores de altitud, se cambió las propiedades del ASTER GEM por Unibanda, y se creó un mapa de sombras para dar un mejor aspecto al relieve. Esta imagen satelital también se usó para el cálculo de las pendientes, las cuales se obtuvieron mediante la herramienta slope de ArcGIS y de las cuales se realizó una reclasificación con el fin de categorizar topográficamente la cuenca.

Posteriormente se realizó la conversión de formato raster a formato vector para aplicar la lógica difusa. Luego entonces, se hizo una intersección entre dichos productos y el buffer y se creó una columna en la tabla de atributos con el nombre de ponderación, en la que se asignó un determinado valor; estos valores se asignaron de acuerdo a las categorías de pendiente, siendo los más altos para las pendientes planas y los más bajos para relieves escarpados. Es importante mencionar que estos puntajes se establecieron según lo visto en campo, por tanto son valores subjetivos según el criterio del observador.

Tabla 5. Clasificación de pendientes

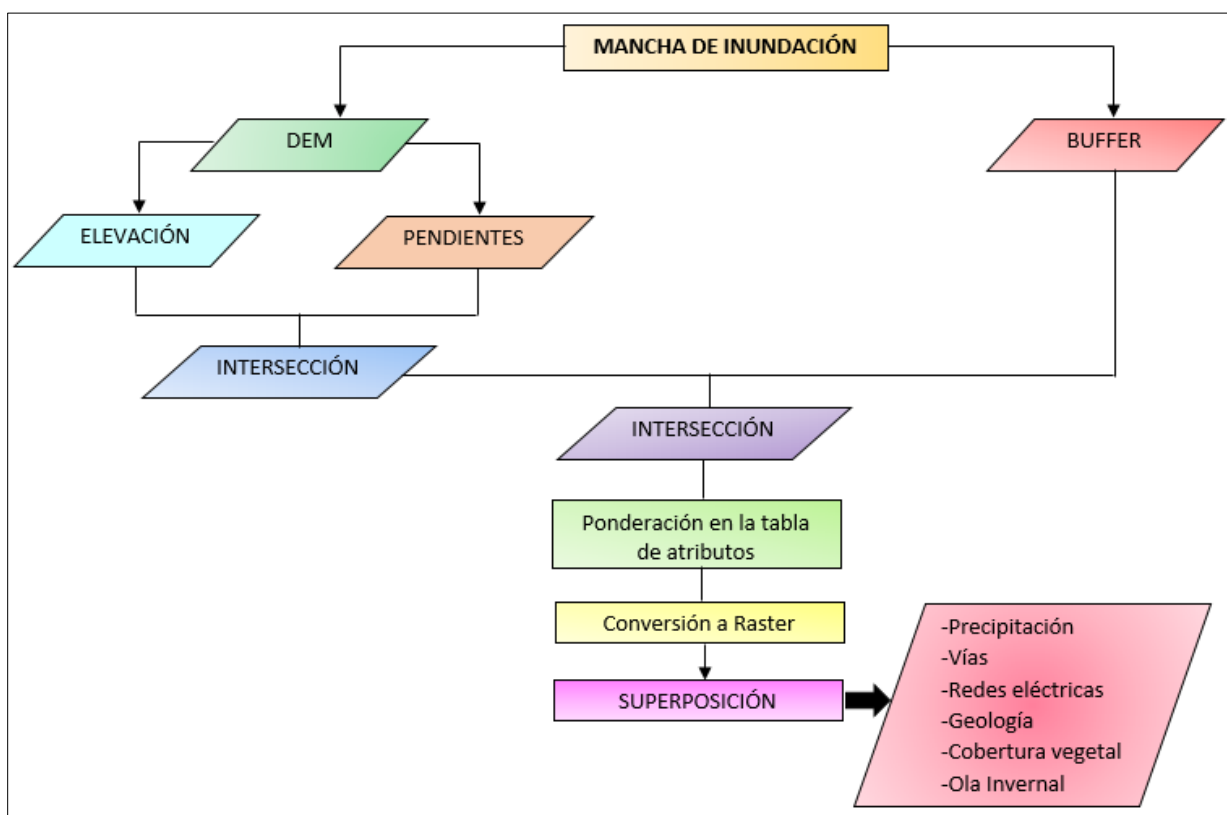
PENDIENTE %	RELIEVE	VALOR ASIGNADO (PUNTAJE)
0-3	PLANO	1
3-7	SUAVE	0.8
7-12	MEDIANAMENTE ACCIDENTADO	0.5
12-20	ACCIDENTADO	0.4
20-35	FUERTEMENTE ACCIDENTADO	0.3
35-50	MUY FUERTEMENTE ACCIDENTADO	0.2
50-75	ESCARPADO	0.1
>75	MUY ESCARPADO	0.1

Fuente. Categorización tomada del documento "Guía para la descripción de suelos" de la FAO⁴ [35].

Finalmente, se realizó la conversión a raster, cuyo resultado mostró una capa de dicho formato con un gran número de píxeles. Además, se hizo la sobreposición de éste sobre la capa de precipitación, cobertura vegetal, unidades geológicas, área inundada en la ola invernal, vías y redes eléctricas.

⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Imagen 1. Esquema conceptual para la obtención de la mancha de inundación año 2014.



Fuente. Elaborado por autoras.

7.4.1. Análisis de la zona de estudio mediante imágenes satelitales

Históricamente se observaron los cambios que ha presentado la cuenca media del río Guayuriba por medio de imágenes satelitales de los años de 1969 y 2014, la metodología que se utilizó para el desarrollo de este ítem fue la comparación de imágenes satelitales tomadas del programa Google Earth Pro, en las que se eligieron los predios Las Malvinas, El Consuelo y La Porfía pertenecientes a la vereda de Río Negro, se tomaron como ejemplo de comparación estos predios porque son algunos de los casos más críticos que presentan afectación frente a las inundaciones.

7.5. Vulnerabilidad social

Para valorar la vulnerabilidad social se adoptó una metodología establecida por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, que consiste en evaluar los principales aspectos socioeconómicos por medio de indicadores, cuyo resultado será cualificado y cuantificado de acuerdo al rango en el que este

se encuentre y posteriormente promediado para obtener la primera parte del cálculo de la vulnerabilidad social y la segunda parte consiste en evaluar el grado de organización social y respuesta frente a una emergencia de la zona de estudio, una vez hallados los dos valores de la primer y segunda parte, se calcula el grado de vulnerabilidad social final para la población del área de estudio.

7.5.1. Primer parte: Determinación de valores de acuerdo a la condición de vulnerabilidad

Para evaluar cada indicador se tuvo en cuenta la población afectada por las inundaciones en el año 2014, con el fin de determinar el grado de vulnerabilidad social de esta en cada una de las veredas. Cabe resaltar que la población de estudio es la que se encuentra viviendo en el predio.

La información recolectada en campo se obtuvo mediante reuniones puntuales con los presidentes de junta de acción comunal, quienes facilitaron datos previos de los habitantes afectados por eventos de inundación; posteriormente, se visitó dicha población con la cual se interactuó, indagando principalmente sobre la problemática presentada, y de sus aspectos socioeconómicos (salud, educación, empleo, vivienda). Es importante mencionar que para lograr ese vínculo con la comunidad se manejó una terminología sencilla y fácil para su comprensión, de esta manera se explicó inicialmente el por qué y el para qué del desarrollo de este estudio con el fin de afianzar el intercambio de información, adicionalmente se realizó algunas grabaciones de lo dialogado con las personas en campo, cuyo material se encuentra en formato físico.

A continuación se muestra los indicadores evaluados:

Tabla 6. Indicadores para el cálculo de vulnerabilidad social.

Variable/Indicador	EDUCACIÓN
	1. Tasa de analfabetismo.
	2. Porcentaje de población que no tiene ningún nivel de escolaridad
Variable/Indicador	VIVIENDA
	1. Porcentaje de viviendas con paredes de ripio
	2. Porcentaje de hogares con energía eléctrica.
Variable/Indicador	EMPLEO E INGRESOS
	1. Porcentaje de área afectada con actividad agrícola.
	2. Porcentaje de la PEA que se encuentra ocupada.
Variable/Indicador	SALUD
	1. Accesibilidad a establecimiento de salud, en minutos.
	2. Porcentaje de población afectada vulnerable según su condición física.

Fuente. Indicadores tomados de la Metodología para el análisis de la vulnerabilidad [11].

Posteriormente a esto se realizó la determinación de los valores de acuerdo a la condición de vulnerabilidad, en esta etapa se desarrolló el cálculo de los indicadores de cada variable y la asignación de un valor para su posterior ponderación dependiendo en el rango en el que este se encuentre. Es importante

mencionar, que dichos rangos establecidos para evaluar cada indicador se hicieron con base en la información analizada de la caracterización socio-ambiental de la zona de estudio, pues se tuvo en cuenta el valor mayor y el menor de los datos analizados en la etapa 7.3.

7.5.2. Segunda parte: Calculo del grado de vulnerabilidad social de la organización y respuesta frente a una emergencia

Para el desarrollo de esta parte se aplicó una serie de preguntas a los presidentes de junta de acción comunal de cada vereda, sobre la organización estructural y social de respuesta ante una emergencia. Luego entonces, para cuantificar la respuesta de los líderes se asignó valores de 0 y 1, donde SI es 0 y NO es 1. A continuación se enumera las preguntas hechas en campo y las respectivas respuestas de los presidentes, Isabel de Machado (Rio Negrito), Jefer Palacios (Cocuy), Ana Delia Ramírez (Vigia) y Yury Agudelo García (Vegas del Guayuriba) cuantificadas:

Tabla 7. Preguntas realizadas a los presidentes de la junta de acción comunal

Preguntas:	RIO NEGRITO	COCUY	VIGIA	VEGAS DEL GUAYURIBA
1. ¿La Oficina de Gestión del Riesgo Municipal ha informado sobre alertas tempranas y se ha preocupado por atender a la población afectada?				
2. ¿Poseen un Plan de contingencia en caso de presentar un evento súbito de inundación en la vereda?				
3. ¿Cuentan con comisiones comunales para la gestión de riesgo (prevención, mitigación, preparación y atención a emergencias?				
4. ¿Mantienen enlaces de coordinación a nivel veredal?				
5. ¿Cuentan con algún mecanismo de alerta temprana?				
6. ¿Tiene establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de una inundación?				
7. ¿Cuenta con mapas o croquis de su localidad que tengan identificados puntos críticos o zonas de peligro?				
8. ¿Se llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia de inundación?				
9. ¿Tiene ubicados los sitios que pueden funcionar como refugios temporales en caso de un desastre?				
10. ¿Tienen asignados fondos municipales que permitan cubrir los gastos inmediatos de operación en una situación de emergencia?				
TOTAL				

Fuente. Preguntadas adaptadas del documento "Metodología para el análisis de la vulnerabilidad" [11].

7.6. Transposición de caudales

La transposición de caudales consiste en trasladar la información a una cuenca de interés, donde no se tiene registro de caudales, desde una cuenca cercana cuyo comportamiento hidrológico y estadístico es similar y existen registros hidrometeorológicos [36]. Esta metodología aplicada consistió en afectar los valores históricos de caudales máximos anuales (1969-1993) de la estación Rincón de Pajure, ubicada aguas abajo de la cuenca del río Humadea, aproximadamente a 9 km de su desembocadura en el río Metica, mediante un

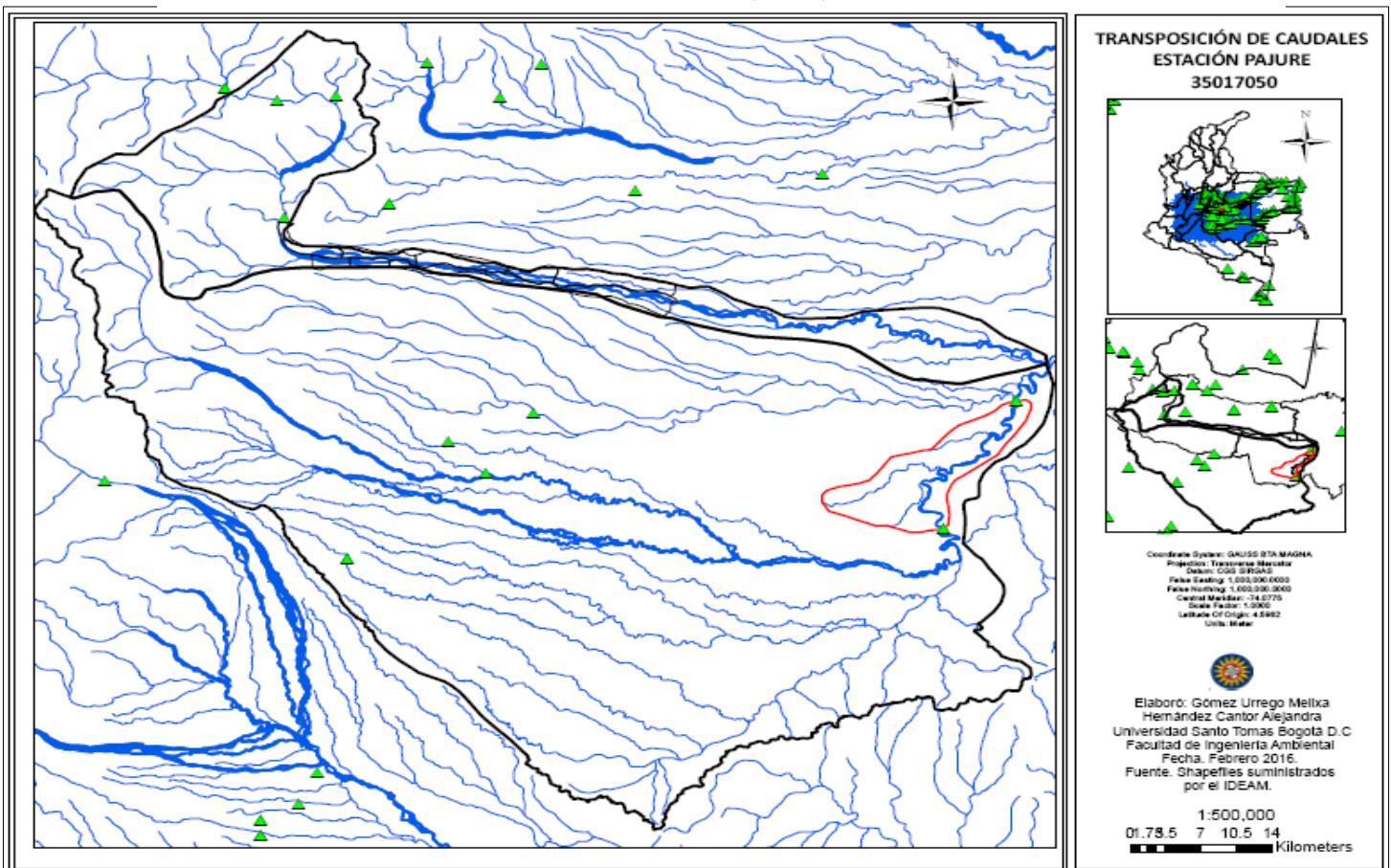
factor de transposición calculado a partir de la relación del área de la cuenca media del río Guayuriba y el área aferente de la estación Rincón de Pajure (35017050). A continuación se muestra los datos utilizados:

Tabla 8. Factor de transposición.

Área cuenca	292	Km ²
Área estación	124	Km ²
Factor transposición	2.35	

Fuente. Elaborado por autoras. 2016.

Mapa 5. Transposición cuenca Guayuriba y cuenca río Humadea



Fuente. Elaborado por autoras 2016

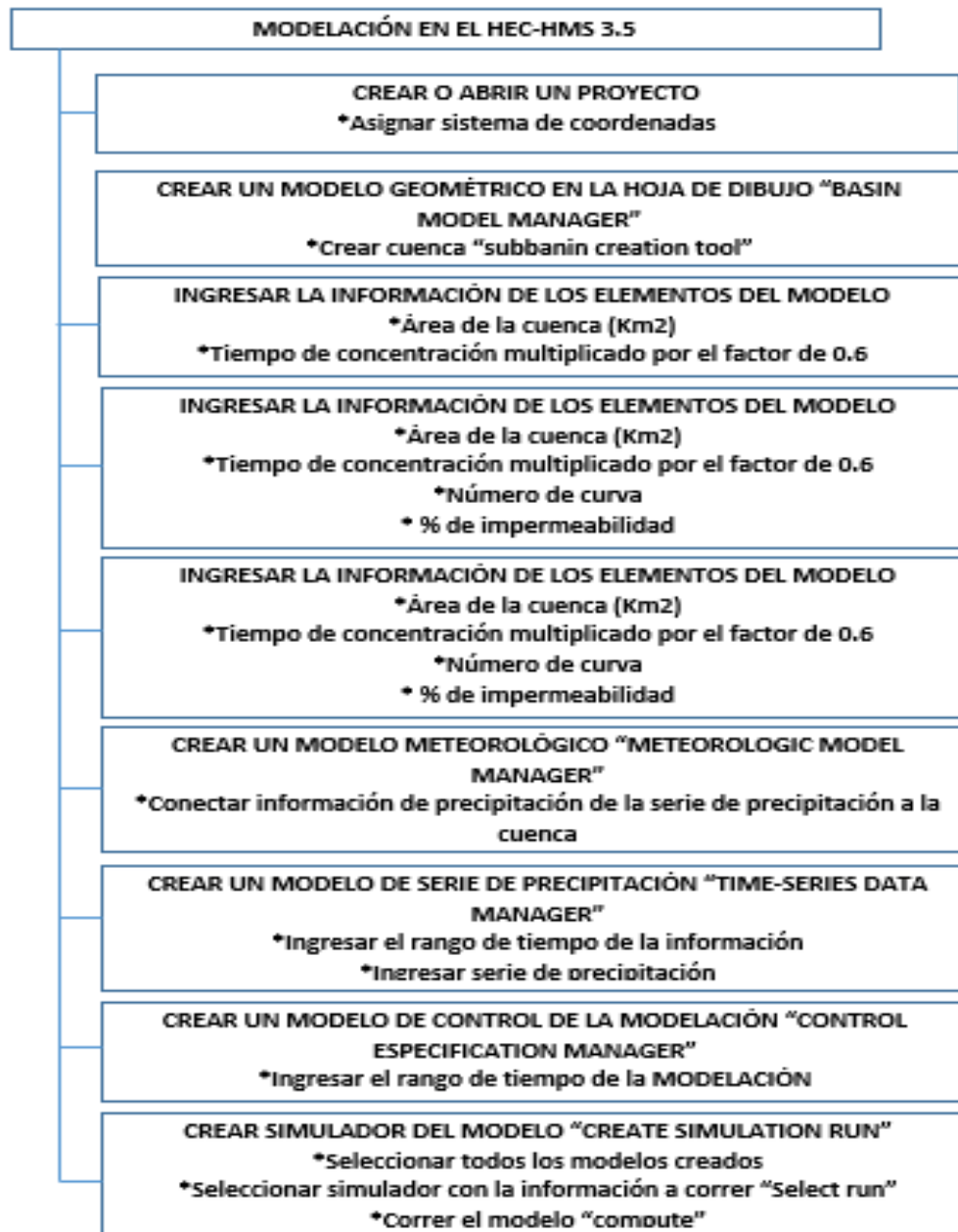
7.7. Modelo hidrológico

En este proyecto se realizó un modelo hidrológico para estimar caudales máximos para diferentes periodos de retorno, mediante el uso del software HEC-HMS, el cual permite calcular el hidrograma producido por una cuenca mediante el ingreso de datos como el área de la cuenca, el tiempo de concentración y las

precipitaciones. El resultado de éste modelamiento es importante para realizar el modelamiento hidráulico que permitirá determinar las posibles inundaciones para escenarios de 50 y 100 años.

Por tanto, La metodología para el cálculo de los caudales máximos para los periodos de retorno de 50 y 100 años en HEC-HMS fue el siguiente:

Imagen 2. Pasos para la modelación en HEC-HMS.



Fuente. Metodología modificada por las autoras 2016 [37].

Es importante mencionar que se empleó el método de pérdidas SCS curve number para el cálculo de la precipitación neta y el método del SCS para transformar la precipitación neta en caudal.

Tabla 9. Parámetros de entrada al modelo hidrológico.

Parámetro de entrada	Valor
Área	760.4 Km ²
Tiempo de concentración	586.6 min
Número de curva	74

Fuente. Elaborado por autoras 2016.

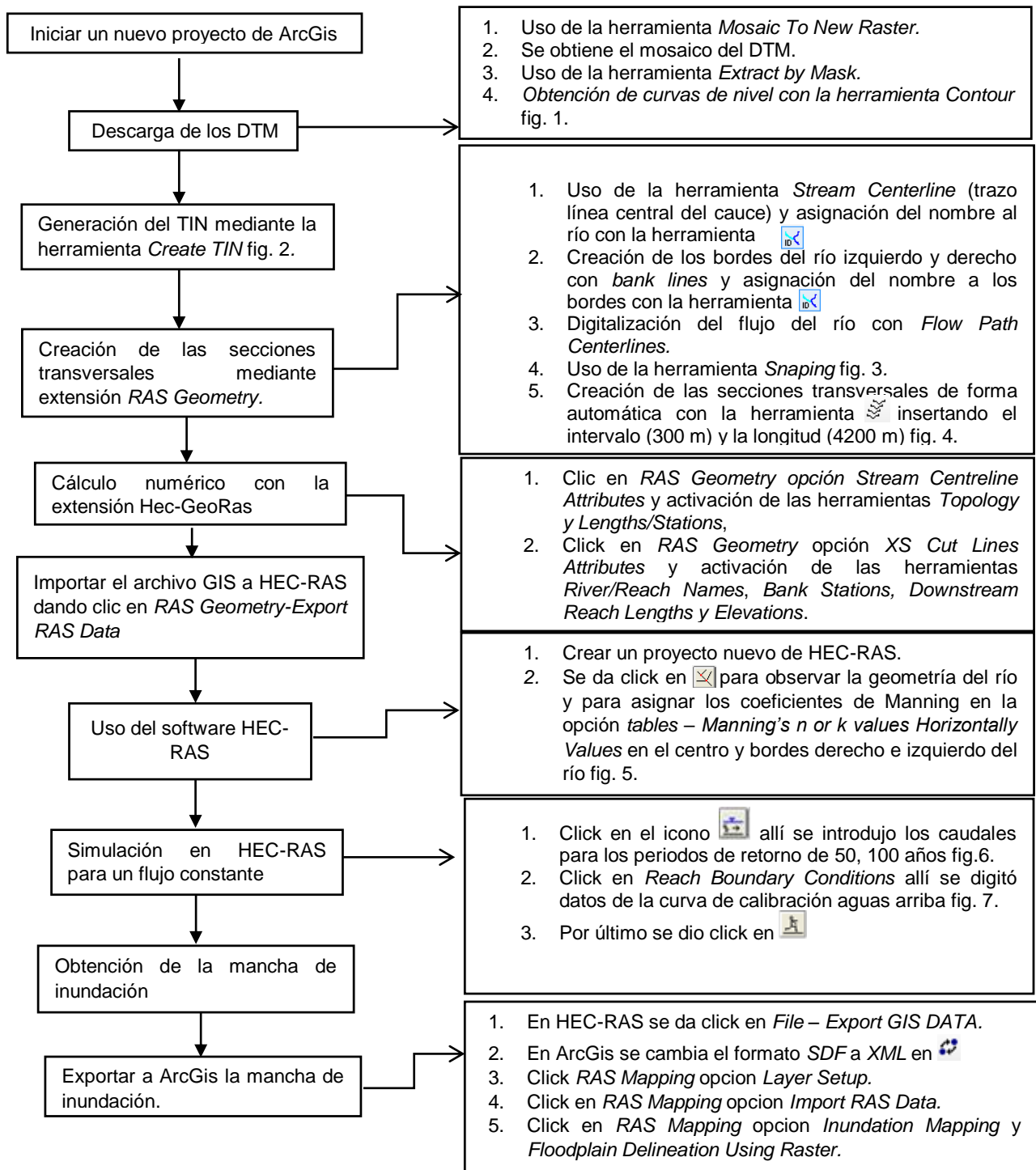
Respecto a la variable de precipitación se trabajó con los máximos en 24 horas de la estación meteorológica Acacias (21190310), ubicada en la desembocadura del río Sardinata en el río Guayuriba para la obtención de hietogramas de los periodos de retorno de 50 y 100 años a partir de las curvas IDF, información fundamental para el modelo hidrológico; otro de los parámetros de ingreso al HMS fue el número de curva, valor que se eligió respecto a las observaciones hechas en campo; para ello se tuvo en cuenta los valores de la clasificación de otras tierras agrícolas, siendo este 74, que corresponde a tipo de cobertura, predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes y condición hidrológica regular (B).

Finalmente, el modelo fue calibrado teniendo en cuenta los caudales reales obtenidos mediante el método de la transposición de cuencas hidrográficas, puesto que los caudales simulados deben ser cercanos a los caudales reales; para lograr esto se varió el número de curva en el HMS hasta lograr valores cercanos a los reales, para un T= 50 años el número de curva empleado fue de 75 y para un T= 100 años de 69.

7.8. Modelo Hidráulico

Una vez hecho el modelo hidrológico, se hizo la modelación hidráulica de un tramo del río Guayuriba para los periodos de retorno de 50 y 100 años, mediante el uso del software HEC-RAS 4.1.0, el cual permite delinear planicies de inundación a partir de la geometría del cauce y condiciones hidrodinámicas como el coeficiente de Manning, altura normal o crítica o curva de calibración. Para efectos de esta metodología, se modelo un tramo de 44.1 Km localizado en la cuenca media del río Guayuriba, entre las veredas La Concepción y Vegas del Guayuriba teniendo en cuenta como condiciones de frontera un coeficiente de Manning igual a 0.04 y la curva de calibración correspondiente a los años 1998 a 2002 de la estación Puente El Amor.

A continuación se muestra los pasos para la modelación hidráulica:



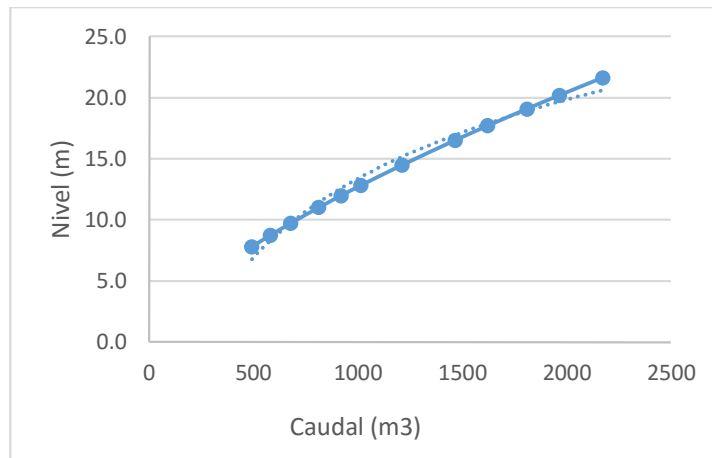
Respecto a la simulación hidráulica del tramo de estudio se eligió el análisis de flujo permanente puesto que no se tiene una estación limnimétrica sobre el río Guayuriba que registre niveles de agua o series de tiempo confiables de caudales, además es el indicado para el cálculo de niveles de agua para flujo gradualmente variado. Teniendo en cuenta lo anterior se simuló a partir de un flujo subcrítico a

partir de la curva de calibración de la estación Puente El Amor (3503713), ubicada aguas abajo del río Guatiquía (3503713), esto se hizo debido a que no se tiene una estación aguas abajo del río Guayuriba.

Sin embargo para realizar este procedimiento se tuvo en cuenta similitudes entre ambas cuencas hidrográficas, como los parámetros morfométricos y los registros de caudales, siendo muy cercanas y parecidas. Finalmente para calibrar el modelo se varió el número de Manning hasta aproximar los valores simulados del nivel del agua con los datos reales obtenidos con la curva de calibración de la estación Puente Carretera ubicada aguas arriba del río Guayuriba.

Tabla 10. Curva de calibración estación Puente El Amor 3503713. Datos de entrada

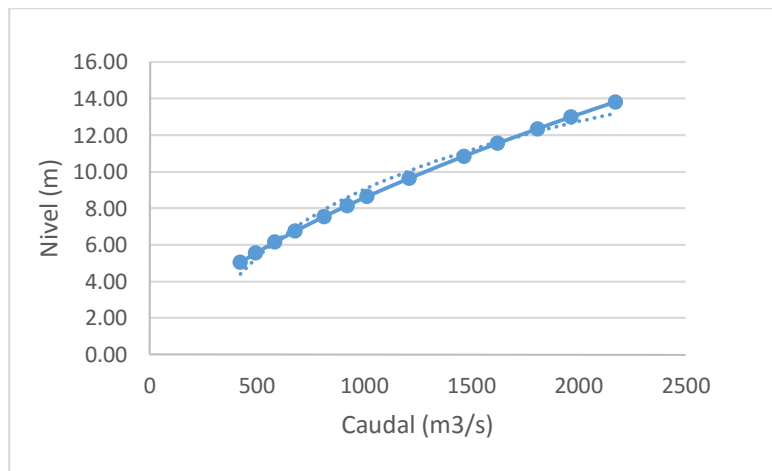
Caudal (m ³ /s)	H(m)
493	5.55
582	6.15
677	6.75
813	7.55
920	8.15
1014	8.65
1211	9.65
1466	10.85
1623	11.55
1809	12.35
1965.7	13.00
2172.8	13.82



Fuente. Aforos líquidos suministrados por el IDEAM [38].

Tabla 11. Curva de calibración estación Puente Carretera 35027140

Caudal (m ³ /s)	H(m)
493	7.8
582	8.7
677	9.7
813	11.0
920	12.0
1014	12.8
1211	14.5
1466	16.5
1623	17.7
1809	19.1
1965.7	20.2
2172.8	21.6



Fuente. Aforos líquidos suministrados por el IDEAM [38].

7.9. Zonificación de la amenaza

Para realizar la zonificación de la amenaza se adaptó una metodología diseñada por el ingeniero civil Carlos Alberto Ramírez Callejas, docente de la universidad del Valle, la cual fue aplicada para establecer el nivel de amenaza por inundación en la zona urbana y rural del municipio de Jamundí, Valle del Cauca [39].

Ésta consiste en la clasificación de los valores de profundidad máxima y mínima de la inundación en tres rangos: alto, medio y bajo. Esta categorización de la magnitud de la amenaza, se hizo teniendo en cuenta el posible grado de afectación de personas, viviendas e infraestructura.

En la tabla N° 12 se presenta la clasificación de la magnitud de la amenaza en función de la profundidad de inundación adaptada en el presente proyecto:

Tabla 12. Intensidad de la amenaza

Profundidad máxima H (m)	Intensidad de las inundaciones
$H \geq 1.50$	Alta
$0.22 < H < 1.50$	Media
$0 \leq H \leq 0.22$	Baja

Fuente. Matriz adaptada del documento "Zonificación de las amenazas por las inundaciones en las zonas urbana y de expansión del municipio de Jamundí" [39].

7.10. Exposición de las viviendas a la amenaza

Para determinar los rangos de exposición a la amenaza se tuvo en cuenta que el Decreto 353 de 2000 por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial de Villavicencio, establece que la distancia mínima para construcción de viviendas, centros educativos, centros de salud, salones comunales y centros poblados debe ser mayor a 100 metros del río Guayuriba. Por tanto, en la siguiente tabla se realizó la clasificación de los correspondientes rangos de exposición:

Tabla 13. Grado de exposición a la amenaza

INDICADORES	RANGO	GRADO DE EXPOSICIÓN
Muy cercana 0-100 m	0.50-1.0	Muy alta
Cercano 101-200 m	0.10-0.50	Alta
Medianamente cercano 201-300 m	0.02-0.10	Media
Alejado 301-400 m	0.00-0.02	Baja
Muy alejada >400 m	0.50-1.0	Muy baja

Fuente. Elaborado por autores con base a lo estipulado en el POT⁵ de Villavicencio.

Posteriormente, se hizo uso de la herramienta buffer del SIG ArcGIS, la cual sirve para crear áreas de influencia alrededor de entidades de entrada a una distancia especificada [40]. Luego entonces, con dicha herramienta se logró identificar las viviendas que se encuentran dentro de cada uno de los rangos especificados con anterioridad.

⁵ Plan de Ordenamiento Territorial.

7.11. Vulnerabilidad física

La vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad de un elemento a sufrir daños frente a una amenaza, que para este caso es la amenaza a inundación.

La forma de cuantificar dicha vulnerabilidad en la interfaz ERN-Vulnerabilidad es a partir de funciones de vulnerabilidad, las cuales se asignan a cada una de las edificaciones expuestas de acuerdo a su tipo constructivo. Estas funciones relacionan a través de una curva, el nivel de intensidad de la amenaza con el porcentaje de daño asociado al elemento con un sistema estructural determinado [41]. Para obtener una determinada gráfica de vulnerabilidad se deben asignar y ajustar valores a los parámetros del software, los cuales son establecidos con base en las observaciones hechas en campo por el investigador [41]. A continuación se muestra los parámetros y la descripción de las características:

Tabla 14. Parámetros de vulnerabilidad.

Parámetro	Descripción
N	Número de pisos
Ah	Altura de entrepiso
alpha	Desviación daño
Dm	Daño para intensidad señalada
Im	Intensidad señalada
Dmax	Daño máximo
Do	Daño para la máxima desviación
Vmax	Desviación máxima

Fuente. Información tomada de la plataforma CAPRA GIS [42].

Para evaluar la probabilidad del daño causado por una determinada profundidad de inundación se tuvo en cuenta la caracterización de las viviendas del área de estudio y las observaciones hechas en campo para establecer los valores de cada parámetro.

Además, para determinar el grado de vulnerabilidad física de las viviendas, se tuvo en cuenta una matriz de vulnerabilidad construida por La Comisión Económica para América Latina y el Caribe y otra de la universidad Nacional de Colombia, las cuales fueron adaptadas para este estudio: [11], [43], [44].

Tabla 15. Rangos para la determinación del grado de vulnerabilidad física.

Clasificación de la vulnerabilidad	Valor de la vulnerabilidad	Nivel del daño	Descripción del daño
ALTA	0.50-1.0	Total - colapso	Colapso parcial o total de la estructura. Destrucción total de acabados y accesorios.
MEDIA	0.10-0.50	Grave	Daño grave de acabados (pisos y paredes) y bienes materiales debido a la entrada de material sedimentario de tamaño pequeño y mediano.
BAJA	0.02-0.10	Moderado	Desprendimiento de pequeños pedazos de pañetes y daños leves en elementos no estructurales.
	0.00-0.02	Leve	Deterioro de la estética de paredes, puertas y pisos de las edificaciones

Fuente. Adaptada de los documentos "Manual De Estimación Del Riesgo Ante Inundaciones Fluviales y Metodología de evaluación del riesgo público por inundación por falla del sistema de alcantarillado pluvial caso de la cuenca del río Salitre en Bogotá" [11] [45].

8. RESULTADOS

8.1. Morfometría

Para estimar los valores de los parámetros morfométricos de la cuenca del río Guayuriba a partir de las ecuaciones anteriormente citadas se tuvo en cuenta el área total, el perímetro, la longitud axial de la cuenca y la longitud del cauce principal, que fueron obtenidos mediante el uso de ArcGis. Finalmente se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 16. Parámetros empleados para la morfometría de la cuenca.

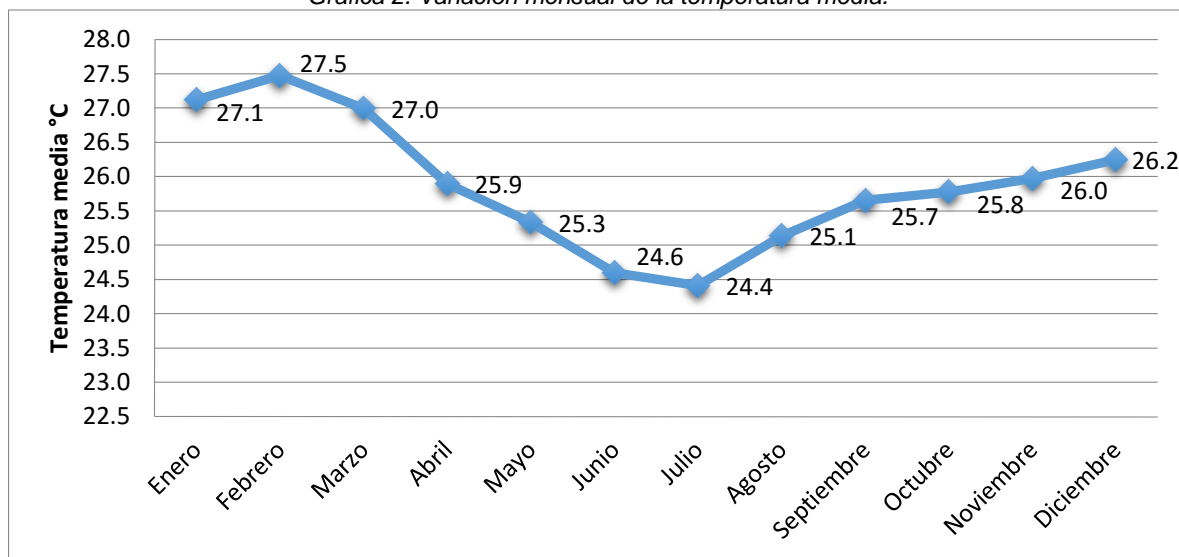
Parámetro	Valor
Área	760.4 Km ²
Perímetro	269.9 Km
Longitud axial o máxima de la cuenca	111.07 Km
Longitud del cauce principal	479.1 Km
Factor forma (F_F)	0.06
Índice de compacidad (K_c)	2.74
Índice asimétrico (I_a)	2.0
Pendiente media (S_m)	32.14
Elevación media (E_m)	1531

Fuente. Valores obtenidos por autoras.

8.2. Climatología

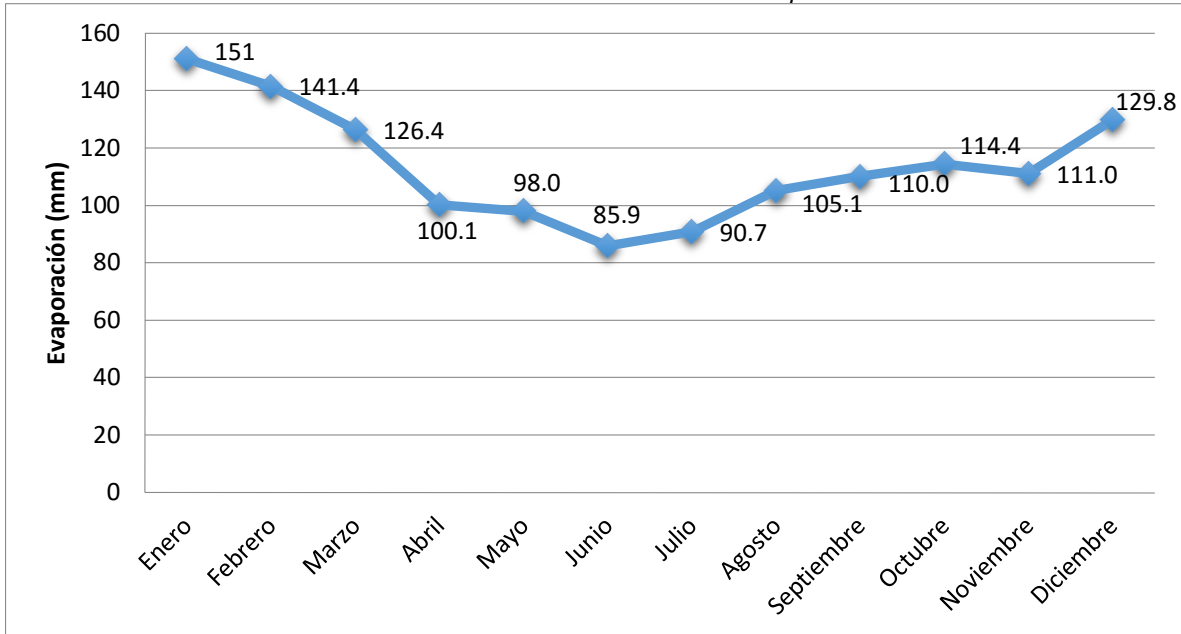
Al realizar la climatología de la cuenca del río Guayuriba con los datos de la estación La Libertad, se obtuvo como resultado las gráficas de las variables de temperatura media, variación media mensual de la evaporación y de la precipitación, las cuales se muestran a continuación:

Gráfica 2. Variación mensual de la temperatura media.



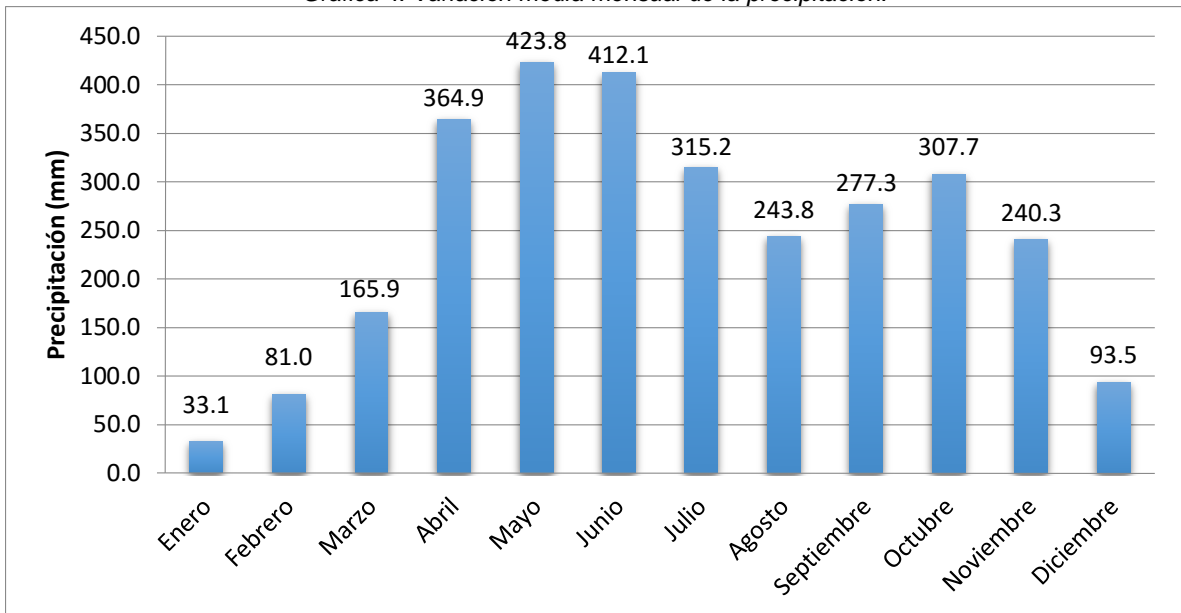
Fuente. Elaborado por autoras.

Gráfica 3. Variación media mensual de la evaporación.



Fuente. Elaborado por autoras.

Gráfica 4. Variación media mensual de la precipitación.



Fuente. Elaborado por autoras.

8.3. Caracterización socio-ambiental

Los resultados arrojados por la caracterización socio-ambiental presentan una clara idea de cómo se encuentra la población en lo que se refiere a las condiciones físicas, sus actividades económicas, educación, dinámica poblacional, salud y situación de vivienda. Cabe resaltar que la presente caracterización se

realizó para todos los habitantes de las veredas de estudio, sin importar si se afectaron o no por las inundaciones. A continuación se muestran los resultados de las variables analizadas para el presente proyecto de grado:

8.3.1. Población

En total se encuestó a 182 personas, de las cuales, 31 eran procedentes de La Concepción, 50 de Río Negro, 30 de El Cocuy, 12 de La Vigía y 59 de Vegas del Guayuriba. A continuación se muestra puntualmente los datos recopilados:

Tabla 17. Distribución poblacional por género de la margen izquierda de la cuenca media.

VEREDAS	TOTAL VEREDAS			DISTRIBUCIÓN %		
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
La Concepción	56	56	112	50.0	50.0	100
Río Negro	80	69	149	53.7	46.3	100
El Cocuy	60	56	116	51.7	48.3	100
La Vigía	32	16	48	66.7	33.3	100
Vegas del Guayuriba	136	111	247	55.1	44.9	100
Total	364	308	672	54.2	45.8	100

Fuente. Elaborado por autoras.

8.3.1.1. Densidad de población

La densidad de población para la cuenca media del río Guayuriba es de 5.2 hab/Km²; lo que significa que de la extensión total de la cuenca media 5.22 Km² se encuentra habitado por la muestra poblacional tomada para el estudio.

8.3.1.2. Estructura de la población: Distribución por grupos etáreos

En la presente tabla se explica la distribución por grupos etáreos, en esta se tuvieron en cuenta tanto el grupo de hombres como de mujeres, los rangos de edad analizados van desde los 0 años hasta mayores de 60 años. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 18. Distribución por grupos etáreos, participación porcentual y frecuencia acumulada de la muestra poblacional.

Grupos por edad	Habitantes			Distribución porcentual			Acumulado %
	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	
0 a 5	21	15	36	5.8	4.9	5.4	5.4
6 a 11	24	18	42	6.6	5.8	6.3	11.6
12 a 17	28	25	53	7.7	8.1	7.9	19.5
18 a 23	37	33	70	10.2	10.7	10.4	29.9
24 a 29	50	47	97	13.7	15.3	14.4	44.3
30 a 35	41	39	80	11.3	12.7	11.9	56.3
36 a 41	41	37	78	11.3	12.0	11.6	67.9
42 a 47	44	46	90	12.1	14.9	13.4	81.3
48 a 53	31	14	45	8.5	4.5	6.7	87.9
54 a 59	26	14	40	7.1	4.5	6.0	93.9
mayor a 60	21	20	41	5.8	6.5	6.1	100.0
TOTAL	364	308	672	100	100.0	100.0	

Fuente. Elaborado por autoras.

8.3.1.3. Número de viviendas y hogares en las veredas de Estudio

Para este parámetro se tuvieron en cuenta el número de viviendas y hogares en cada una de las veredas de la cuenca media del río Guayuriba.

Tabla 19. Número de viviendas y familias en la cuenca media.

VEREDAS	No. VIVIENDAS	No. HOGARES
LA CONCEPCIÓN	34	31
RIO NEGRITO	51	47
EL COCUY	30	30
LA VIGIA	12	10
VEGAS DEL GUAYURIBA	60	50
TOTAL	187	168

Fuente. Elaborado por autores.

8.3.2. Educación

Para el desarrollo del presente item se tuvo en cuenta los establecimientos educativos de La Concepción, Vegas del Guayuriba, El Cocuy y Río Negrito, no se incluyó La Vigia ya que esta no cuenta con planteles que presten el servicio de educación. Además de lo anterior, se presenta el mapa de ubicación de la escuela de Río Negrito (mapa N° 7) ya que esta fue el único centro educativo que se vio afectado por las inundaciones del año 2014. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

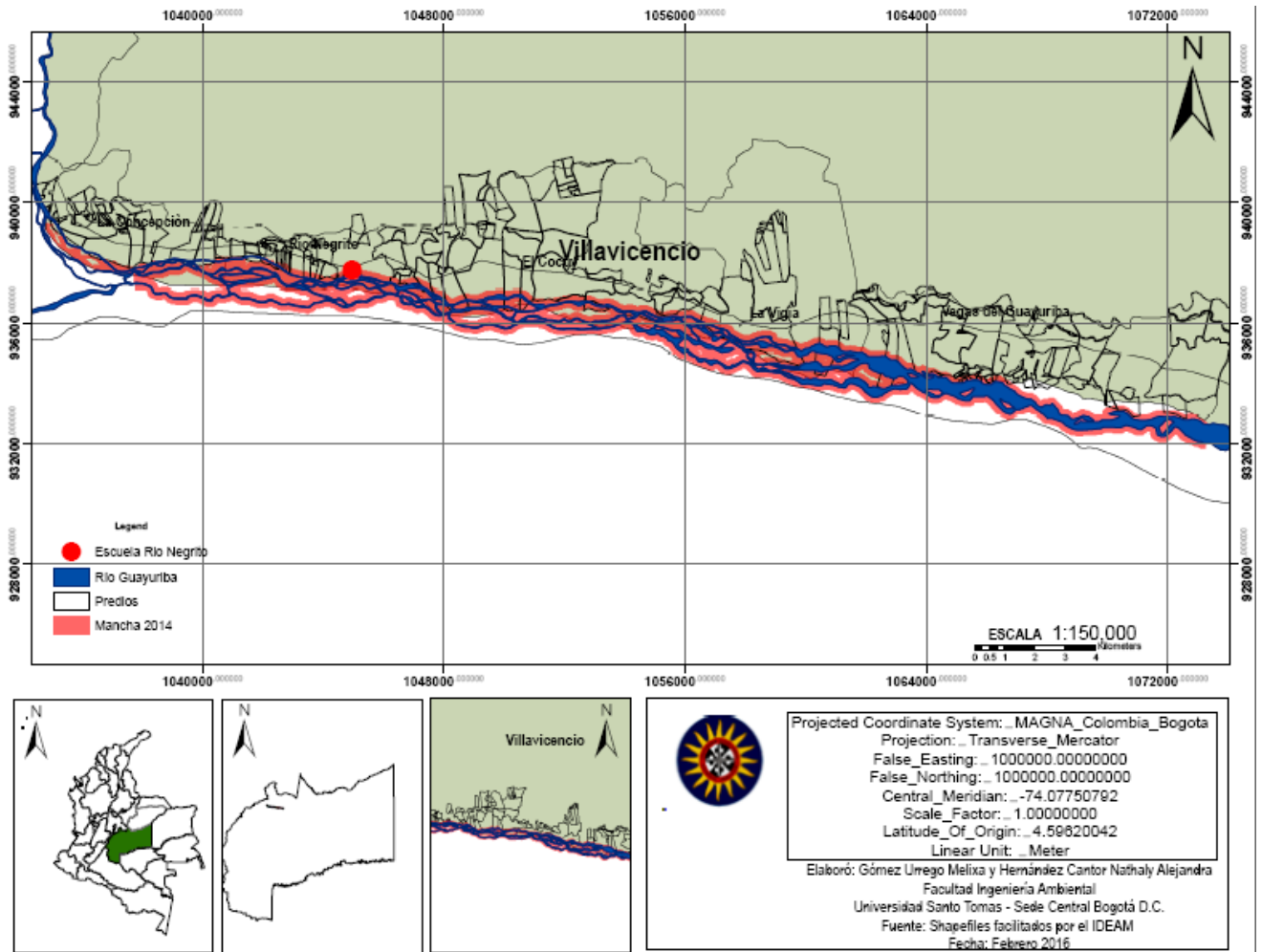
Tabla 20. Descripción de los centros educativos de las veredas de estudio.

VEREDAS	DESCRIPCIÓN DEL PLANTEL EDUCATIVO
La Concepción	Esta Institución Educativa cuenta con servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, alumbrado y energía eléctrica. Imparte educación básica primaria y básica secundaria a 500 niños de las veredas La Cumbre, Las Mercedes, Brisas del Guayuriba, Loma del Pañuelo, San Pablo todas estas en jurisdicción de la cuenca.
Vegas del Guayuriba	Esta Institución Educativa se encuentra en buen estado de mantenimiento con servicios públicos como energía eléctrica. Sin embargo, el centro educativo tiene acueducto y alcantarillado propios. Cuenta actualmente con 40 estudiantes.
El Cocuy	En esta instalación también se encuentra la caseta comunal. Cabe mencionar que sus instalaciones se encuentran en buen estado y cuenta con cobertura de energía eléctrica. Cabe mencionar que el centro educativo tiene acueducto y alcantarillado propios. Presta el servicio a 300 estudiantes en total, de las veredas Barcelona y Zuria, pertenecientes a la cuenca y a las veredas Kirpas, Cecilia.
Río Negrito	Este centro educativo cuenta con energía eléctrica y servicio de acueducto y alcantarillado propios. Presta el servicio a unos 40 estudiantes aproximadamente en total. Brinda exclusivamente educación preescolar y primaria a La Vereda Río Negrito.

Fuente. Información tomada del POMCH⁶ [46].

⁶ Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Guayuriba.

Mapa 6. Establecimiento educativo Escuela Río Negro.



Fuente. Elaborado por autoras.

8.3.2.1. Nivel de educación de la población

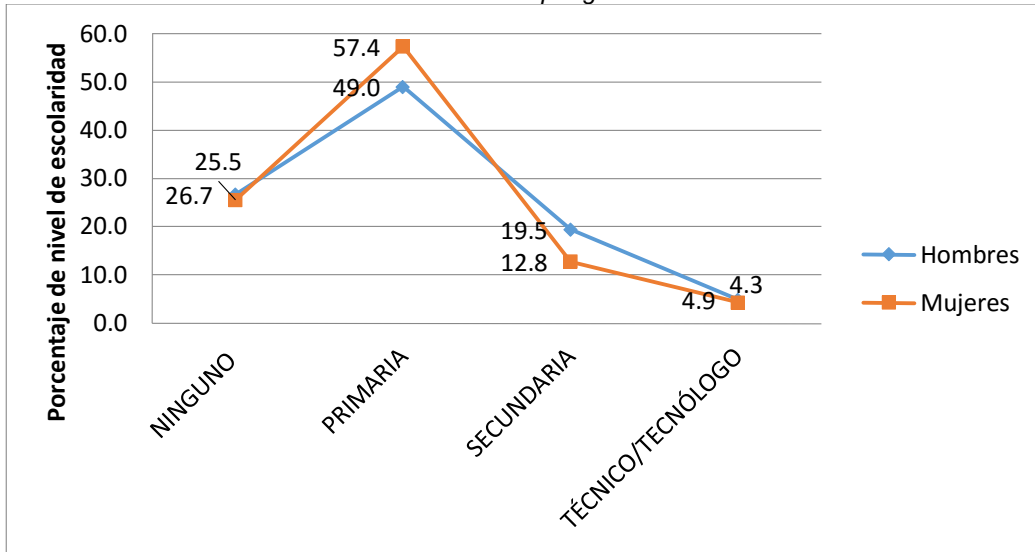
A través de la encuesta aplicada se recopiló información sobre el nivel educativo total aprobado por la población del área de estudio. Cabe resaltar que una parte de quienes culminaron sus estudios de secundaria tienen grados del nivel técnico o tecnológico pero no han terminado la etapa de educación superior. Esto mismo ocurre con educación básica y media, ya que es posible que no hayan finalizado el respectivo nivel pero tienen uno o varios grados aprobados, sin embargo para el respectivo análisis sólo se tuvo en cuenta el nivel máximo aprobado.

Tabla 21. Participación porcentual por niveles educativos para hombres, mujeres y población en total.

VEREDA	NIVEL EDUCATIVO %					TOTAL %
	SEXO	NINGUNO	PRIMARIA	SECUNDARIA	TECNICO/TECNOLOGO	
LA CONCEPCIÓN	HOMBRE	28.6	41.1	23.2	7.1	100
	MUJER	23.2	51.8	17.9	7.1	100
	TOTAL	25.9	46.5	20.6	7.1	100
RÍO NEGRITO	HOMBRE	26.2	47.5	20	6.3	100
	MUJER	15.94	55.07	21.73	7.24	100
	TOTAL	21	51.3	20.9	6.8	100
EL COCUY	HOMBRE	13.3	60	25.0	1.7	100
	MUJER	17.8	60.7	14.3	7.1	100
	TOTAL	15.6	60.4	19.7	4.4	100
LA VIGIA	HOMBRE	34.4	40.6	18.8	6.3	100
	MUJER	50	43.8	6.3	0.0	100
	TOTAL	42.2	42.2	12.6	3.2	100
VEGAS DEL GUAYURIBA	HOMBRE	30.9	55.9	10.3	2.9	100
	MUJER	20.7	75.7	3.6	0	100
	TOTAL	25.8	65.8	7.0	1.5	100
TOTAL CUENCA	HOMBRE	26.7	49.0	19.5	4.9	100
	MUJER	25.5	57.4	12.8	4.3	100
	TOTAL	26.1	53.2	16.1	4.6	100

Fuente. Elaborado por autoras.

Gráfica 5. Nivel de escolaridad total por género en el área de estudio.



Fuente. Elaborado por autoras.

8.3.2.2. Asistencia e inasistencia escolar por grupos de edad

En la presente tabla se tienen datos acerca de la asistencia e inasistencia escolar de la población de la cuenca media del río Guayuriba, los rangos de edad utilizados en este ítem oscilan de los 0 años hasta mayores de 60 años. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

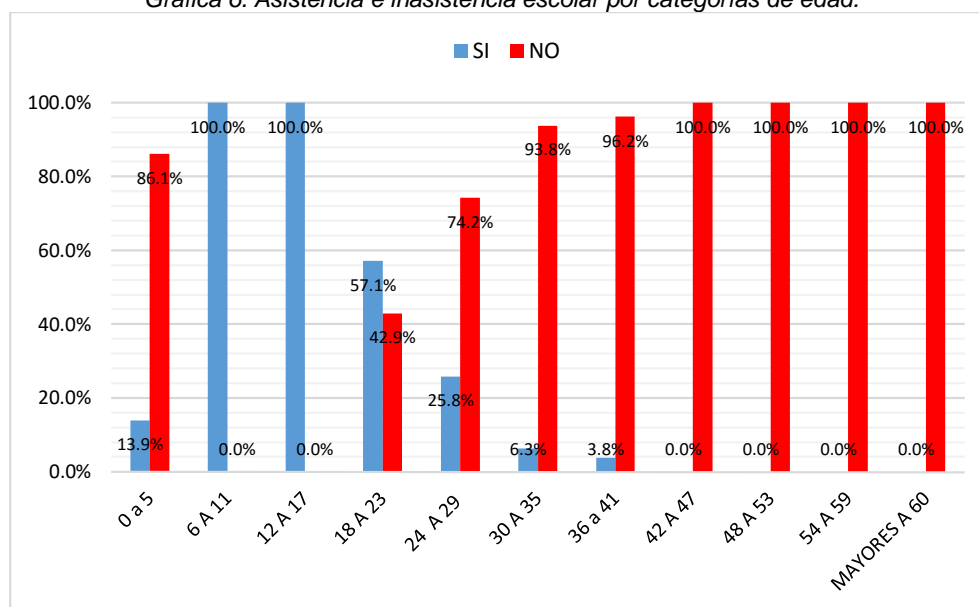
Tabla 22. Asistencia e inasistencia escolar por grupos de edad.

EDAD	TOTAL HABITANTES			DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL %		
	SI	NO	TOTAL	SI	NO	TOTAL
0 a 5	5	31	36	13.9	86.1	100.0
6 A 11	42	0	42	100.0	0.0	100
12 A 17	53	0	53	100.0	0.0	100
18 A 23	40	30	70	57.1	42.9	100
24 A 29	25	72	97	25.8	74.2	100
30 A 35	5	75	80	6.3	93.8	100
36 a 41	3	75	78	3.8	96.2	100
42 A 47	0	90	90	0.0	100.0	100
48 A 53	0	45	45	0.0	100.0	100
54 A 59	0	40	40	0.0	100.0	100
MAYORES A 60	0	41	41	0.0	100.0	100
TOTAL	173	499	672	25.7	74.3	100

Fuente. Elaborado por autoras.

Además de la información anterior, se puede observar en la gráfica N° 6 el rango de edades en que se concentran los grupos escolares de asistencia e inasistencia.

Gráfica 6. Asistencia e inasistencia escolar por categorías de edad.

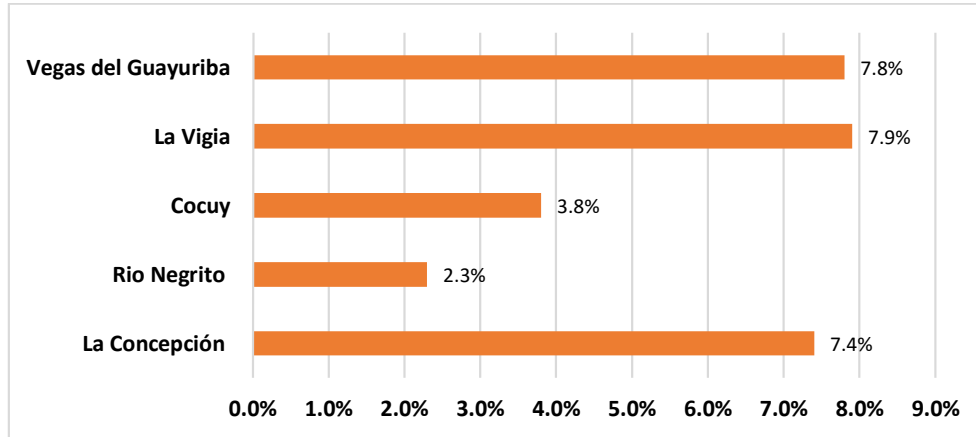


Fuente. Elaborado por autoras.

8.3.2.3. Tasa de analfabetismo

Para determinar la tasa de analfabetismo de las veredas de estudio se tuvo en cuenta la relación establecida por el Ministerio de Educación de Colombia en la que define la tasa de analfabetismo como el porcentaje de la población de quince años o más que no sabe leer ni escribir [47]. Los resultados obtenidos para esta variable se presentan a continuación:

Gráfica 7. Tasa de analfabetismo



Fuente. Elaborado por autoras

8.3.3. Salud

Para el desarrollo del presente numeral se recopiló datos acerca de las condiciones de afiliación de la población en las veredas La Concepción, Río Negrito, El Cocuy, La Vigia y Vegas del Guayuriba, estos, se obtuvieron a través de la encuesta realizada a la población de la cuenca media del río Guayuriba. Cabe resaltar que no cuentan con centros de salud, por ende los centros de salud más cercanos a los que la población de estudio acude son los de La Concepción y Ciudad Porfía. A continuación se mostrará las características generales referentes a la afiliación al sistema de salud:

8.3.3.1. Población afiliada al sistema de salud

Para realizar el análisis de resultados del presente ítem se tuvo en cuenta la población que estaba afiliada o no al sistema de salud independientemente del tipo de afiliación en el que se encontraran las personas en cada una de las veredas de estudio. A continuación se muestran los resultados:

Tabla 23. Población afiliada, no afiliada al sistema de salud.

POBLACIÓN AFILIADA A SALUD						
TIPO DE AFILIACIÓN	LA CONCEPCIÓN	RÍO NEGRITO	EL COCUY	LA VIGIA	VEGAS DEL GUAYURIBA	TOTAL VEREDAS
NO AFILIADO	0	18	4	6	15	43
AFILIADO	112	131	112	42	232	629
TOTAL	112	149	116	48	247	672
VALOR PORCENTUAL						
TIPO DE AFILIACIÓN	LA CONCEPCIÓN	RÍO NEGRITO	EL COCUY	LA VIGIA	VEGAS DEL GUAYURIBA	TOTAL VEREDAS
NO AFILIADO	0%	12.08%	3.45%	12.5%	6.07%	6.4%
AFILIADO	100%	87.92%	96.55%	87.5%	93.93%	93.6%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente. Elaborado por autoras.

Gráfica 8. Porcentaje de población afiliada y no afiliada por vereda.



Fuente. Elaborado por autoras.

8.3.3.2. Población económicamente activa

Este es un indicador, que según el DANE⁷ expresa el conjunto de personas que se encuentran en edad de trabajar para ambos géneros y buscan ejercer una actividad retribuida en la producción de bienes y servicios [48]. En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos para los tres grupos de edad, con su correspondiente actividad, adicional a ello en la gráfica N° 9 se obtuvo los porcentajes de la población que se encuentra trabajando, buscando trabajo e independiente.

Tabla 24. Población económicamente activa por grupos de edad.

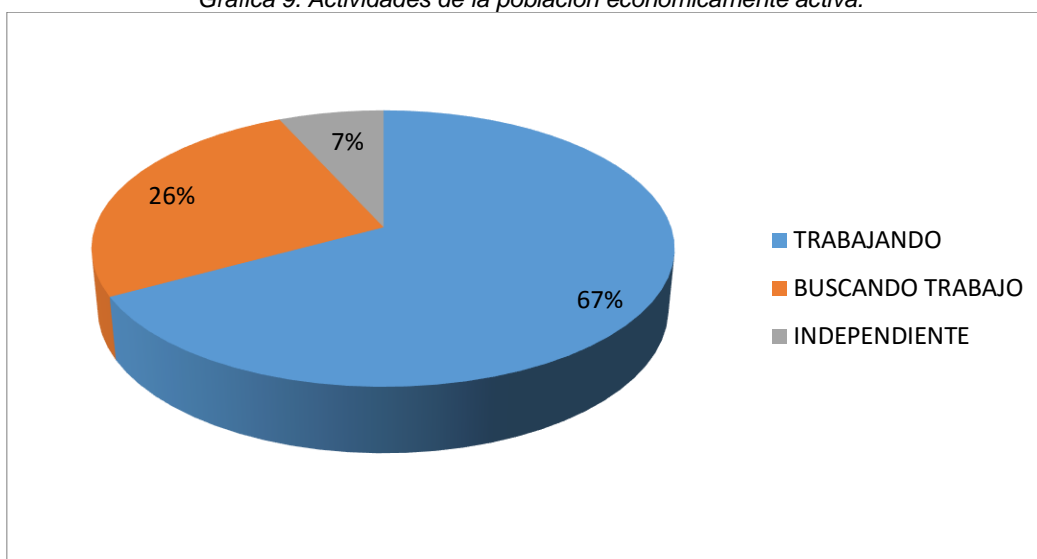
VEREDA	ACTIVIDAD	GRUPOS DE EDAD			TOTAL (%)
		MENOR a 18	18-60	MAYOR a 60	
LA CONCEPCIÓN	TRABAJANDO	0	65.45	0	58.06
	BUSCANDO TRABAJO	0	30.91	0	27.42
	INDEPENDIENTE	0	3.64	100	14.52
TOTAL		0	100	100	100
RÍO NEGRITO	TRABAJANDO	0	67.74	0	67.74
	BUSCANDO TRABAJO	0	20.97	0	20.97
	INDEPENDIENTE	0	11.29	0	11.29
TOTAL		0	100	0	100
EL COCUY	TRABAJANDO	0	66.67	0	66.67
	BUSCANDO TRABAJO	0	33.33	0	33.33
	INDEPENDIENTE	0	0	0	0
TOTAL		0	100.00	0	100
LA VIGIA	TRABAJANDO	0	58.33	0	58.33
	BUSCANDO TRABAJO	0	29.17	0	29.17
	INDEPENDIENTE	0	12.5	0	12.5
TOTAL		0	100	0	100
VEGAS DEL	TRABAJANDO	0	100	0	73.33

⁷ Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

GUAYURIBA	BUSCANDO TRABAJO	100	0	0	24.17
	INDEPENDIENTE	0	0	100	2.5
TOTAL		100	100	100	100
TOTAL CUENCA MEDIA	TRABAJANDO	0	76.22	0	67.08
	BUSCANDO TRABAJO	100	19.58	0	26.15
	INDEPENDIENTE	0	4.20	100	6.77
TOTAL		100	100	100	100

Fuente. Elaborado por autoras.

Gráfica 9. Actividades de la población económicamente activa.



Fuente. Elaborado por autoras.

8.3.3.3. Población económicamente inactiva

Este es un indicador que muestra el grupo de personas que estando en edad de laborar para ambos géneros, y que se encuentran en condición de discapacidad o no están en disposición de desempeñar algún tipo de ocupación laboral y por ende están en el rango de estudiantes, oficios hogar o sin actividad [48]. En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos para los tres grupos de edad, con su correspondiente actividad, adicional a ello en la gráfica N°10 se obtuvo los porcentajes de la población que se encuentra estudiando, sin ningún tipo de actividad, dedicada a los oficios de hogar o están en condición de discapacidad.

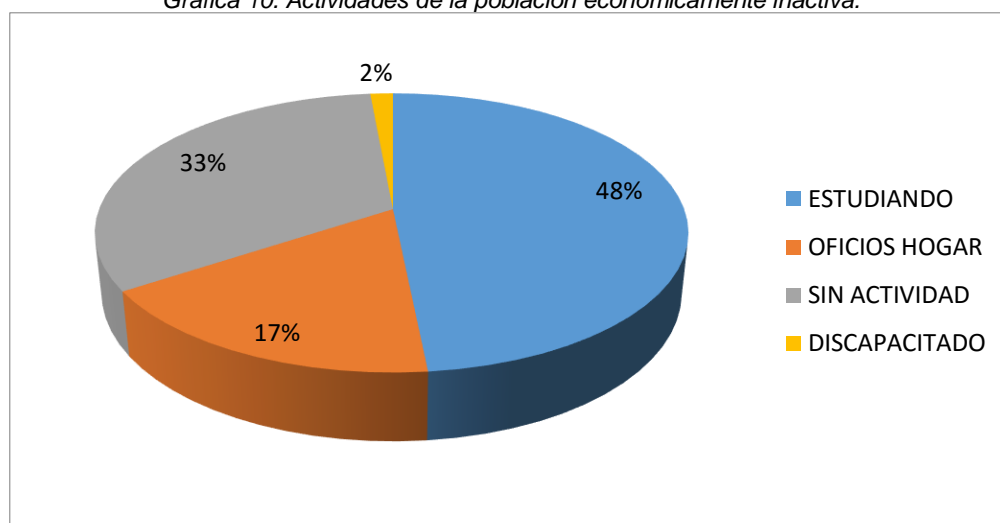
Tabla 25. Población económicamente inactiva.

VEREDA	ACTIVIDAD	GRUPOS DE EDAD			TOTAL (%)
		menor a 18	18-60	MAYOR 60	
LA CONCEPCIÓN	ESTUDIANDO	76.19	37.04	0	52
	OFICIOS HOGAR	0	0	0	0
	SIN ACTIVIDAD	23.81	62.96	100	48
	DISCAPACITADO	0	0	0	0
TOTAL		100	100	100	100
RÍO NEGRITO	ESTUDIANDO	72.73	28.33	0	37.93
	OFICIOS HOGAR	0	28.33	0	19.54
	SIN ACTIVIDAD	27.27	43.33	60	40.23

	DISCAPACITADO	0	0	40	2.30
TOTAL		100	100	100	100
EL COCUY	ESTUDIANDO	71.43	50	0	45.76
	OFICIOS HOGAR	0	23.53	0	13.56
	SIN ACTIVIDAD	28.57	26.47	100	40.68
	DISCAPACITADO	0	0	0	0
TOTAL		100	100	100	100
LA VIGIA	ESTUDIANDO	84.62	50	0	62.5
	OFICIOS HOGAR	0	37.5	0	12.5
	SIN ACTIVIDAD	15.38	12.5	66.67	20.83
	DISCAPACITADO	0	0	33.33	4.17
TOTAL		100	100	100	100
VEGAS DEL GUAYURIBA	ESTUDIANDO	77.05	35.71	0	52.76
	OFICIOS HOGAR	0	57.14	0	25.20
	SIN ACTIVIDAD	22.95	7.14	80	20.47
	DISCAPACITADO	0	0	20	1.57
TOTAL		100	100	100	100
TOTAL CUENCA MEDIA	ESTUDIANDO	76.34	36.76	0	48.41
	OFICIOS HOGAR	0	32.43	0	17.29
	SIN ACTIVIDAD	23.66	30.81	83.87	32.85
	DISCAPACITADO	0	0	16.13	1.44
TOTAL		100	100	100	100

Fuente. Elaborado por autores.

Gráfica 10. Actividades de la población económicamente inactiva.



Fuente. Elaborado por autoras.

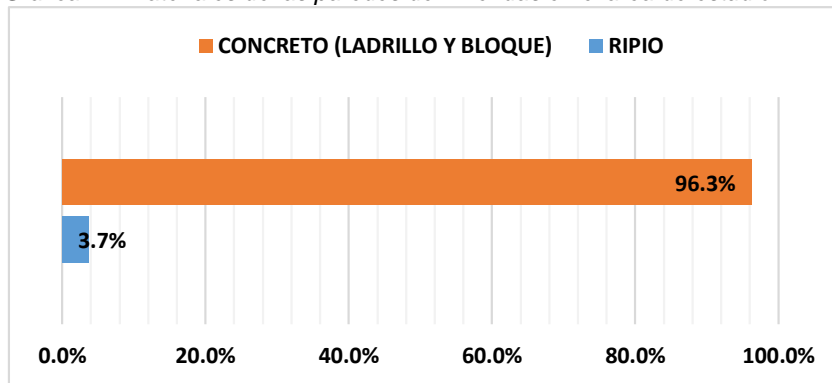
8.3.4. Situación de vivienda

En el trabajo desarrollado en campo se identificó 187 viviendas ubicadas en la zona de estudio, de las cuales 34 se encuentran localizadas en La Concepción, 51 en Rio Negrito, 30 en El Cocuy, 12 en La Vigia y 60 en Vegas del Guayuriba (ver tabla No 19). Cabe mencionar que en La Vigia hay mayor cantidad de predios sin construcciones de tipo habitacional y por lo tanto menor concentración de población.

8.3.4.1. Variable de infraestructura para viviendas: Paredes, Techo y Piso.

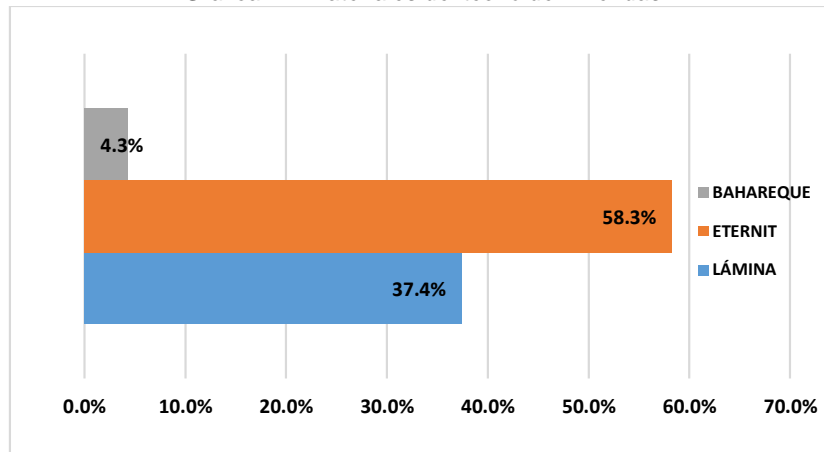
Para la realización del análisis de resultados de la variable infraestructura se tuvieron en cuenta tres parámetros los cuales fueron paredes, techo y piso de las infraestructuras de las viviendas del área de estudio, la razón por la cual se incluyeron solo estas variables fue porque en el momento de la ocurrencia del evento de inundación, estos son los bienes materiales que principalmente se ven afectados en especial las paredes y los pisos. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros:

Gráfica 11. Materiales de las paredes de viviendas en el área de estudio.



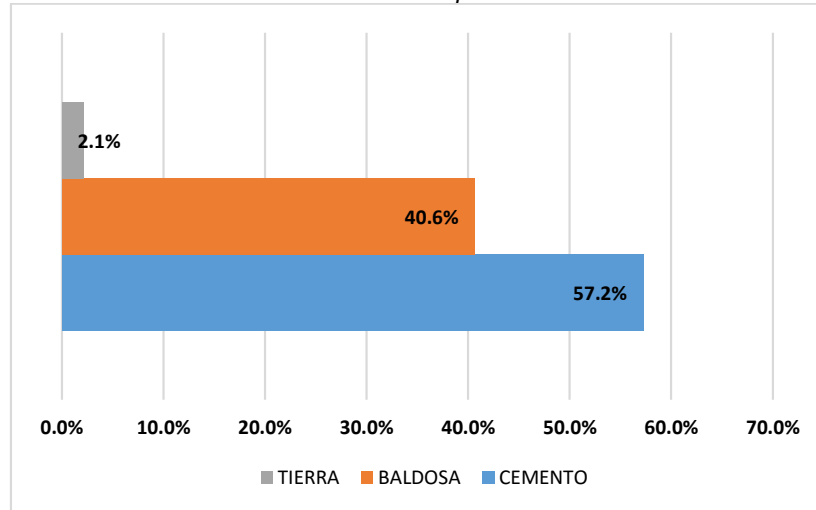
Fuente. Elaborado por autoras.

Gráfica 12. Materiales del techo de viviendas.



Fuente. Elaborado por autoras.

Gráfica 13. Materiales de los pisos de las viviendas.



Fuente. Elaborado por autoras.

8.3.4.2. Cobertura de servicios públicos domiciliarios

El acceso de la población rural a los servicios públicos básicos es muy restringida, exceptuando energía eléctrica que alcanza una cobertura del 83.9% de los hogares, el 16.1% restante obtiene la energía de plantas eléctricas [46].

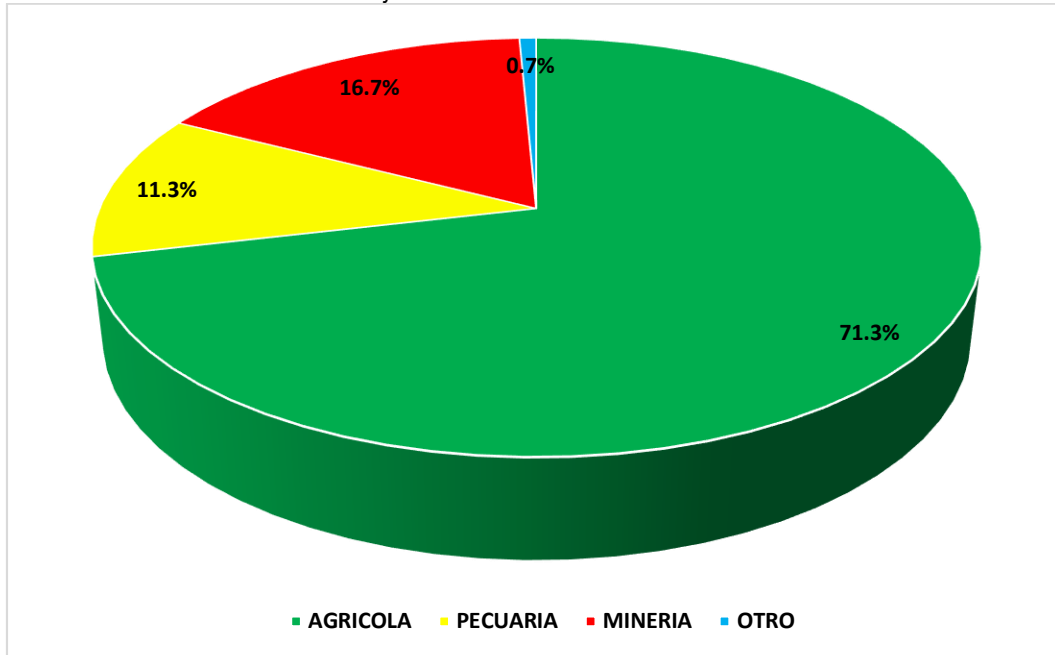
8.3.4.3. Accesibilidad a infraestructura vial

Durante el recorrido en campo se observó con cuantas vías de acceso cuenta cada una de las veredas de estudio, el resultado obtenido fue el siguiente: La Concepción y La Vigia cuentan con una sola vía de acceso (vía secundaria), Vegas del Guayuriba con una vía terciaria, Río Negrito 2 vías terciarias y El Cocuy 3 vías (2 vías terciarias y 1 secundaria).

8.3.4.4. Características económicas de producción de la población

En las veredas de estudio se evidenció en su totalidad actividades de tipo agropecuario, extracción minera y de turismo. Sin embargo, en este estudio se indagó sobre las actividades económicas que se llevan a cabo en los predios visitados, el resultado obtenido es el que se muestra a continuación:

Gráfica 14. Porcentaje de actividades económicas del área de estudio.



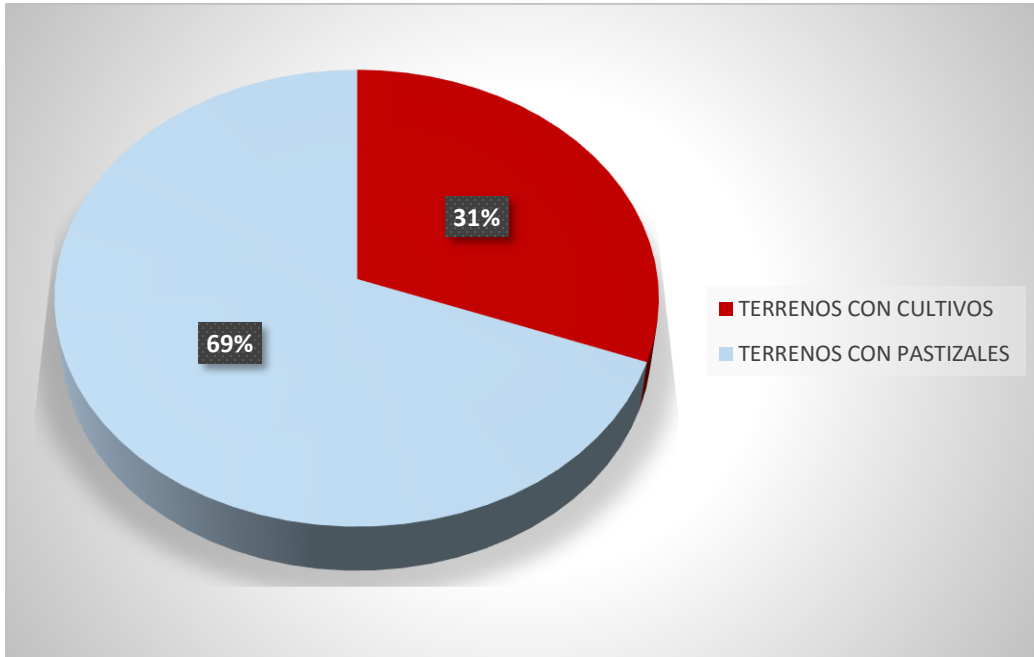
Fuente. Elaborado por autoras.

8.3.4.5. Amenaza por inundación en la cuenca media del río Guayuriba

En el levantamiento de información hecho en el Plan de Ordenación y Manejo del río Guayuriba, cerca del 8.5%⁸ de las viviendas presentan posibilidades de amenaza a inundación, aunque no es un valor porcentual considerable respecto al total de viviendas, es la amenaza a la que mayor se encuentran expuestas. Luego entonces, en la visita técnica de campo se indagó sobre la última inundación presentada en junio del año 2014, de la cual se recolectó información respecto a la extensión total de terreno afectada, siendo esta igual a 566.183 Ha. A continuación se observan los resultados obtenidos para los terrenos con cultivos y con pastizales los cuales sufrieron la mayor afectación por la inundación:

⁸ Valor porcentual registrado por el SISBEN.

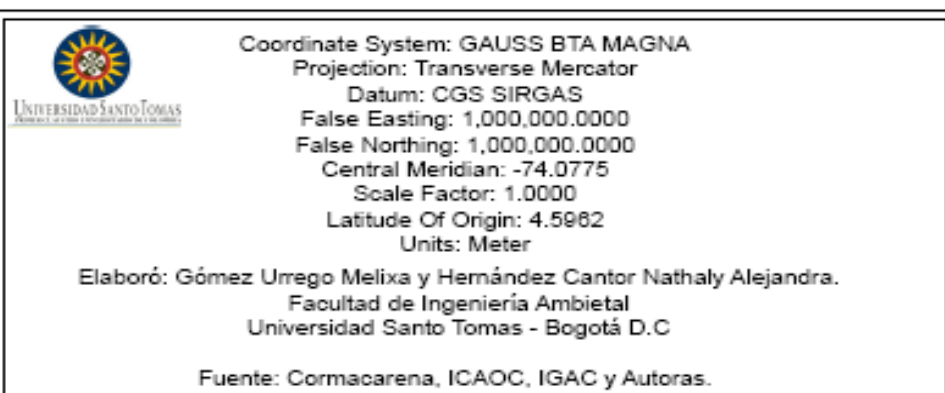
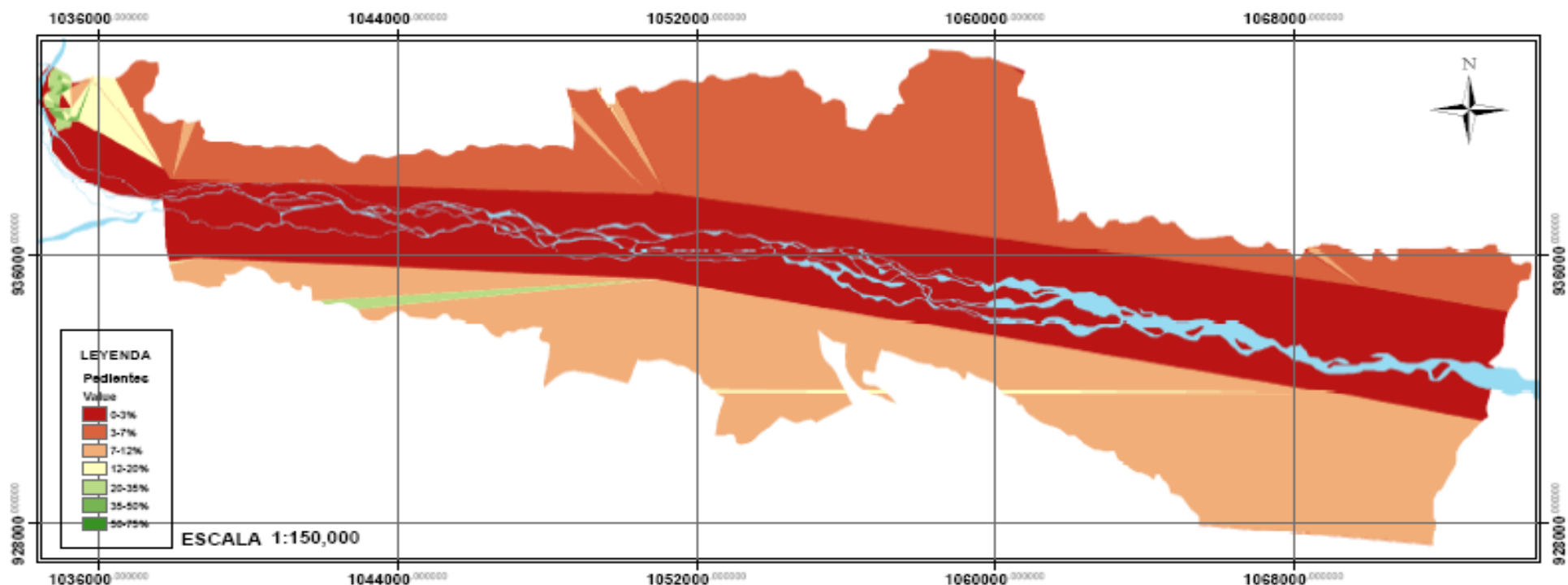
Gráfica 15. Extensión de terreno afectado.



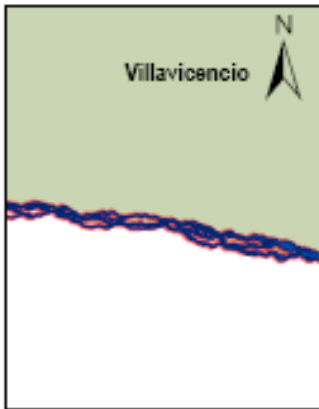
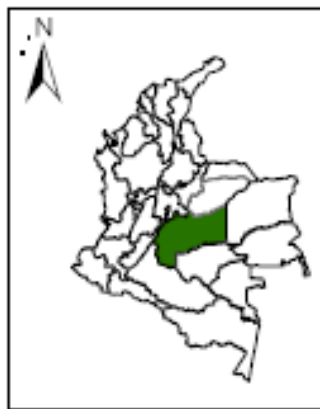
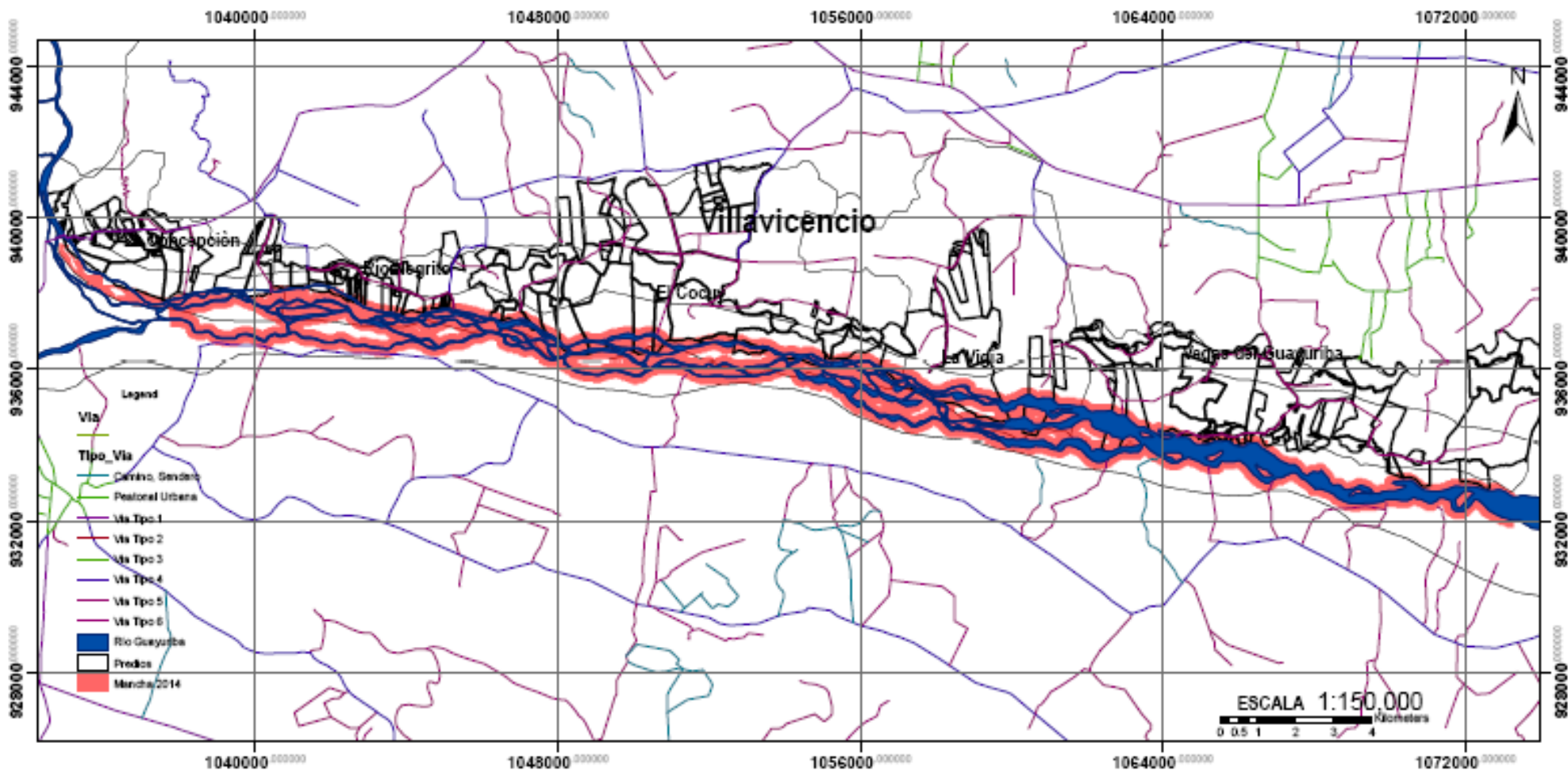

Fuente. Elaborado por autoras.

8.4. Mancha de inundación año 2014

MAPA DE PENDIENTES - CUENCA MEDIA DEL RÍO GUAYURIBA



MANCHA DE INUNDACIÓN AÑO 2014 - CUENCA MEDIA DEL RIO GUAYURIBA

Projected Coordinate System: _MAGNA_Colombia_Bogota
 Projection: _ Transverse_Mercator
 False_Easting: _ 1000000.00000000
 False_Northing: _ 1000000.00000000
 Central_Meridian: _ -74.07750792
 Scale_Factor: _ 1.00000000
 Latitude_Of_Origin: _ 4.59620042
 Linear Unit: _ Meter

Elaboró: Gómez Urrego Melixa y Hernández Cantor Nathaly Alejandra
 Facultad Ingeniería Ambiental
 Universidad Santo Tomás - Sede Central Bogotá D.C.
 Fuente: Shapefiles facilitados por el IDEAM
 Fecha: Febrero 2016

8.4.1. Análisis de la zona de estudio mediante imágenes satelitales

Los resultados obtenidos por medio de las observaciones en las imágenes satelitales y la comparación de estas a lo largo del tiempo muestran como la dinámica del río Guayuriba ha cambiado drásticamente. A continuación se muestra los registros de las hectáreas que el cauce ha ocupado en los predios de cada una de las veredas:

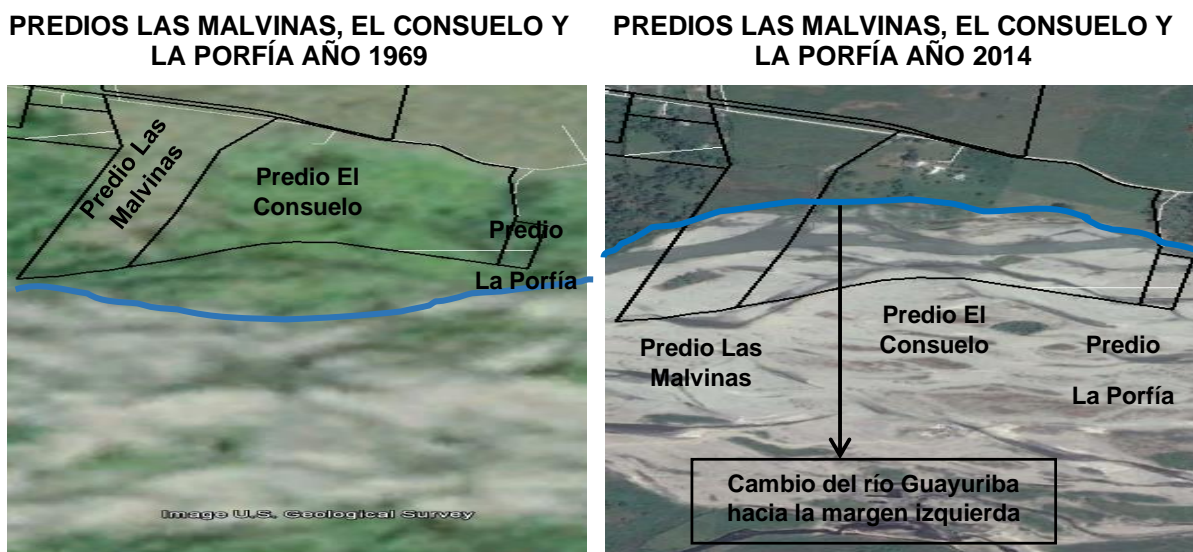
Tabla 26. Predios que han sido intervenidos por la dinámica del río Guayuriba.

Vereda	Predios Afectados	Extensión Total Predio (Ha)	Área ocupada por el cauce (Ha)
RÍO NEGRITO	Los Guadales	32.97	6.44
	Palo Negro	4.78	1.4
	La Santillana	5.63	0.54
	Lote_1	5.4	0.37
	Palo Negro	3.128	0.19
	El Arbolito	21.97	3.47
	Las Malvinas	11.88	5.38
	El Consuelo	22.31	12
	La Porfía	0.84	0.84
	La Primavera	6.87	1
	El Recuerdo	1.74	0.29
	Buenos Aires	2.25	0.2
	La Esperanza	3.57	0.14
	Las Brisas	9.38	1.24
	La Ilusión	20.2	5
	Las Mercedes	41.7	1.43
Río Negrito	43.3	0.58	
EL COCUY	La Argentina	80.9	16.7
	Bonanza	265	41.4
	La Porfía	102.21	25.6
	San Luis	52.47	12.8
	El Amparo	16.53	5.92
	El Porvenir	17.94	12.8
	La Providencia	129.2	40.6
	El Curubito	29.35	2.3
	Lote_2	49.35	2.5
LA VIGIA	El Amparo	463.42	132
	La Ceiba	70.9	53.5
VEGAS DEL GUAYURIBA	Lote_3	265	30.8
	El Silencio	265	9.1
	La Maloca	1.96	1.96
	Nicol Daniela	3	0.45
	La Despensa	4	2.39
	Los Pomarrosos	1	1
	La Gata Golosa	1	1
	El Bambú	1	1
	Costa Rica	6	1.2
	La Isabela	4	0.89
TOTAL		2067.148	436.42

Fuente. Elaborado por las autoras.

Además de lo anterior, se tiene como ejemplo la imagen No 3, en la cual se puede evidenciar el cambio del cauce hacia la margen derecha de los predios Las Malvinas, El Consuelo y La Porfía.

Imagen 3. Predios en estado crítico. Las Malvinas, El Consuelo, La Porfía.



Fuente. Imágenes satelitales tomadas de Google Earth Pro.

8.5. Vulnerabilidad Social

En el presente ítem se muestran los resultados obtenidos por medio de la aplicación de indicadores sociales y de preguntas a los presidentes de la junta de acción comunal acerca de la organización y respuesta frente a una emergencia, cabe resaltar que la presente metodología se adaptó del documento “*Metodología para el análisis de la vulnerabilidad*” [11].

Ahora bien, a lo largo del desarrollo del presente punto se obtuvieron resultados de los indicadores de educación, vivienda, empleo y salud, además del cálculo del grado de vulnerabilidad social frente al grado de organización y respuesta en caso de presentarse una inundación, cálculo del grado de la vulnerabilidad final y determinación del grado de vulnerabilidad social final. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

8.5.1. Primer parte: Determinación de valores de acuerdo a la condición de vulnerabilidad

8.5.1.1. Variable educación

Estos indicadores se evaluaron con el fin de obtener el porcentaje de la población que fue afectada y que a su vez es analfabeta y nunca asistió a educación formal,

pues es importante considerar que proporción de personas afectadas con respecto al total de población de cada vereda tiene menos posibilidades de obtener un empleo cuyo ingreso sustente los daños ocasionados por una inundación.

Tabla 27. Indicadores de la variable de educación.

1. Evaluación Tasa de Analfabetismo				
Vereda	RIO NEGRITO	COCUY	VIGIA	VEGAS DEL GUAYURIBA
Tasa de analfabetismo	1.563	1.923	0.000	2.913
Condición vulnerabilidad	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja
Valor asignado	0	0	0	0.25
2. Evaluación del Porcentaje que nunca asistió a educación formal				
% Población que nunca ha asistido a educación formal	2.68	2.59	2.08	2.43
Condición vulnerabilidad	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
Valor asignado	0	0	0	0

Fuente. Datos calculados por las autoras a partir de la información de la caracterización socio-ambiental.

8.5.1.2. Variable vivienda

Dentro de los siguientes indicadores se estimó el porcentaje de viviendas que fue afectado y que tiene paredes de ripio, pues es importante determinar qué proporción de viviendas afectadas con respecto al total de viviendas de cada vereda posee dicha característica, pues el ripio es un material de baja resistencia frente a una amenaza [49].

Además, se calculó el porcentaje de hogares afectados que tiene cobertura de energía eléctrica, pues es importante establecer qué proporción del total de hogares de cada vereda cuenta con este servicio en caso de presentarse un evento de inundación; cabe resaltar que aquellos que tienen este servicio, son menos vulnerables en el sentido en que dicho porcentaje tiene más posibilidades de comunicación facilitando la divulgación de la información.

Tabla 28. Indicadores de la variable vivienda

1. Evaluación Porcentaje de paredes de ripio				
Vereda	RIO NEGRITO	COCUY	VIGIA	VEGAS
% Viviendas con paredes de ripio	0.0	0.0	0.0	6.7
Condición vulnerabilidad	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
Valor asignado	0	0	0	0
2. Evaluación Porcentaje de hogares afectados con energía eléctrica				
% Hogares afectados con energía eléctrica	34.0	26.7	20.0	26.0
Condición vulnerabilidad	Muy baja	Muy baja	Baja	Muy baja
Valor asignado	0	0	0.25	0

Fuente. Datos calculados por las autoras a partir de la información de la caracterización socio-ambiental.

8.5.1.3. Variable empleo

El primer indicador se evaluó con el fin de obtener qué porcentaje de la PEA con ocupación laboral, representa la población que fue afectada en 2014 y que presenta dicha situación, es decir, determinar la condición de vulnerabilidad social de ésta proporción con respecto al total y la capacidad económica para afrontar la ocurrencia de un evento.

Además, se tuvo en cuenta la relación entre la cantidad de área afectada con actividad agrícola y el total de área de cada una de las veredas con el mismo uso del suelo, pues desde el punto de vista social, la población es quien se ve directamente afectada, perdiendo así cultivos y por ende ingresos económicos.

Tabla 29. Indicadores variable empleo.

1. Evaluación del porcentaje de población afectada económicamente activa que se encuentra ocupada				
Vereda	RIO NEGRITO	COCUY	VIGIA	VEGAS DEL GUAYURIBA
% de la PEA	71.4	47.4	64.3	45.5
Condición vulnerabilidad	Muy baja	Muy alta	Baja	Muy alta
Valor asignado	0	1	0.25	1
2. Evaluación del Porcentaje área afectada con actividad agrícola				
% área afectada con actividad agrícola	35.5	1.0	4.6	2.7
Condición vulnerabilidad	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
Valor asignado	0	0	0	0

Fuente. Datos calculados por las autoras a partir de la información de la caracterización socio-ambiental.

8.5.1.4. Variable salud

El primer indicador fue evaluado para estimar que porcentaje de la población más vulnerable según su condición física, representa aquella afectada en condición de discapacidad, mujeres en gestación, niños menores a 5 años y adultos mayores, pues ésta, dada su situación, tiene una respuesta menos rápida frente a un evento súbito de inundación. Además, se tuvo en cuenta el indicador de accesibilidad a un centro de salud en minutos pues este indica que las personas que utilizan menos tiempo para llegar al centro de salud obtendrán este beneficio en forma más recurrente que los que deben invertir más tiempo de traslado [11].

Tabla 30. Indicadores de la variable salud.

1. Evaluación del porcentaje de población afectada vulnerable según su condición física				
Vereda	RIO NEGRITO	COCUY	VIGIA	VEGAS
% Población afectada vulnerable según su condición física	11.11	14.29	0.00	14.29
Condición vulnerabilidad	Baja	Baja	Muy baja	Baja
Valor asignado	0.25	0.25	0	0.25
2. Evaluación de la accesibilidad a establecimientos de salud en minutos				
Tiempo que tarda en llegar a un centro de salud	30.00	20.00	40.00	30.00
Condición vulnerabilidad	Alta	Baja	Muy alta	Alta
Valor asignado	0.75	0.25	1	0.75

Fuente. Datos calculados por las autoras a partir de la información de la caracterización socio-ambiental.

8.6. Cálculo del grado de vulnerabilidad social de los aspectos socioeconómicos.

Para determinar el valor de la primera parte del grado de vulnerabilidad social de cada vereda, se aplicó la siguiente fórmula:

$$GVS_1 = \frac{(VA_1 * I_1 + VA_2 * I_2 + \dots + VA_n * I_n)}{I_1 + I_2 + \dots + I_n}$$

Dónde:

GVS_1 = Grado de vulnerabilidad social primera parte

VA= Valor asignado

I = Valor del indicador

A partir de su aplicación se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 31. Grado de la vulnerabilidad social

VEREDA	RIO NEGRITO	COCUY	VIGIA	VEGAS DEL GUAYURIBA
GVS1 %	3.16	7.52	7.63	9.04

Fuente. Elaborado por autoras.

8.7. Segunda parte: Cálculo del grado de vulnerabilidad social de la organización y respuesta frente a una emergencia

En esta segunda fase se realizaron las preguntas respectivas a cada uno de los presidentes de la junta de acción comunal, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 32. Valoración de las respuestas hechas a los presidentes de junta de acción comunal.

Preguntas:	RIO NEGRITO		COCUY		VIGIA		VEGAS DEL GUAYURIBA	
	SI	0	NO	1	SI	0	SI	0
1. ¿La Oficina de Gestión del Riesgo Municipal ha informado sobre alertas tempranas y se ha preocupado por atender a la población afectada?	SI	0	NO	1	SI	0	SI	0
2. ¿Poseen un Plan de contingencia en caso de presentar un evento súbito de inundación en la vereda?	NO	1	NO	1	NO	1	NO	1
3. ¿Cuentan con comisiones comunales para la gestión de riesgo (prevención, mitigación, preparación y atención a emergencias)?	NO	1	NO	1	SI	0	NO	1
4. ¿Mantienen enlaces de coordinación a nivel veredal?	SI	0	SI	0	SI	0	SI	0
5. ¿Cuentan con algún mecanismo de alerta temprana?	NO	1	SI	0	SI	0	NO	0
6. ¿Tiene establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de una inundación?	SI	0	SI	0	SI	0	NO	1
7. ¿Cuenta con mapas o croquis de su localidad que tengan identificados puntos críticos o zonas de peligro?	NO	1	NO	1	SI	0	NO	1
8. ¿Se llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia de inundación?	SI	0	NO	1	NO	1	SI	0
9. ¿Tiene ubicados los sitios que pueden funcionar como refugios temporales en caso de un desastre?	SI	0	SI	0	NO	1	SI	0
10. ¿Tienen asignados fondos municipales que permitan cubrir los gastos inmediatos de operación en una situación de emergencia?	NO	1	NO	1	SI	0	NO	1
TOTAL		5		6		3		5

Fuente. Preguntadas adaptadas del documento "Metodología para el análisis de la vulnerabilidad" [11].

A continuación se muestran los resultados de la ecuación aplicada para el cálculo de la segunda parte del grado de vulnerabilidad:

$$GVS_2 = \frac{(VA_1 + VA_2 + \dots + VA_n)}{(Total\ de\ las\ respuestas)}$$

Dónde:

GVS₂= Grado de vulnerabilidad social segunda parte

VA₁= Valor asignado donde SI es 0 y NO es 1.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 33. Grado de vulnerabilidad social segunda parte.

Vereda	Rio negrito	Cocuy	Vigia	Vegas del Guayuriba
GVS 2 %	50	60	30	50

Fuente. Elaborado por autoras.

8.8. Cálculo del grado de la vulnerabilidad social final.

Finalmente a la primera parte de la medición GVS₁ se le asignó un peso del 70% puesto que las condiciones de vida de la población determinan en gran medida el grado de vulnerabilidad social, y a la segunda parte (GVS₂), se le adjudicó un porcentaje de 30%. La ecuación que se empleo fue la siguiente:

$$GVS_f = (GVS_1 * 0.70) + (GV_2 * 0.30)$$

Tabla 34. Grado de vulnerabilidad social final en porcentaje.

VEREDA	RIO NEGRITO	COCUY	VIGIA	VEGAS DEL GUAYURIBA
GVSF%	17.21	23.26	14.34	21.33

Fuente. Elaborado por autoras.

8.9. Determinación del grado de vulnerabilidad social final.

Para evaluar cualitativamente el grado de vulnerabilidad social de cada vereda se tuvo en cuenta las categorías establecidas en el documento Metodología para el Análisis de la Vulnerabilidad, en donde se comparó los valores del grado de vulnerabilidad social final con los rangos que se presentan a continuación:

Tabla 35. Grados de vulnerabilidad social

Valor Final	Grado de Vulnerabilidad asociado a desastres
De 0.81 a 1.0	Muy alto
De 0.61 a 0.80	Alto
De 0.41 a 0.60	Medio
De 0.21 a 0.40	Bajo
De 0 a 0.20	Muy bajo

Fuente. Grados de vulnerabilidad tomados de la metodología para el análisis de la vulnerabilidad [11]

8.10. Transposición de caudales

En la siguiente tabla se presenta los caudales máximos anuales de la cuenca para un histórico de datos de 24 años (1969-1993) calculados mediante el factor de transposición:

Tabla 36. Caudales transpuestos estación Humadea.

Caudales Transpuestos m3/s
1402.443817
1206.168011
1627.586022
1288.489247
845.1712366
894.0537634
1420.360215
1817.739247
1039.072581
1470.793011
1472.55914
1663.497312
1060.050269
1583.629032
1234.72043
1049.865591
1395.516667
1190.312097
961.4413978
1067.899731
1306.150538
1247.083333
1206.658602
1677.822581

Fuente. Datos históricos de caudal Estación Rincón de Pajure, Cuenca Humadea. Departamento del Meta [50].

Estos resultados fueron ingresados al software HidroEsta, para calcular mediante la distribución de Gumbel los caudales máximos para periodos de retorno de 50 y 100 años. Esta se utilizó porque los valores extremos de caudal se ajustan en un 95% a la distribución de Gumbel. Finalmente se obtuvo como resultado:

Tabla 37. Caudales reales para los periodos de retorno de 50 y 100 años

Periodos de retorno	Caudal real
50	1977.55 m3/s
100	2120.56 m3/s

Fuente. Elaborado por autoras. 2016.

8.11. Modelo hidrológico

En el HEC-HMS se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 38. Caudales máximos simulados median HEC-HMS.

Periodos de retorno	Caudal simulado
50	1965.7 m3/s
100	2272.3 m3/s

Fuente. Elaborado por autoras. 2016.

Estos valores fueron comparados posteriormente con los caudales hallados mediante el método de la transposición para obtener caudales simulados semejantes a los reales. Por tanto, al variar el número de curva en el HMS se obtuvo los siguientes resultados:

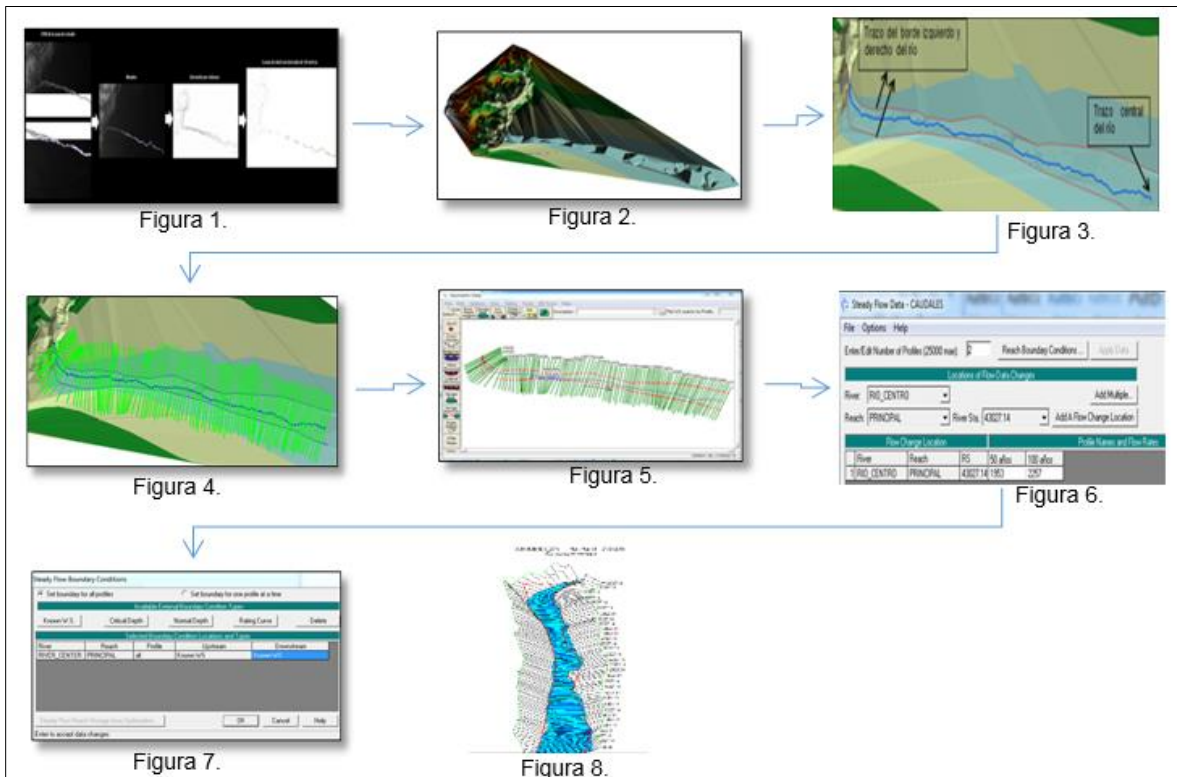
Tabla 39. Calibración del modelo HMS.

Periodo de retorno	Método de transposición Caudal real (m3/s)	Modelo hidrológico, sin calibrar Caudal simulado (m3/s)	Modelo hidrológico calibrado. Caudal simulado (m3/s)
50	1977.55	1950.4	1965.7
100	2120.56	2254.8	2172.8

Fuente. Elaborado por autoras. 2016.

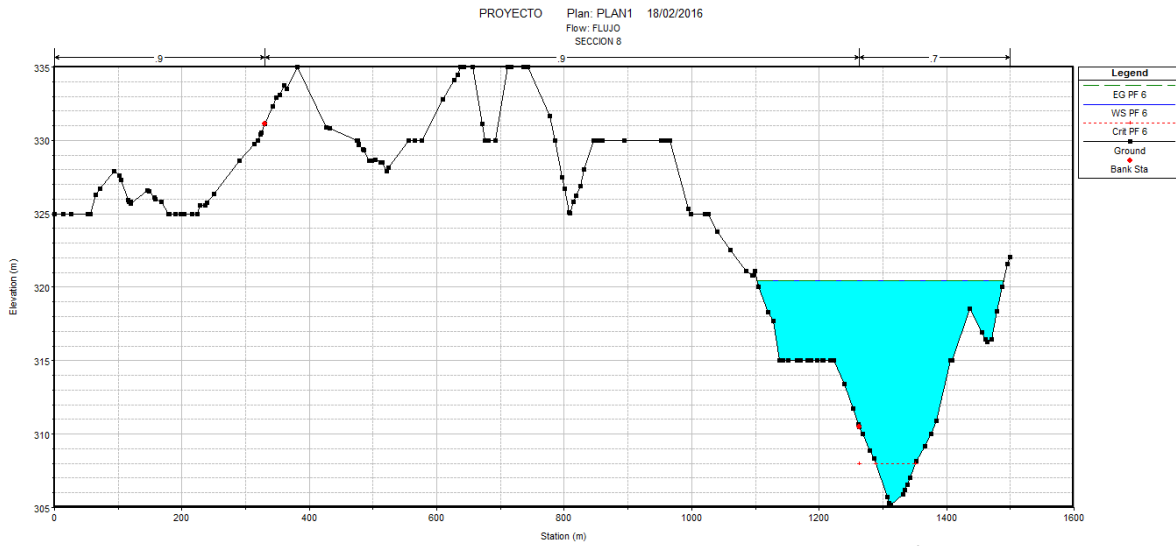
8.12. Modelo hidráulico

Imagen 4. Procedimiento para la obtención de la geometría.



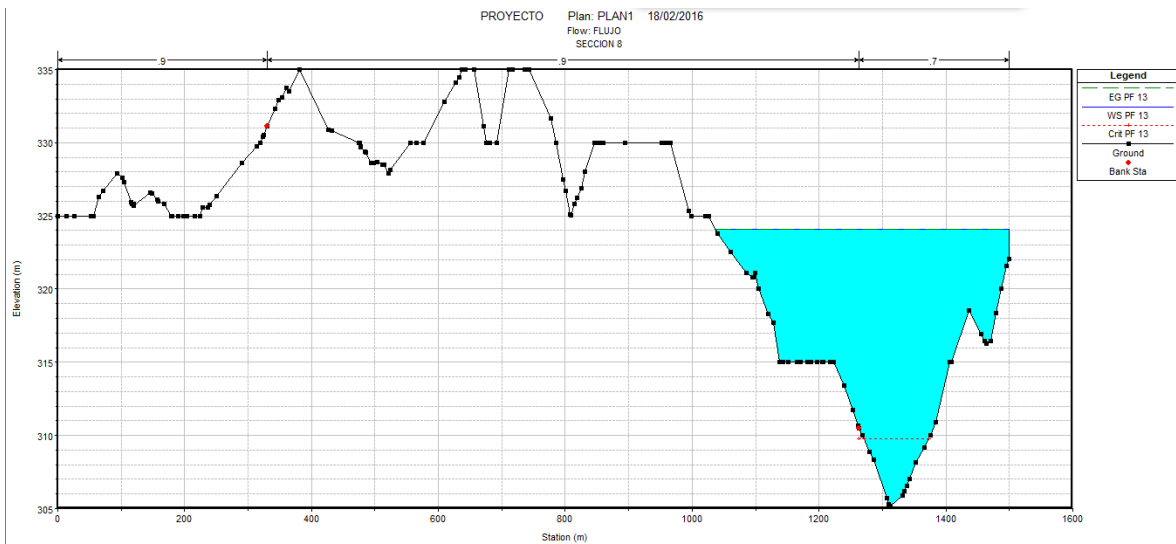
Fuente. Elaborado por autoras 2016.

Gráfica 16. T=2 años. Caudal en condiciones normales 493 m³/s. Sección 9300.



Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS⁹.

Gráfica 17. T= 50 años. Caudal 1965.7 m³/s. Sección 9300.

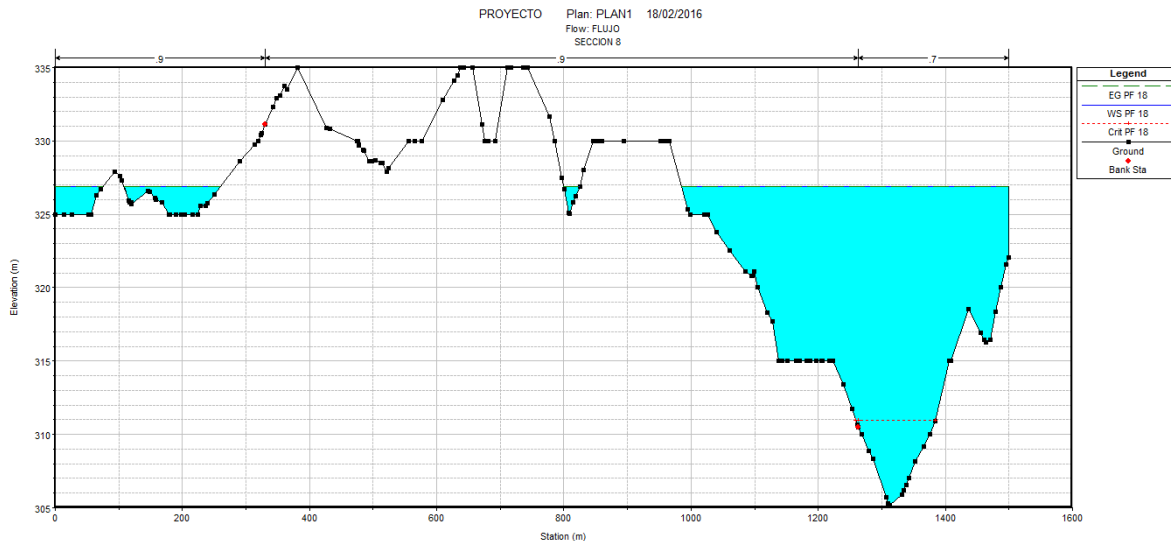


Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS¹⁰.

⁹ Hydrologic Engineering Centers River Analysis System.

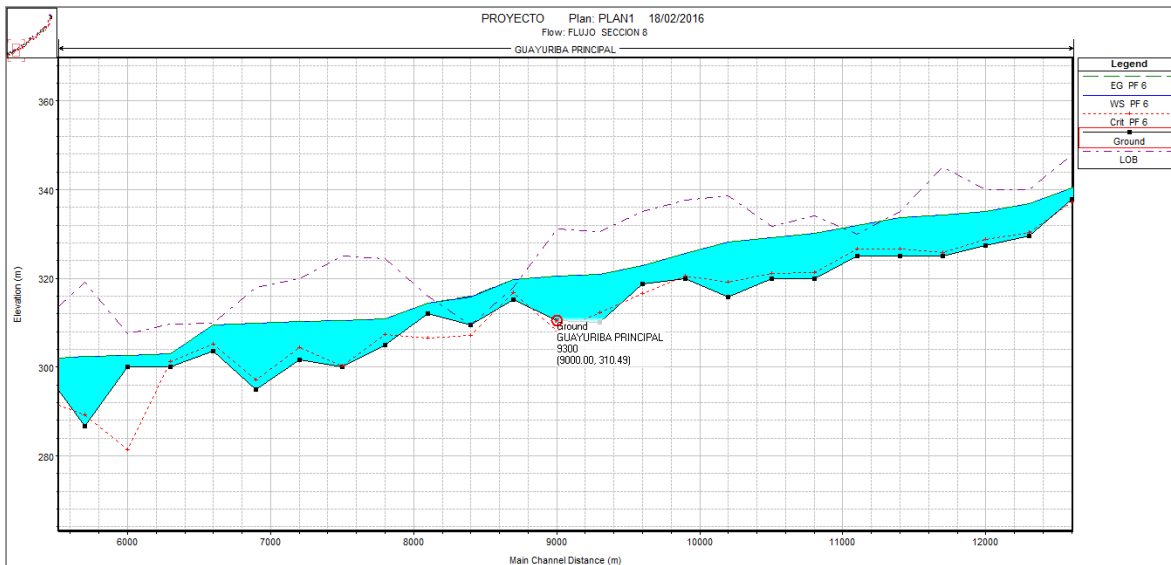
¹⁰ Hydrologic Engineering Centers River Analysis System.

Gráfica 18. T= 100 años. Caudal 2172.8 m3/s. Sección 9300.



Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS¹¹.

Gráfica 19. Perfil hidráulico T=2 años. Caudal en condiciones normales 493 m3/s. Sección 9300.

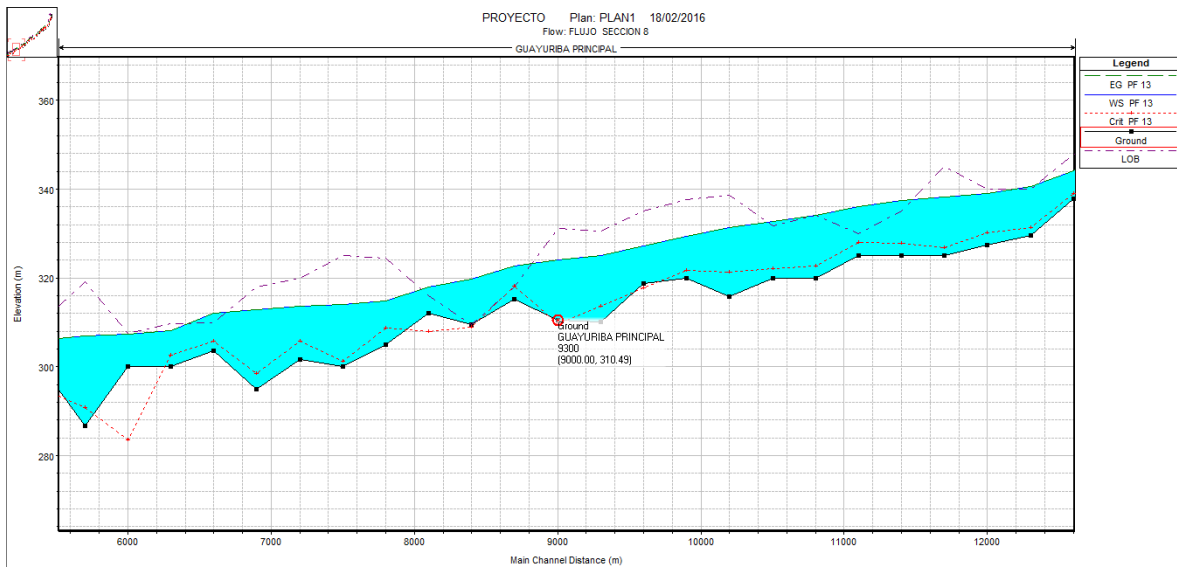


Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS¹².

¹¹ Hydrologic Engineering Centers River Analysis System.

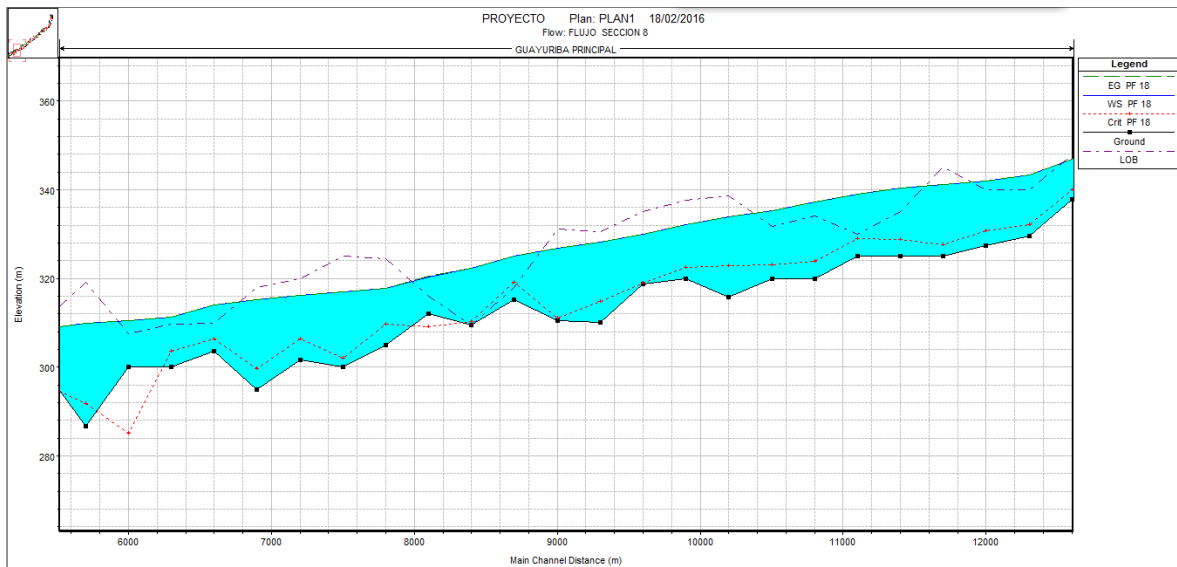
¹² Hydrologic Engineering Centers River Analysis System.

Gráfica 20. Perfil hidráulico T=50 años. Caudal 1965.7 m³/s. Sección 9300.



Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS¹³.

Gráfica 21. Perfil hidráulico T=100 años. Caudal 2172.8 m³/s. Sección 9300.

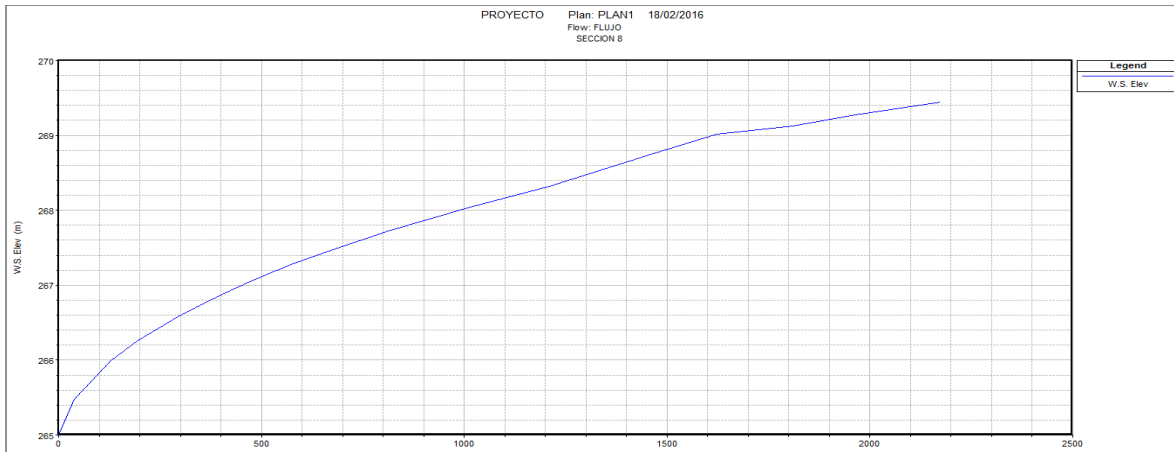


Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS¹⁴.

¹³ Hydrologic Engineering Centers River Analysis System.

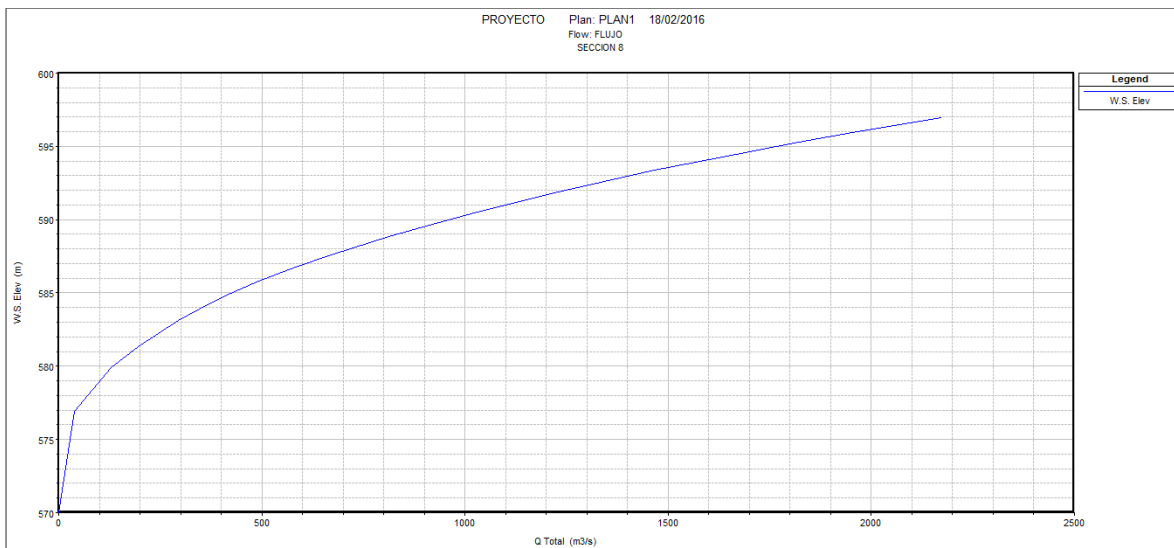
¹⁴ Hydrologic Engineering Centers River Analysis System.

Gráfica 22. Curva de gasto. Sección 0+ 300msnm



Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS¹⁵.

Gráfica 23. Curva de gasto. Abscisa 0+44100msnm

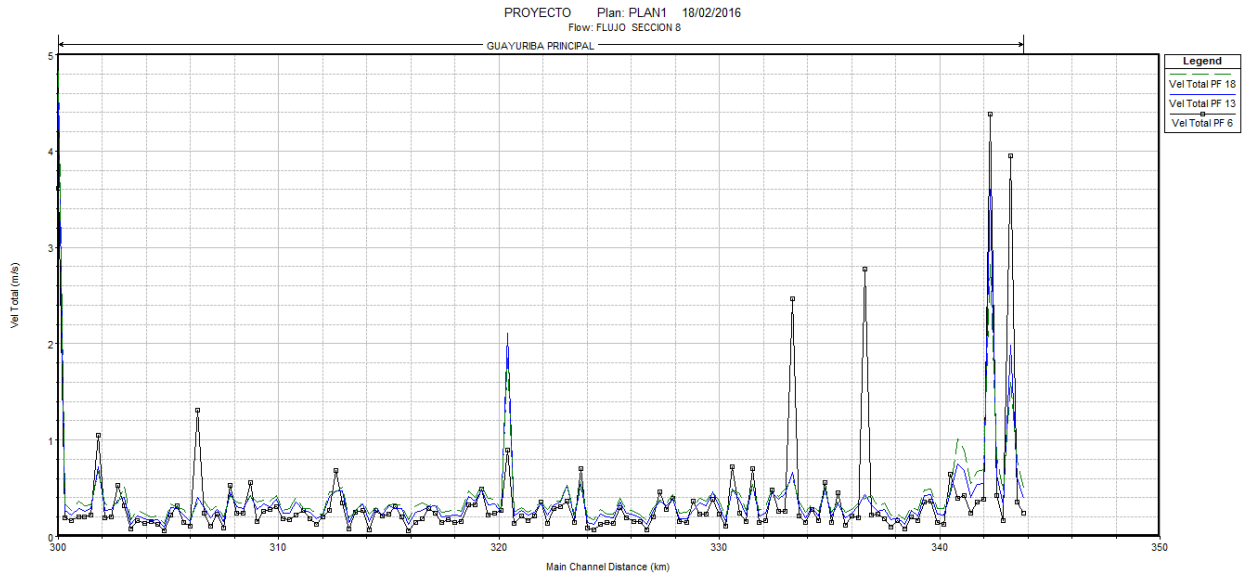


Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS¹⁶.

¹⁵ Hydrologic Engineering Centers River Analysis System.

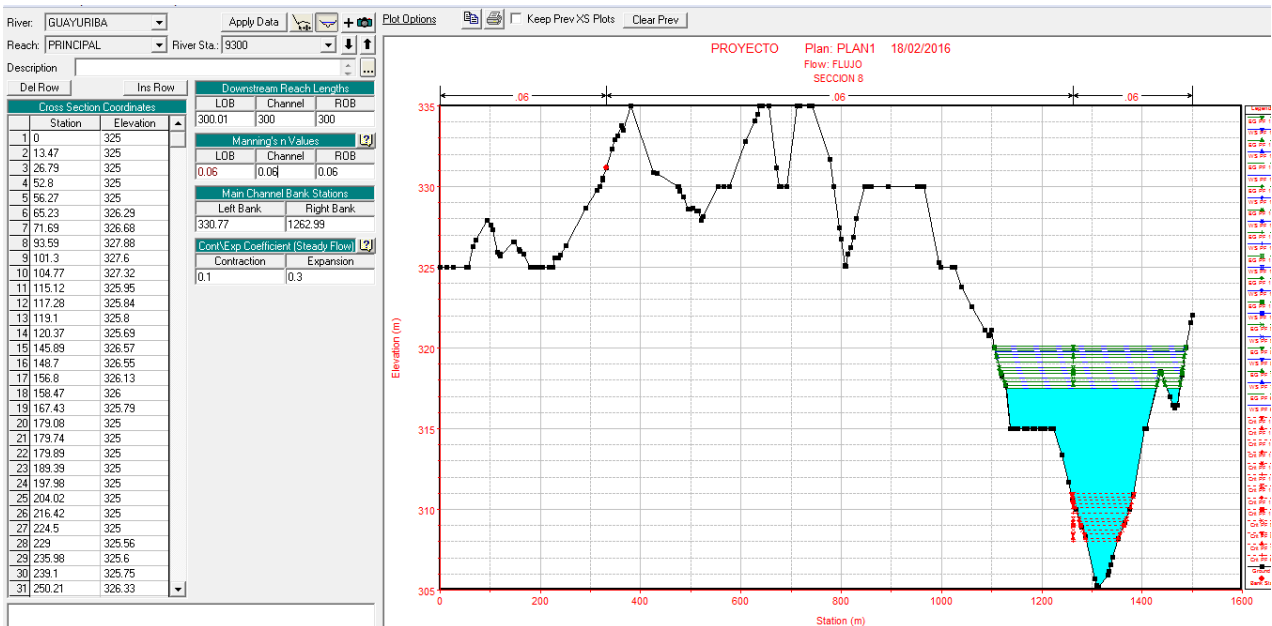
¹⁶ Hydrologic Engineering Centrs River Analysis System.

Gráfica 24. Velocidad de flujo en las secciones transversales del río Guayuriba.



Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS¹⁷.

Imagen 5. Calibración del modelo hidráulico.



Fuente. Elaborado por autoras a partir del software HECRAS¹⁸.

Para la calibración del modelo hidráulico se varió el coeficiente de Manning de 0.04 a 0.05, dando el siguiente resultado:

Tabla 40. Calibración del modelo

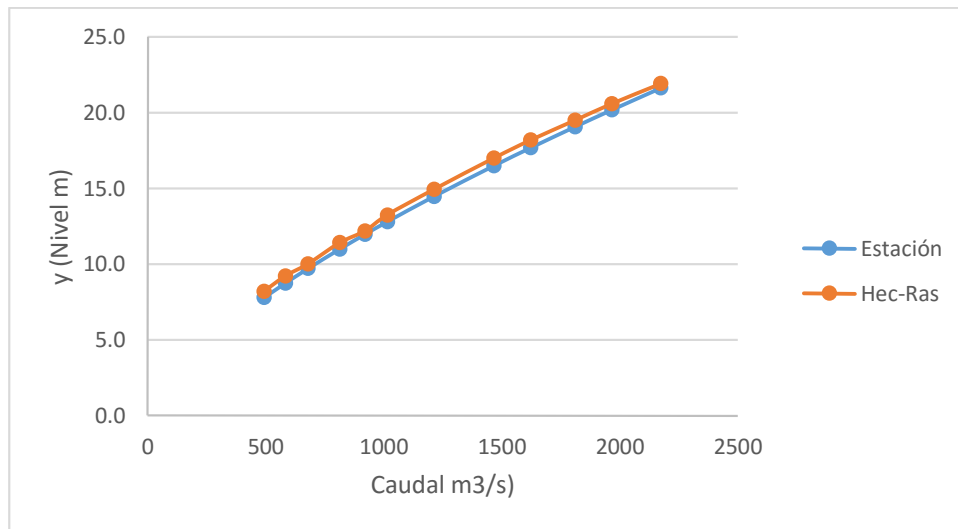
¹⁷ Hydrologic Engineering Centers River Analysis System.

¹⁸ Hydrologic Engineering Centers River Analysis System.

HEC-RAS		Curva de calibración Puente Carretera	
Caudal (m3/s)	H(m)	Caudal (m3/s)	H(m)
493	8.9	493	7.8
582	9.2	582	8.7
677	9.7	677	9.7
813	11.4	813	11.0
920	12.19	920	12.0
1014	13.24	1014	12.8
1211	14.93	1211	14.5
1466	17	1466	16.5
1623	17.82	1623	17.7
1809	19.5	1809	19.1
1965.7	21.8	1965.7	20.2
2172.8	21.92	2172.8	21.6

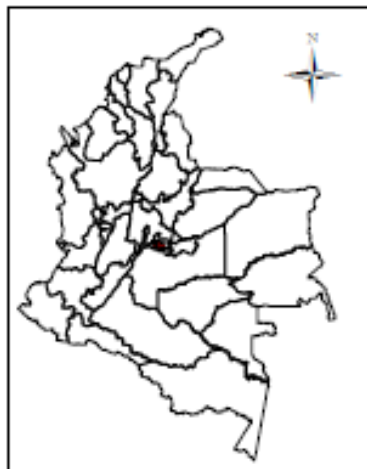
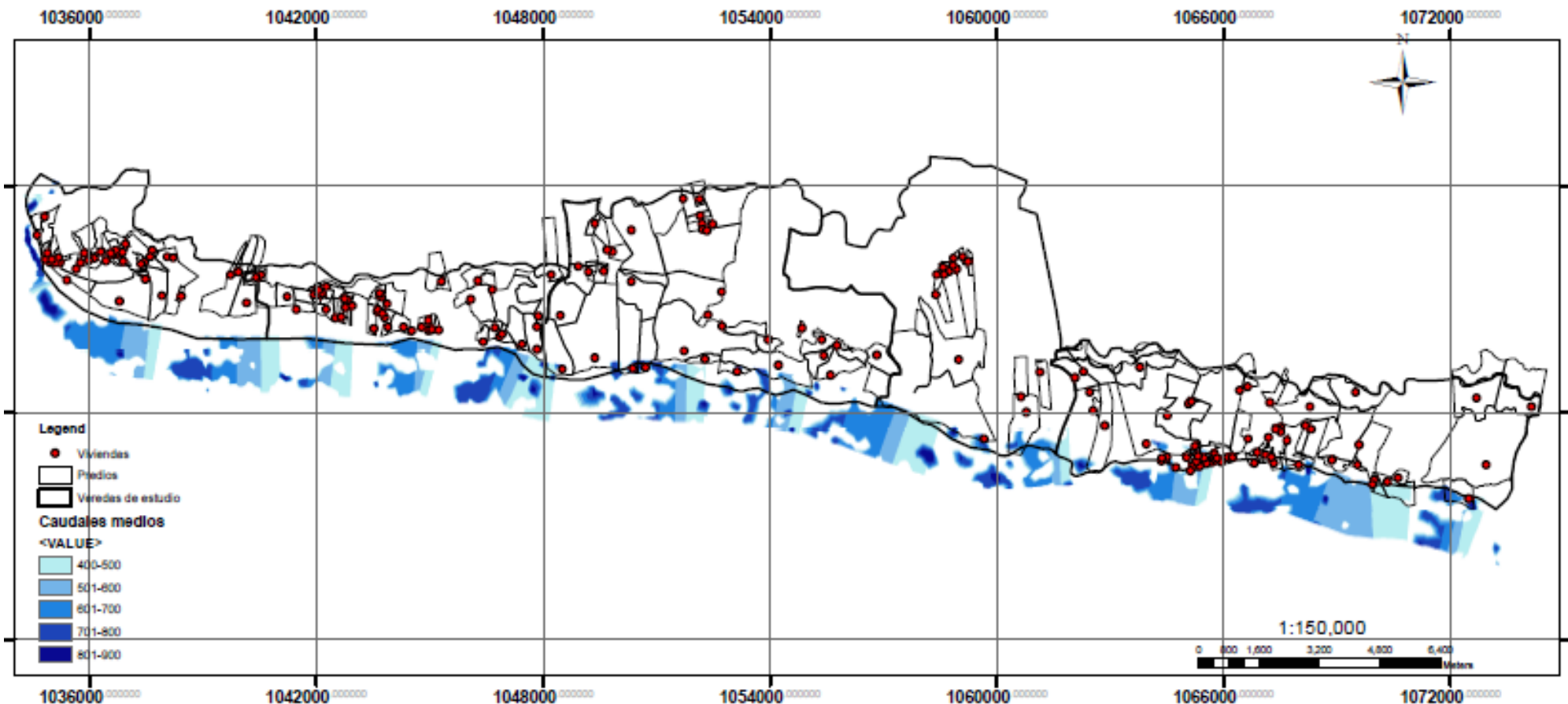
Fuente. Elaborado por autoras 2016.

Gráfica 25. Calibración del modelo



Fuente. Elaborado por autoras 2016.

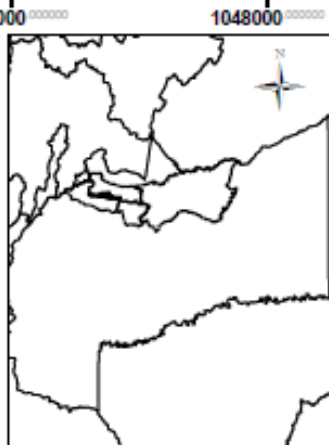
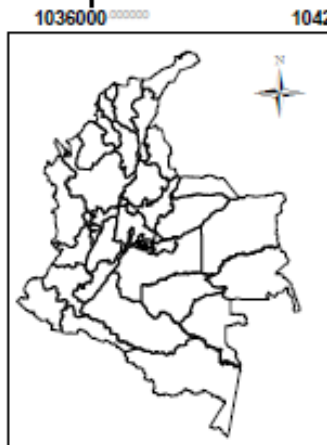
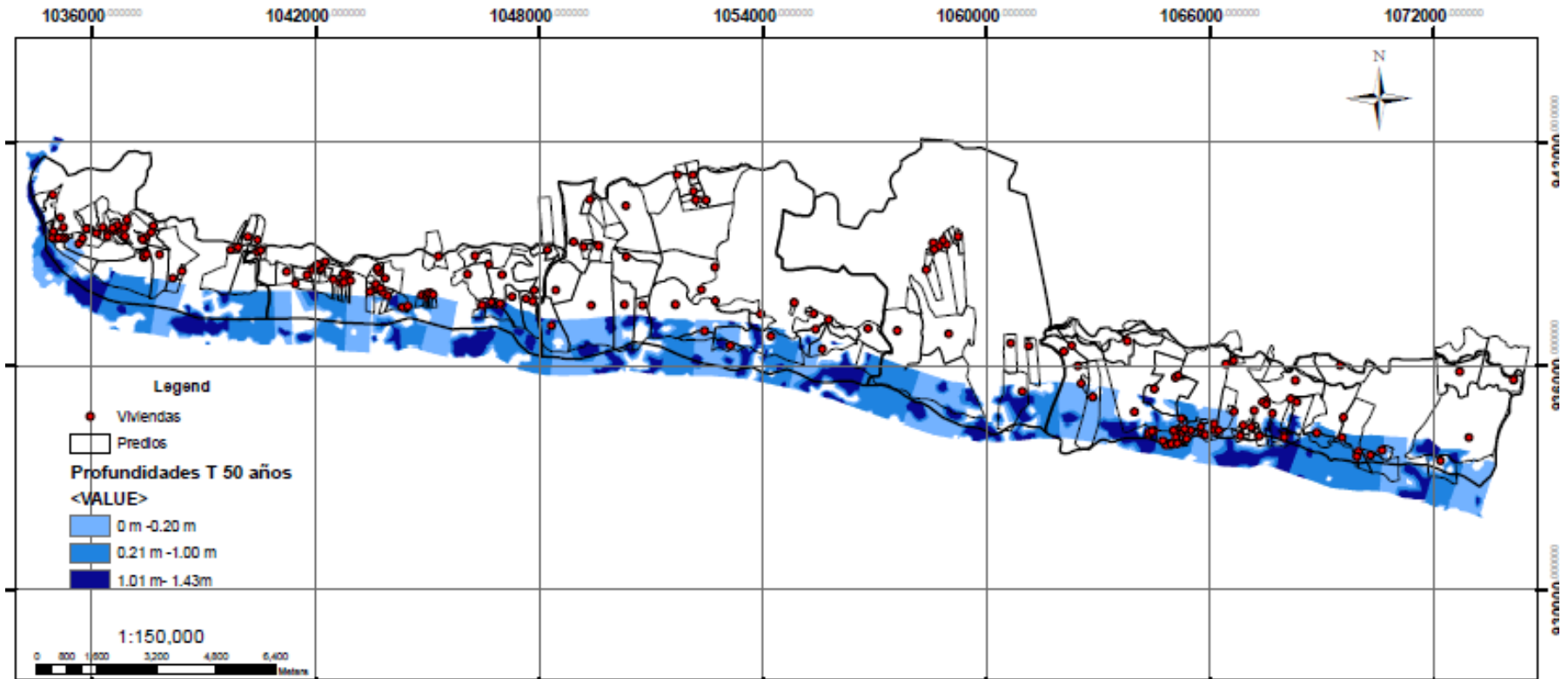

CAUDAL NORMAL CUENCA MEDIA DEL RIO GUAYURIBA DEPARTAMENTO DEL META



Coordinate System: MAGNA Transverse Mercator
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: MAGNA
 false easting: 1,000,000.0000
 false northing: 1,000,000.0000
 central meridian: -74.0775
 scale factor: 1.0000
 latitude of origin: 4.5962
 Units: Meter

Elaboró: Gómez Urrego Melixa y Cantor Hernández Alejandra
 Facultad de Ingeniería Ambiental
 Universidad Santo Tomás Bogotá D.C
 Fuente: Shapefiles suministrados por Cormacarena, Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana.
 Fecha: Febrero de 2016.

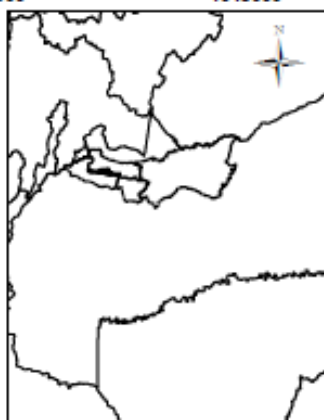
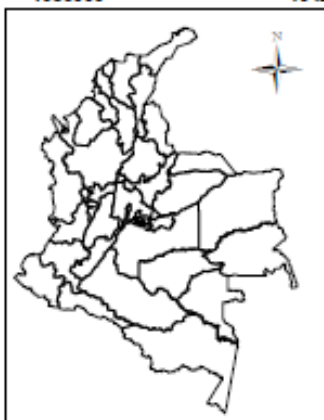
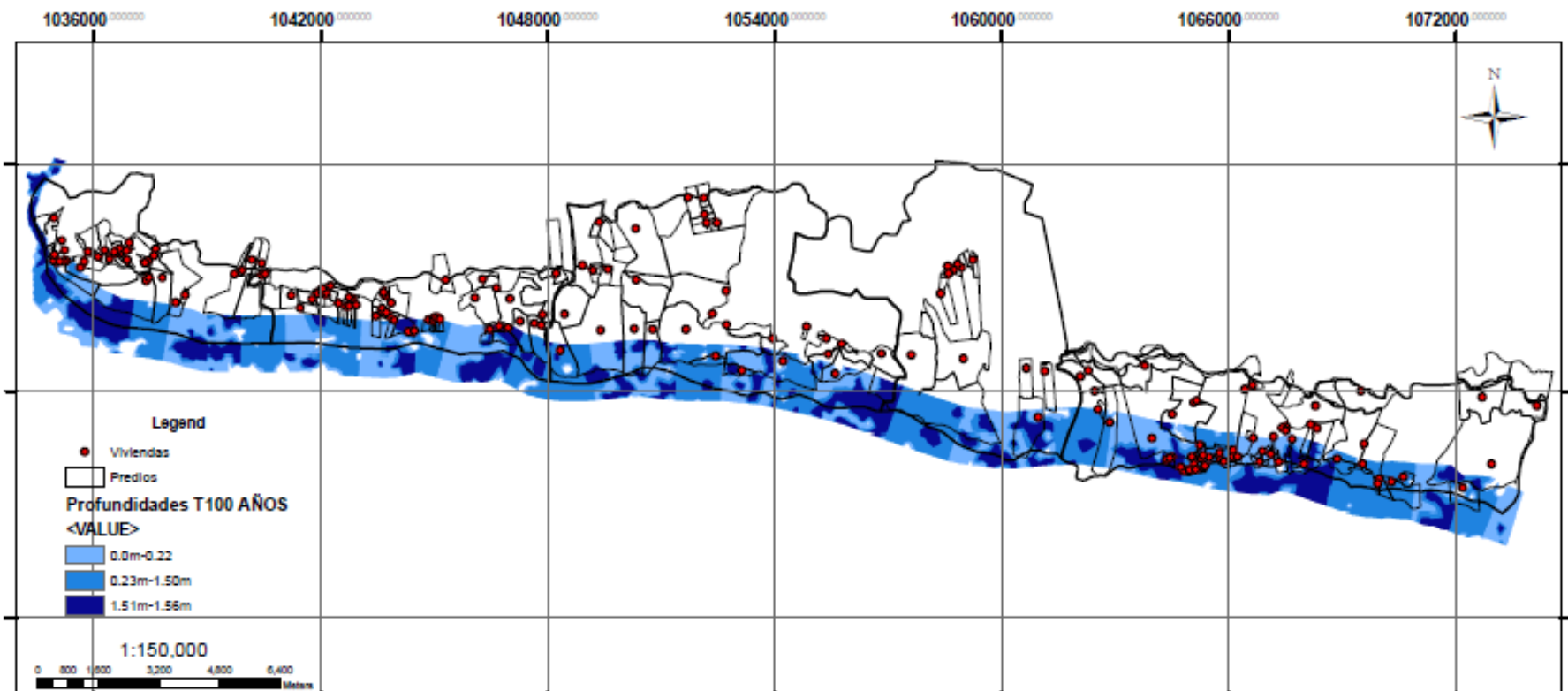
MAPA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN - CUENCA MEDIA DEL RIO GUAYURIBA DEPARTAMENTO DEL META T= 50 AÑOS

Coordinate System: MAGNA Transverse Mercator
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: MAGNA
 false easting: 1,000,000.0000
 false northing: 1,000,000.0000
 central meridian: -74.0775
 scale factor: 1.0000
 latitude of origin: 4.5962
 Units: Meter

Elaboró: Gómez Urrego Melixa y Cantor Hernández Alejandra
 Facultad de Ingeniería Ambiental
 Universidad Santo Tomás Bogotá D.C
 Fuente: Shapefiles suministrados por Comacarena, Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana.
 Fecha: Febrero de 2016.

MAPA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN - CUENCA MEDIA DEL RIO GUAYURIBA DEPARTAMENTO DEL META T= 100 AÑOS



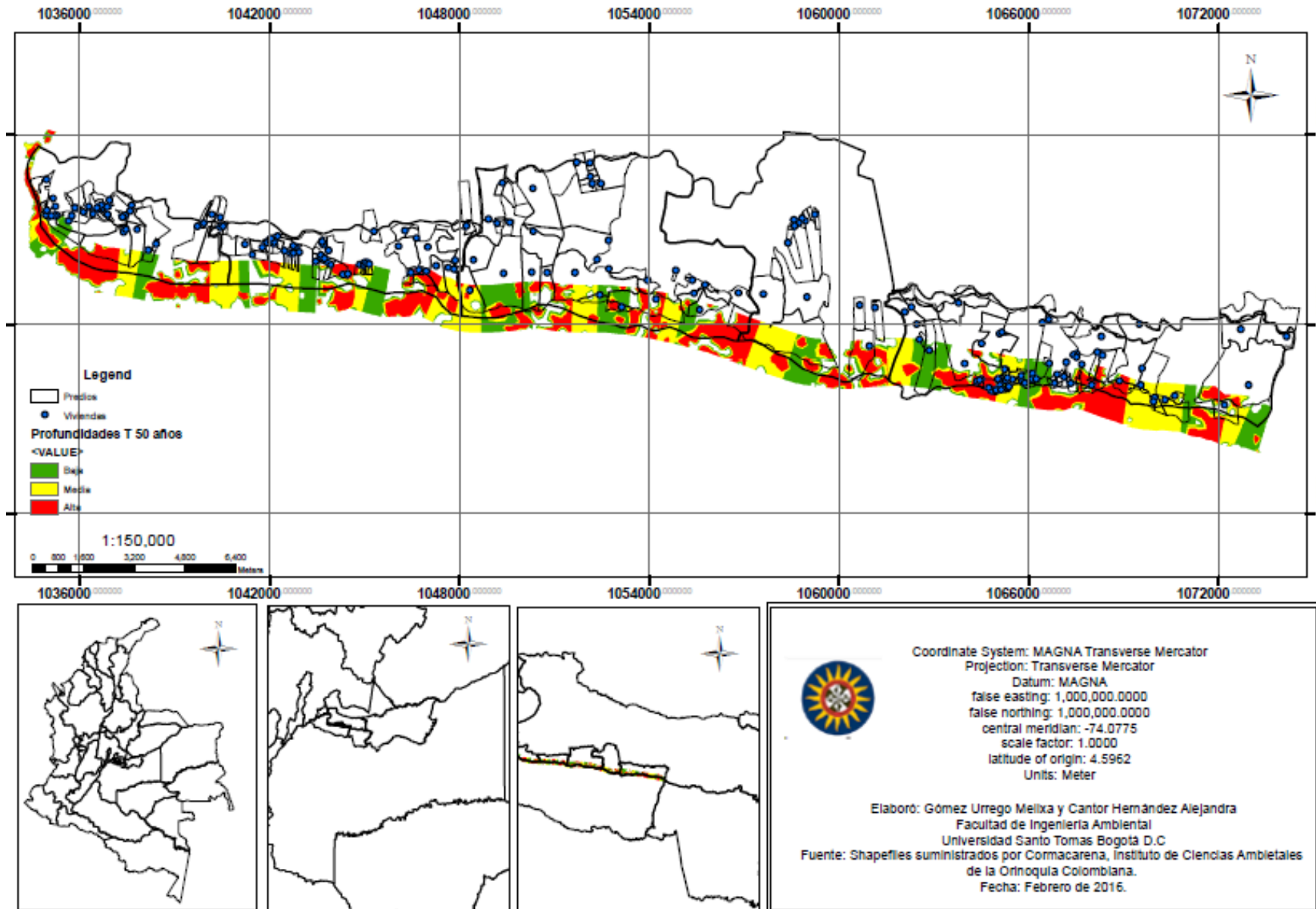
Coordinate System: MAGNA Transverse Mercator
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: MAGNA
 false easting: 1,000,000.0000
 false northing: 1,000,000.0000
 central meridian: -74.0775
 scale factor: 1.0000
 latitude of origin: 4.5962
 Units: Meter

Elaboró: Gómez Urrego Melixa y Cantor Hernández Alejandra
 Facultad de Ingeniería Ambiental
 Universidad Santo Tomás Bogotá D.C
 Fuente: Shapefiles suministrados por Cormacarena, Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana.
 Fecha: Febrero de 2016.

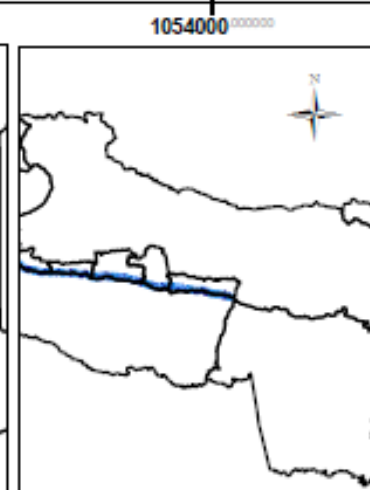
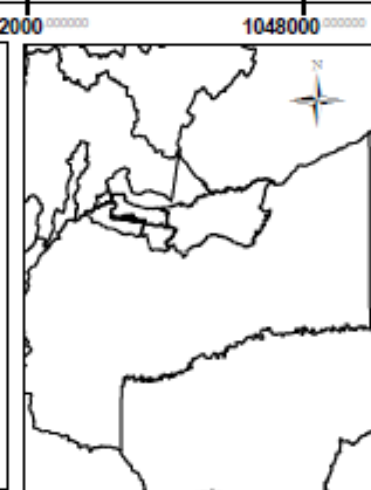
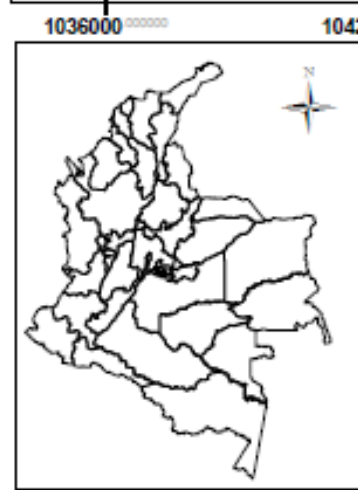
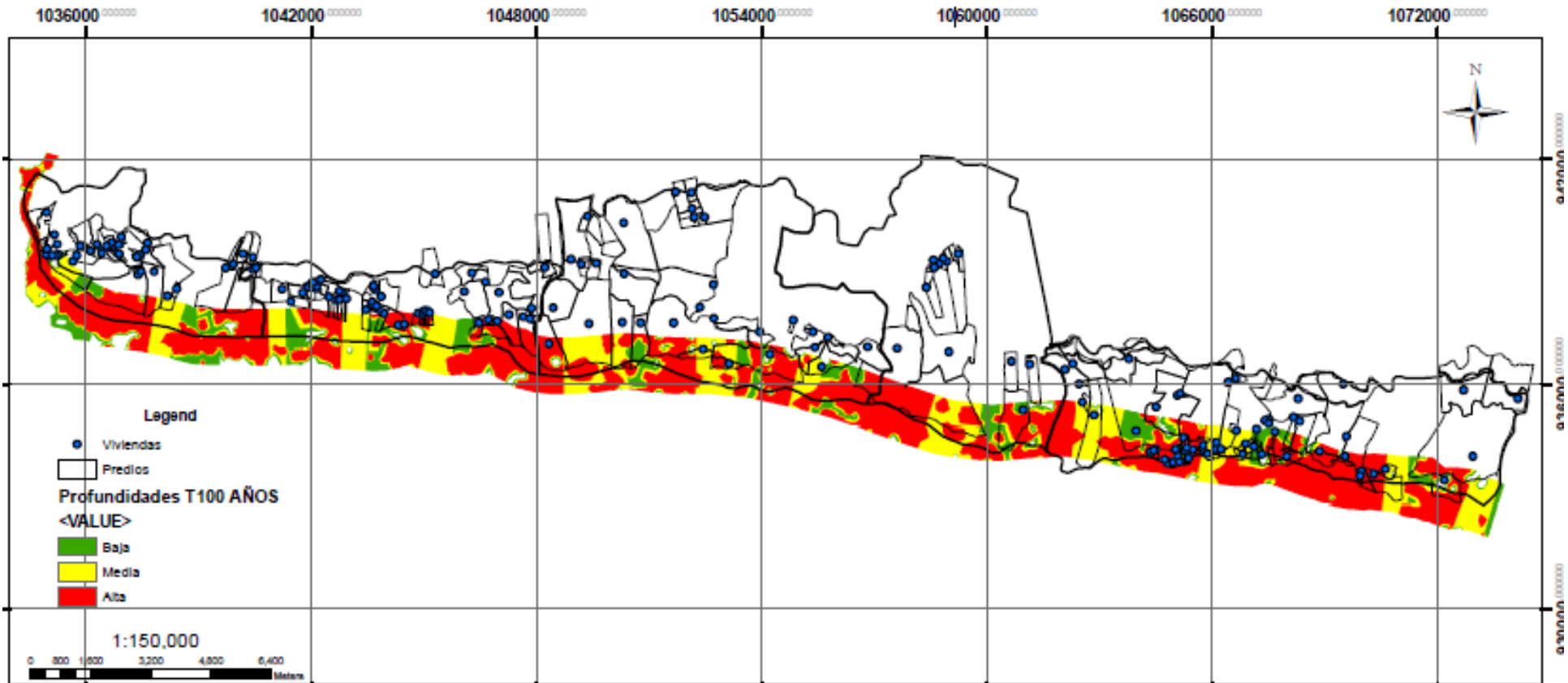
8.13. Zonificación de la amenaza

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN - CUENCA MEDIA DEL RIO GUAYURIBA DEPARTAMENTO DEL META

T= 50 AÑOS



ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIÓN - CUENCA MEDIA DEL RIO GUAYURIBA DEPARTAMENTO DEL META T= 100 AÑOS



Coordinate System: MAGNA Transverse Mercator
Projection: Transverse Mercator
Datum: MAGNA
false easting: 1,000,000.0000
false northing: 1,000,000.0000
central meridian: -74.0775
scale factor: 1.0000
latitude of origin: 4.5962
Units: Meter

Elaboró: Gómez Urrego Melixa y Cantor Hernández Alejandra
Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Santo Tomas Bogotá D.C
Fuente: Shapefiles suministrados por Cormacarena, Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana.
Fecha: Febrero de 2016.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del grado de exposición de las 48 viviendas posiblemente afectadas por la mancha de inundación:

Tabla 41. Grado de exposición a la amenaza y profundidad de inundación.

VIVIENDA	INDICADOR	GRADO DE EXPOSICIÓN	PROFUNDIDAD (m) DEL AGUA PARA T=50 AÑOS	PROFUNDIDAD (m) DEL AGUA PARA T=100 AÑOS
LA CONCEPCIÓN				
Casa Rural	Muy cercana	Muy alta	1	1.1
El Pedregal	Muy cercana	Muy alta	1	1.1
RIO NEGRITO				
Palo Negro	Alejada	Bajo	0.6	0.8
La Santillana	Alejada	Bajo	0.4	0.66
El Arbolito	Muy alejada	Muy bajo	0.65	0.78
Las Malvinas	Muy alejada	Muy bajo	0.8	0.9
Escuela	Alejada	Bajo	0.38	0.44
La Porfía	Cercana	Alta	1.41	1.56
La Primavera	Alejada	Bajo	0.23	0.32
El Consuelo	Cercana	Alta	1.4	1.5
El Recuerdo	Alejada	Bajo	0.42	0.49
Buenos Aires	Alejada	Bajo	0.76	0.83
La Esperanza	Alejada	Bajo	0.76	0.85
El Olvido	Alejada	Bajo	0.77	0.89
Las Brisas	Alejada	Bajo	0.51	0.76
La Ilusión	Alejada	Bajo	0.26	0.61
El Delirio	Muy alejada	Muy bajo	0.06	0.09
EL COCUY				
Bonanza	Muy alejada	Muy bajo	0.32	0.52
La Porfía	Muy alejada	Muy bajo	0.39	0.75
San Luís	Muy alejada	Muy bajo	0.35	0.79
La Trinidad	Muy alejada	Muy bajo	0.23	0.31
El Amparo	Medianamente cercano	Media	0.54	0.66
El Porvenir	Muy cercana	muy alta	0.94	1.08
La Providencia	Alejada	Bajo	0.28	0.5
Lote 2	Medianamente cercana	Media	0.5	0.57
LA VIGIA				
La Ceiba	Muy Cercana	Muy Alta	1.42	1.54
VEGAS DEL GUAYURIBA				
Casa invasión 1	Muy cercana	Muy alta	1.1	1.48
Casa invasión 2	Muy cercana	Muy alta	1.1	1.48
Casa invasión 3	Muy cercana	Muy alta	1.1	1.48
Casa invasión 4	Muy cercana	Muy alta	1.1	1.48
El Silencio	Alejada	Bajo	0.24	0.3
Lote 3	Alejada	Bajo	0.44	0.75
Gata Golosa	Muy cercana	Muy alta	1.2	1.5
El Bambú	Muy cercana	Muy alta	0.78	0.83
Costa Rica	Muy cercana	Muy alta	0.87	0.91
La Isabela	Cercana	Alta	0.7	0.82
Bonanza	Cercana	Alta	0.8	0.91
El Resguardo	Cercana	Alta	0.65	0.86
La Isla	Cercana	Alta	0.84	0.97
La Esperanza	Alejada	Bajo	0.5	0.8
Doña Bere	Alejada	Bajo	0.2	0.3
La Rondalla	Alejada	Bajo	0.7	0.9

El Porvenir	Muy alejada	Muy bajo	0.09	0.11
La Maloca	Muy cercana	Muy alta	0.8	1.1
Nicol Daniela	Muy cercana	Muy alta	0.78	1.11
La Despensa	Muy cercana	Muy alta	0.78	1
Los Pomarrosos	Muy cercana	Muy alta	0.93	1.13
Lote mi Ranchito	Medianamente cercana	Media	0.4	0.6
El Pellisco	Medianamente Cercana	Media	0.45	0.5

Fuente. Elaborado por autoras.

8.15. Vulnerabilidad física

Tabla 42. Análisis vulnerabilidad física de las viviendas del área de estudio con la interfaz ERN - Vulnerabilidad.

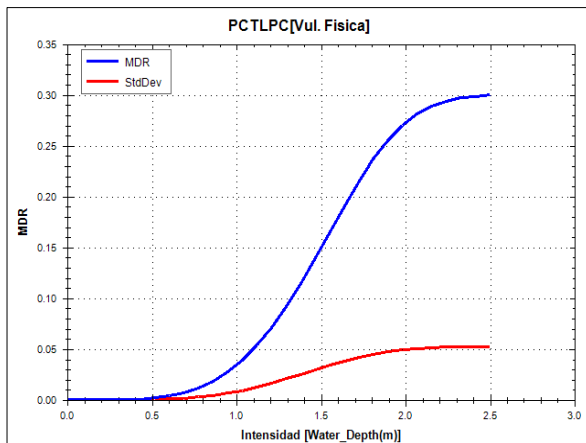
VULNERABILIDAD FÍSICA – LA CONCEPCIÓN	
Función de Vulnerabilidad	Análisis
Casa Rural – 000 – 400020206000	
<p>C1C1/Casa Rural[Vul. Física]</p>	<p>La vivienda del predio Casa Rural está constituida de paredes de cemento, ladrillo y bloque con piso en cemento y techo en lámina. Luego entonces, para un periodo de retorno de 50 años la altura de la lámina de agua es de 1.0 m, siendo el daño esperado igual a 10% con una incertidumbre de 1%, por tanto, la vulnerabilidad es baja-moderado. Para un periodo de retorno de 100 años la profundidad de inundación es de 1.1 m, cuya probabilidad de daño esperado es de 15% con una incertidumbre de 1%, teniendo así una vulnerabilidad media con un nivel del daño grave</p>
El Pedregal – 000 – 400020116000	
<p>C1C1 Pedregal[Vul. Física]</p>	<p>La vivienda del predio El Pedregal está construida de paredes de cemento, ladrillo y bloque con piso en cemento y techo en lámina. Luego entonces, para un periodo de retorno de 50 años la altura de la lámina de agua es de 1.0 m, siendo el daño esperado igual a 10% con una incertidumbre de 0.9%, por tanto, la vulnerabilidad es baja-moderada. Para un periodo de retorno de 100 años la profundidad de inundación es de 1.1 m, cuya probabilidad de daño esperado es 15% con una incertidumbre de 1%, teniendo así una vulnerabilidad física media con un nivel del daño grave.</p>

VULNERABILIDAD FÍSICA – RIO NEGRITO

Función de Vulnerabilidad

Análisis

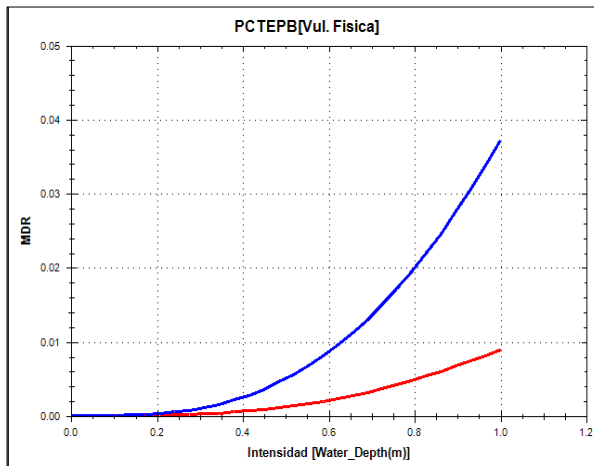
Palo Negro - 000-400070016000



La vivienda del predio Palo Negro, posee las siguientes características: paredes de concreto, techo de lámina y piso de cemento. Aunque el material del techo no es relevante para estimar el porcentaje de daño esperado por una inundación, se tuvo en cuenta en la asignación del valor del daño máximo que podría generar una determinada intensidad de dicho evento para los periodos de retorno de 50 y 100 años. Cuando la profundidad del agua (T=50 años) es de 0.6 m, el porcentaje de daño esperado es igual a cero al igual que la incertidumbre, a diferencia de una profundidad de inundación de 0.8 m (T=100 años) cuya probabilidad de daño es del 1%, con una incertidumbre cercana a cero. Cabe mencionar que el valor de la incertidumbre depende directamente de la certeza que se tenga del daño. Se puede deducir que la vulnerabilidad física de la vivienda es baja – leve para un periodo de retorno de 50 años y baja - leve para un periodo de retorno de 100 años teniendo en cuenta que el valor máximo de daño es (1%).

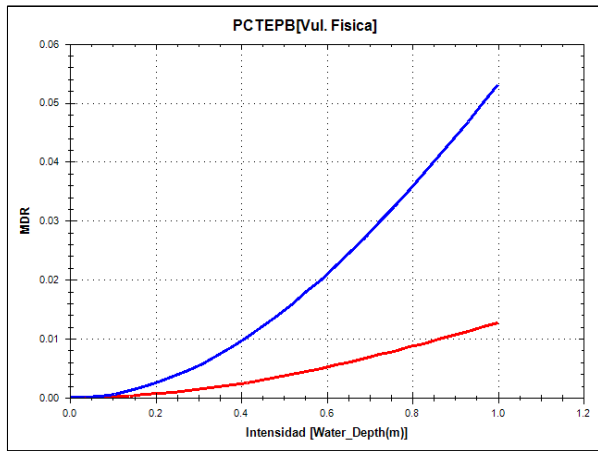
Lo anterior se establece según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Cabe resaltar que esta metodología también la aplico el servicio Geológico Colombiano en la Guía Metodológica Para Estudios De Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo Por Movimientos En Masa.

La Santillana - 000-400070131000



La vivienda del predio La Santillana, posee las siguientes características: Paredes de concreto, techo de eternit y piso de baldosa. En la función de vulnerabilidad se puede analizar que para una profundidad de 0.40 m (T=50 años), el daño esperado para la estructura de la casa es del 0.2%, siendo un porcentaje de daño poco considerable junto con el valor de la incertidumbre el cual es casi nulo. Para T=100 años, la profundidad del agua es de 0.66 m con una probabilidad de daño esperado del 0.9% y una incertidumbre de 0.2%. Al tener en cuenta el resultado del daño esperado en un periodo de retorno de 50 años, la vulnerabilidad física es baja - leve, y para el valor del daño máximo esperado, la vulnerabilidad física de la infraestructura es baja - leve en un periodo de retorno de 100 años.

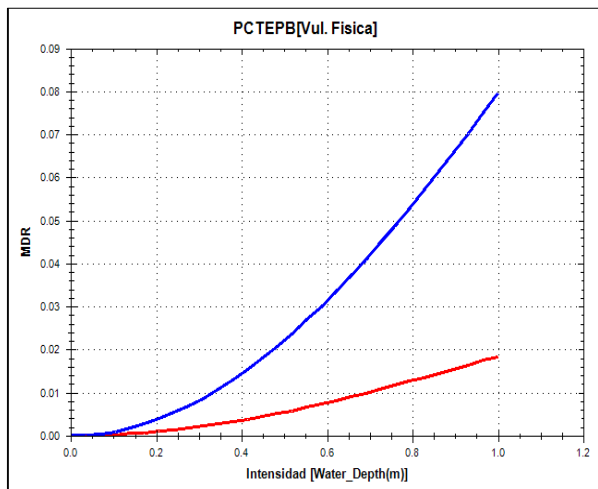
El Arbolito - 000-400070019000



Esta vivienda perteneciente al predio El Arbolito, posee las siguientes características: Paredes de concreto, techo de eternit y piso de baldosa. En la función de vulnerabilidad se puede analizar que para una profundidad de 0.65 m (T=50 años), el daño esperado para la estructura de la casa es de 2.4% con una incertidumbre 0.0016.

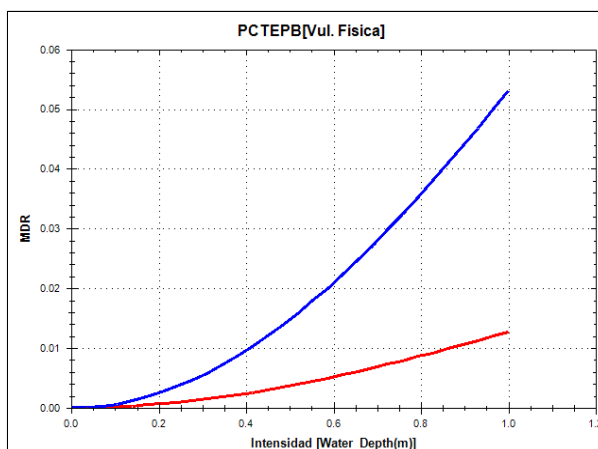
Para un (T=100 años), se tiene una profundidad de 0.78 m la probabilidad del daño esperado es de 11.5% con una incertidumbre del 0.2%. Por tanto la vulnerabilidad física de la vivienda es baja – moderado en un T=50 años y en un T=100 años la vulnerabilidad física es media.

Las Malvinas - 000-400070143000



Esta vivienda posee las siguientes características: Paredes de concreto, techo de eternit y piso de baldosa. Luego entonces, para una profundidad de 0.8 m (T=50 años) el daño esperado es de 8% con una incertidumbre del 1.8%, Por otro lado con una profundidad del 0.9 m (T=100 años) el daño esperado es de 16% con una incertidumbre de 0.03%. Por ende, la vulnerabilidad física para esta vivienda en un periodo de retorno de 50 años es baja – moderada y para un periodo de retorno de 100 años la vulnerabilidad física es media.

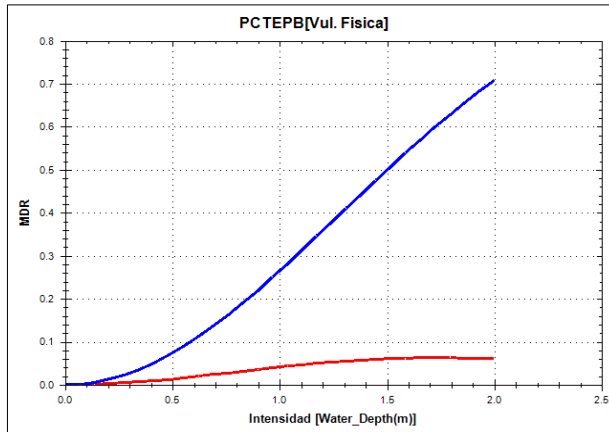
Escuela Rio Negro - 000-400070044000



La Escuela de Rio Negro, posee las siguientes características: Paredes de concreto, techo de eternit y piso de baldosa.

En la función de vulnerabilidad se puede analizar que para una profundidad de 0.38 m (T=50 años) la probabilidad del daño de la infraestructura es del 1% con una incertidumbre del 0.10%. Por otro lado, con una profundidad de 0.44 m (T=100 años), la probabilidad del daño es de 1.2% con una incertidumbre del 0.12%. Por tanto la vulnerabilidad física de la Escuela para los periodos de retorno de 50 años y 100 años es baja – leve, sin embargo, se debe tener en cuenta que esta instalación presta el servicio de educación preescolar y básica primaria, por lo que la presencia de niños es alta y considerable en el momento de evaluar el riesgo.

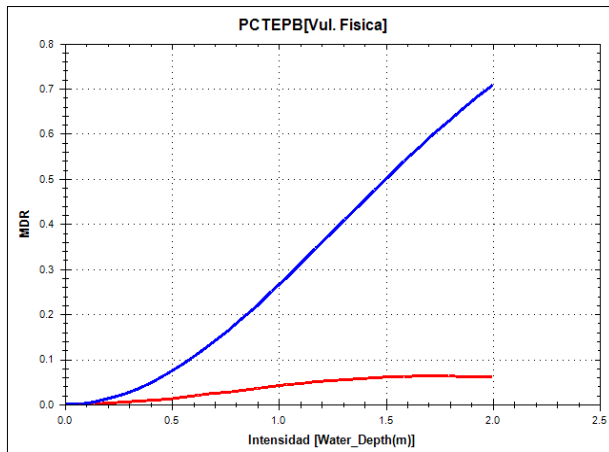
El Consuelo 000-400070049000



La vivienda del predio El Consuelo tiene las siguientes características: Paredes de concreto, techo de eternit y piso de baldosa. Esta vivienda presenta una profundidad de inundación bastante considerable; para un periodo de retorno de 50 años la lámina de agua alcanza una altura de 1.4 m para la cual se estima un daño del 43% con una incertidumbre del 5%.

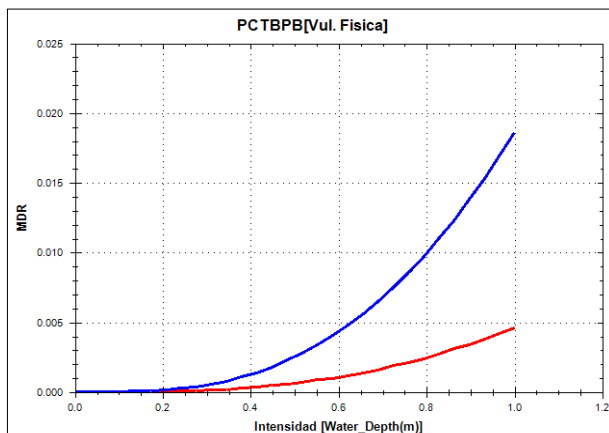
Para una profundidad de 1.5 m (T=100 años) el daño esperado es del 49% con una incertidumbre del 6%. Luego entonces, la vulnerabilidad física es media para esta infraestructura en ambos periodos de retorno (T= 50 años y T=100 años).

La Porfía - 000-400070118000



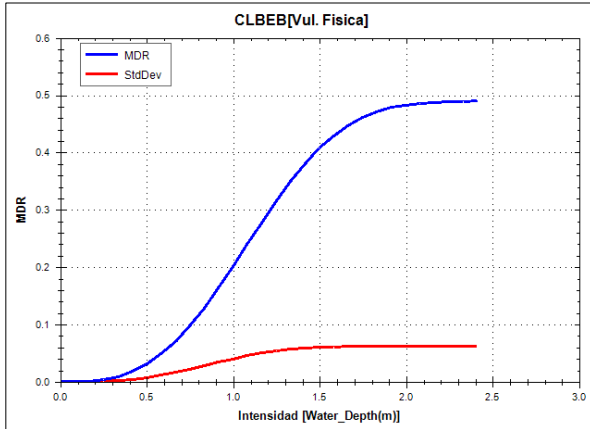
Este predio tiene las siguientes características: paredes de concreto, techo de eternit y piso de baldosa. Esta infraestructura presenta al igual que El Consuelo una profundidad de inundación considerable, pues la lámina de agua para un periodo de retorno de 50 años alcanza una altura de 1.41 m estimándose así un daño del 41% con una incertidumbre del 14%. El daño estimado para una profundidad de 1.56 m en un periodo de retorno de 100 años es del 48% con un grado de incertidumbre del 16%. Luego entonces, la vulnerabilidad física para esta vivienda en los dos periodos de retorno es media con un nivel de daño grave.

La Primavera - 000-400070046000



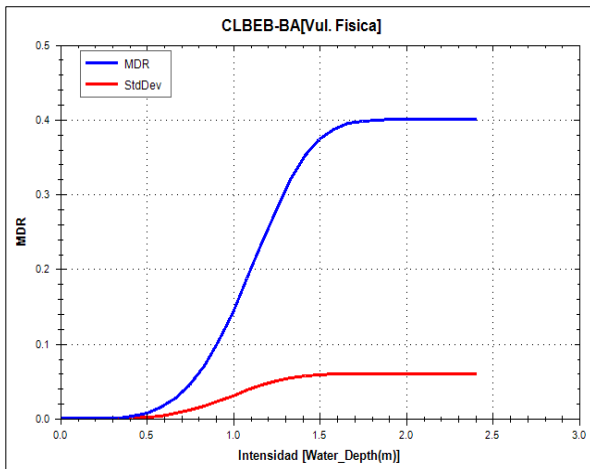
La vivienda del predio La Primavera posee las siguientes características: Paredes de concreto, techo de bahareque y piso de baldosa. Al analizar la profundidad de inundación de 0.23 m (T=50 años) y de 0.32 m (T= 100 años) la probabilidad del daño es de 0 con una incertidumbre nula. Aunque el nivel del agua sobrepase la cota de inundación para esta infraestructura, la altura del agua no es significativa y por ende el daño esperado para los periodos de retorno de 50 y 100 años es del 0%. Luego entonces, la vulnerabilidad física para esta edificación es baja – leve, ya que no se presenta ningún tipo de daño para la estructura ni los contenidos que hay en ella.

El Recuerdo - 000-400070045000



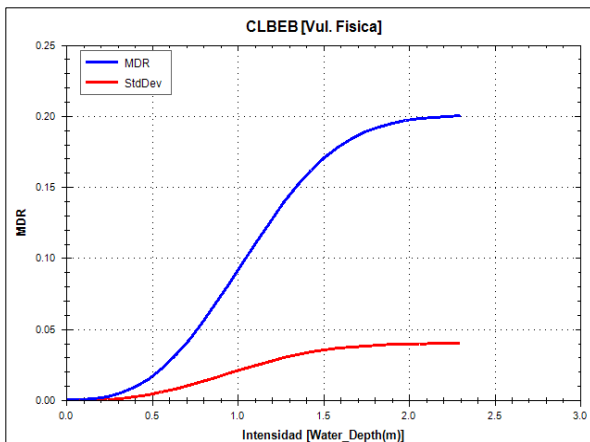
La vivienda se compone de las siguientes características estructurales: Paredes de ladrillo, concreto y bloque, techo de eternit y el piso de baldosa. En esta vivienda la profundidad de inundación para un T=50 años alcanzará una altura de agua de 0.42 m, obteniendo como resultado un porcentaje de daño esperado de 0.0016 representado un valor cercano a cero al igual que la incertidumbre. En el periodo de retorno de 100 años se obtuvo una profundidad de inundación de 0.49 m con un porcentaje de daño esperado de 0.0339 y una incertidumbre del 0.5, por tanto se puede deducir que la vulnerabilidad de la vivienda es muy baja-leve en un periodo de retorno de 50 años y baja-moderada para un periodo de retorno de 100 años.

Buenos Aires - 000-400070043000



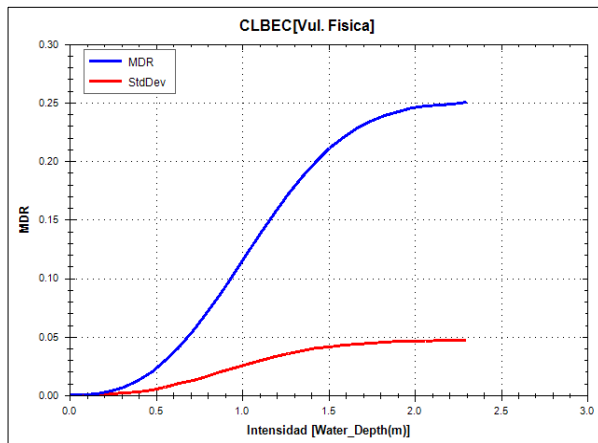
La estructura de la vivienda se compone de: Paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de eternit y piso de baldosa, En esta vivienda la profundidad de inundación para un T=50 años alcanzará una altura de agua de 0.76 m, cuyo porcentaje de daño esperado es 0.048 y la incertidumbre es de 0.0134. Para el T=100 años se obtuvo una profundidad de agua de 0.83 m con un porcentaje de daño esperado de 0.0713 y una incertidumbre de 0.01. Dado que los valores de daño máximo son de 4.8% y de 7.13%, se puede decir que la vulnerabilidad de la casa es baja con un nivel de daño moderado para los dos escenarios.

La Esperanza - 000-400070042000



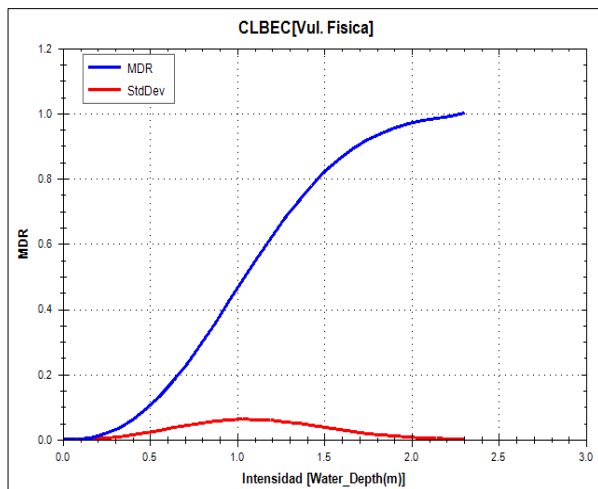
Se tiene que en la vivienda del predio La Esperanza los materiales de construcción son los siguientes: Paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de eternit y piso de baldosa; por lo tanto para un periodo de retorno de 50 años la profundidad del agua es de 0.76 m y el porcentaje de daño esperado es 0.04 y la incertidumbre es de 0.012. Para el periodo de retorno de 100 años la profundidad del agua es de 0.85 m con un porcentaje de daño esperado de 0.06 y una incertidumbre de 0.01. Según lo anterior se puede deducir que la vulnerabilidad física que se presenta en esta casa es baja con un nivel de daño moderado para ambos periodos de retorno.

El Olvido - 000-400070041000



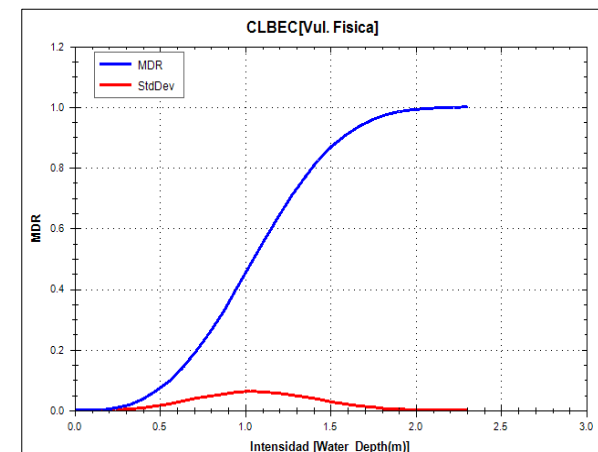
Las paredes de la vivienda se componen de concreto, ladrillo y bloque, el techo de eternit y el piso de cemento. Por tanto para un T=50 se tiene una profundidad de agua de 0.77 m con un porcentaje de daño esperado de 0.06 y una incertidumbre de 1%. Para un T=100 se tiene una profundidad de 0.89 m, con un porcentaje de daño esperado de 0.09 y una incertidumbre de 0.02. Por lo tanto, se tiene que la vulnerabilidad física de la infraestructura es baja con un nivel de daño moderado en los periodos de retorno de 50 años y 100 años.

Las Brisas - 000-400070038000



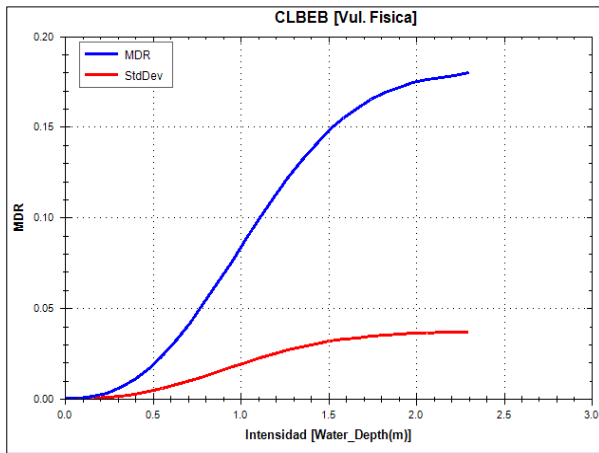
La vivienda se compone de las siguientes características estructurales: Paredes de ladrillo, concreto y bloque, techo de eternit y piso de cemento. Luego entonces, para un periodo de retorno de 50 años se tiene una profundidad de 0.51 m, con un porcentaje de daño esperado de 0.11 y una incertidumbre de 0.02. Para un periodo de retorno de 100 años se tiene una profundidad de 0.76 m con un valor porcentual de daño esperado de 0.27 y un rango de incertidumbre de 0.05. Luego entonces, esta vivienda presenta una vulnerabilidad física media con un nivel de daño grave para ambos periodos de retorno.

La ilusión - 000-400070037000



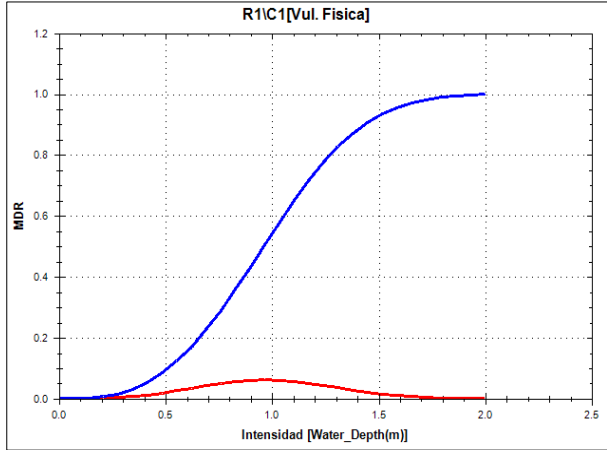
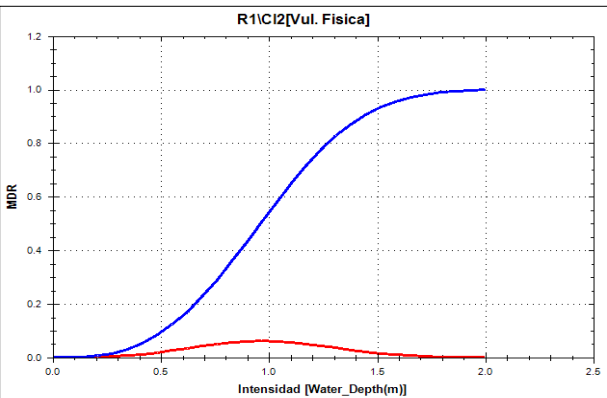
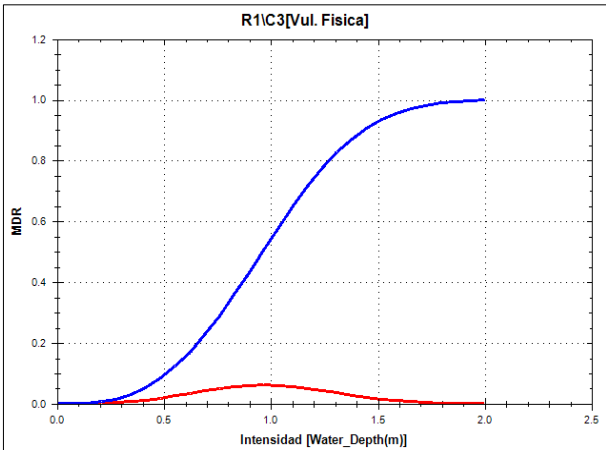
La vivienda se compone de las siguientes características estructurales: Paredes de ladrillo, concreto y bloque, techo de eternit y el piso de cemento. Por lo tanto, para un T=50 años se da una profundidad de 0.26 m con un porcentaje de daño esperado de 0.03 y una incertidumbre 0.01. Para un T=100 la profundidad de inundación es de 0.61 m con un valor de daño esperado de 0.13 y una incertidumbre de 0.03. Teniendo en cuenta los valores de daño esperado se puede deducir que la vulnerabilidad física para un periodo de retorno de 50 años es baja – moderada y para un periodo de retorno de 100 años la vulnerabilidad física es media con un nivel del daño leve.

El Delirio - 000-400070012000

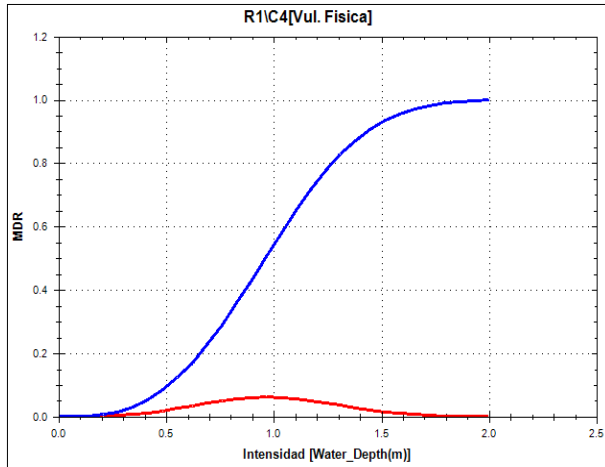


La vivienda del predio El Delirio se compone estructuralmente de las siguientes características: Paredes de ladrillo, concreto y bloque, techo de eternit y piso de cemento. Por ende, se tiene que para un periodo de retorno de 50 años la profundidad es de 0.06 m con un valor de daño esperado y de incertidumbre de cero. Para un periodo de retorno de 100 años la profundidad es de 0.09 m, luego entonces, al igual que para un T=50 años la probabilidad de daño esperado y el rango de la incertidumbre oscilan en el valor de cero, dando así una vulnerabilidad física baja con nivel del daño leve para ambos escenarios.

VULNERABILIDAD FÍSICA - VEGAS DEL GUAYURIBA

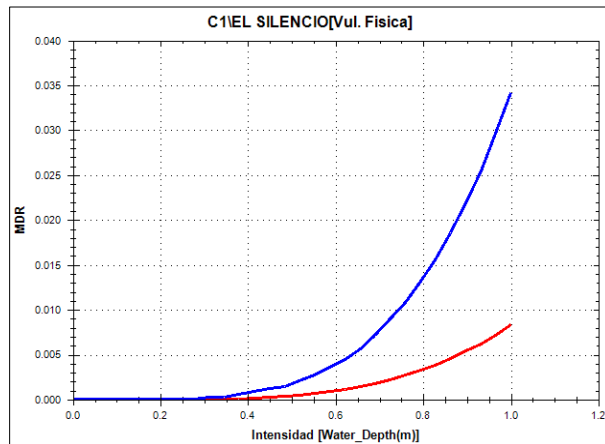
Función de Vulnerabilidad	Análisis
<p align="center">Sin registro catastral- Casa invasión uno</p> 	<p>Esta vivienda sin registro catastral se encuentra construida de ripio, teja de lámina y piso de tierra. De acuerdo a dichos materiales de la estructura, se asignó los valores de los parámetros para obtener la respectiva función de vulnerabilidad, de la cual se pudo analizar que para una profundidad máxima de 1.1 m en un periodo de retorno de 50 años, el daño esperado es del 63 % con una incertidumbre del 5%. Para T= 100 años la profundidad máxima de inundación es de 1.48 m con una probabilidad de daño esperado del 86% con una incertidumbre del 5%. Luego entonces, al obtener una probabilidad de daño máximo del 86%, y de daño mínimo del 63% la vulnerabilidad física de la estructura es alta para los dos periodos de retorno.</p>
<p align="center">Sin registro catastral- Casa invasión dos</p> 	<p>Esta vivienda sin registro catastral se encuentra construida de ripio, teja de lámina y piso de tierra. Luego entonces, en la función de vulnerabilidad arrojada por el ERN se obtuvo que para una profundidad máxima de 1.1 m (T= 50 años) el daño esperado es igual al 63% con una incertidumbre del 5% y para una profundidad máxima de 1.48 m (T=100 años) el daño es del 86% con una incertidumbre del 5%. Al tener en cuenta los resultados se puede deducir que la vulnerabilidad física de la infraestructura es alta para los periodos de retorno.</p>
<p align="center">Sin registro catastral- Casa invasión tres</p> 	<p>Esta vivienda sin registro catastral se encuentra construida de ripio, teja de lámina y piso de tierra. Luego entonces, para una profundidad máxima de 1.1 m (T= 50 años) el daño esperado es igual al 63% y para una profundidad máxima de 1.48 m (T=100 años) el daño es del 86% con una incertidumbre del 5% para los dos casos. Al tener en cuenta los resultados se puede deducir que la vulnerabilidad física de la infraestructura es alta para los periodos de retorno de T=50 años y T=100 años.</p>

Sin registro catastral- Casa invasión cuatro



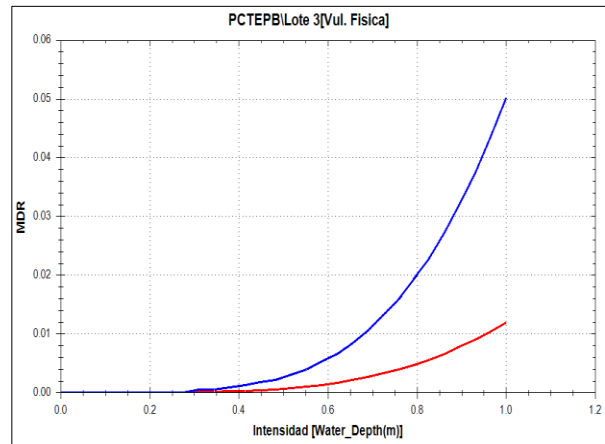
Esta vivienda sin registro catastral se encuentra construida de ripio, teja de lámina y piso de tierra. Luego entonces, para una profundidad máxima de 1.1 m (T= 50 años) el daño esperado es igual al 63% y para una profundidad máxima de 1.48 m (T=100 años) el daño es del 86% con una incertidumbre del 5% para los dos casos. Al tener en cuenta los resultados se puede deducir que la vulnerabilidad física de la infraestructura es alta para los dos periodos de retorno (50 y 100 años).

El Silencio 000-300090082000



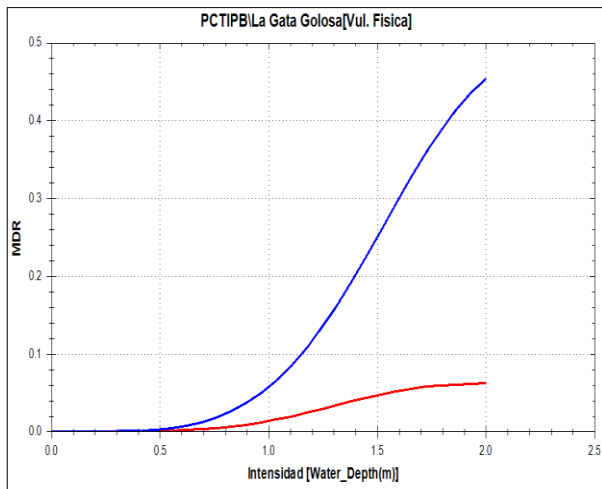
La vivienda del predio El Silencio, está constituida por ladrillo, bloque y cemento, con techo de eternit y piso de baldosa. Al analizar su probabilidad de daño se obtuvo que para una profundidad máxima de 0,24 m para un T= 50 años, la probabilidad de daño esperado para la infraestructura es del 0% al igual que el valor de la incertidumbre; para una profundidad de 0.3 m (T=100 años) el daño esperado es de 0.02%. Por tanto la vulnerabilidad física de la construcción es baja – leve para los dos periodos de retorno de 50 años y 100 años.

Lote 3 000-300090026000



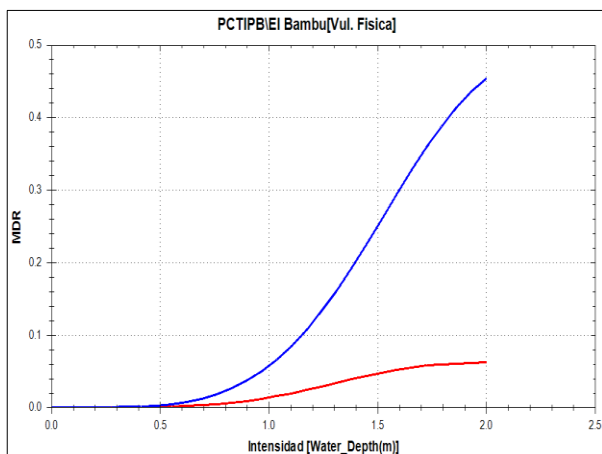
La vivienda del predio Lote 3, está constituida por ladrillo, bloque y cemento, con techo de eternit y piso de baldosa. Al analizar la función de vulnerabilidad se obtuvo que para una profundidad máxima de 0.44 m (T= 50 años) el daño esperado para la infraestructura es del 1% con una incertidumbre del 0.01%. Para un (T=100 años) la profundidad máxima de inundación es de 0.75 m y el daño esperado es de 1.5% con una incertidumbre del 0.2%. Luego entonces, la vulnerabilidad física de esta vivienda es baja – leve para los periodos de retorno 50 y 100 años.

La Gata Golosa 000-300090320000



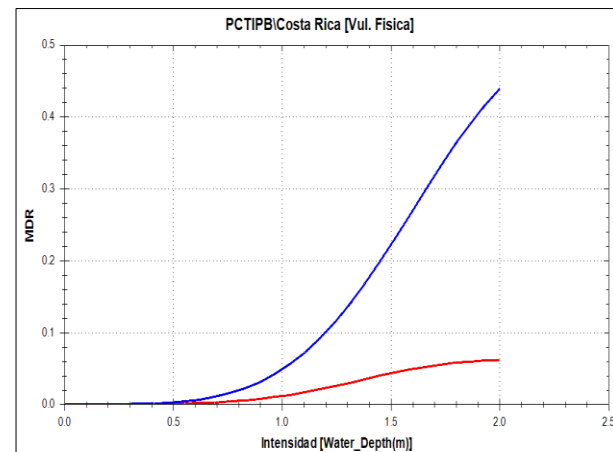
La vivienda del predio La Gata Golosa, está constituida por ladrillo, bloque y concreto, con techo de lámina y piso de baldosa. Al analizar la gráfica de vulnerabilidad se obtuvo que para una profundidad máxima de 1.2 m (T=50 años) el daño esperado es del 11% con una incertidumbre del 0.01%; para una profundidad de inundación de 1.5 m (T=100 años) la probabilidad del daño esperado es de 25% con una incertidumbre del 0.5%. Por tanto, la vulnerabilidad física para un periodo de retorno de 50 años es media y para un periodo de retorno de 100 años es media.

El Bambú 000-300090269000



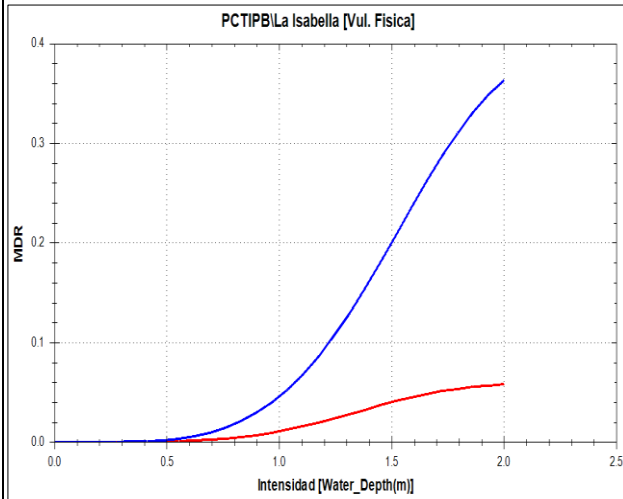
La vivienda del predio El Bambú, está constituida de ladrillo, bloque y concreto, con techo de lámina y piso de baldosa. Luego entonces, para una profundidad máxima de 0.78 m (T= 50 años) el daño esperado es del 6 % con una incertidumbre del 0.8% y para una profundidad máxima de 0.83 m en un T= 100 años la probabilidad del daño esperado es del 23% con una incertidumbre del 5%. Por tanto, la vulnerabilidad física de la infraestructura en un T= 50 años es baja – moderado y la vulnerabilidad física en un T= 100 años es media.

Costa Rica 000-300090253000



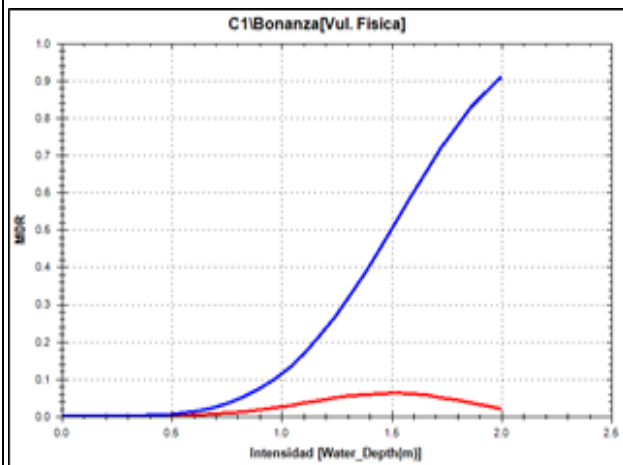
La vivienda del predio Costa Rica, está constituida de ladrillo, bloque y concreto, con techo de lámina y piso de baldosa. En esta infraestructura se obtuvo una profundidad máxima de 0.87 m para un T= 50 años, el daño esperado es de 10% con una incertidumbre del 0.1%. Para una profundidad máxima de 0.91 m en un T= 100 años, el daño esperado es de 24% con una incertidumbre del 0.4%. Por tanto, la vulnerabilidad física de esta vivienda para un periodo de retorno de 50 años es baja – moderado y para un periodo de retorno de 100 años es media.

La Isabela 000-300090233000



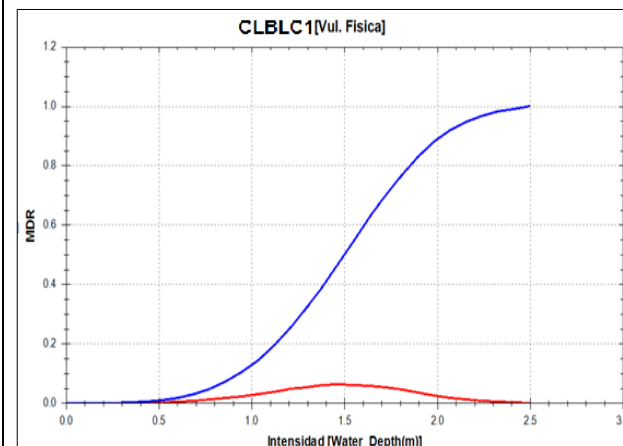
La vivienda del predio La Isabela, está constituida de ladrillo, bloque y concreto, con techo de lámina y piso de baldosa. Para esta estructura se obtuvo que para un T=50 años la profundidad máxima de inundación es de 0.7 m, con una probabilidad del daño de 2.5% y una incertidumbre del 1%. Para un T=100 años la profundidad de inundación máxima es de 0.82 m, con un daño esperado de 9% y una incertidumbre del 2%. Luego entonces, la vulnerabilidad física de esta infraestructura es baja con un nivel de daño moderado para los dos periodos de retorno (50 y 100 años).

Bonanza 000-300090300000



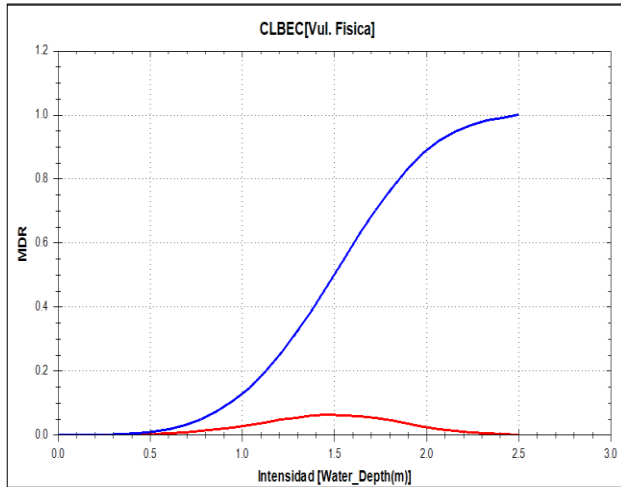
La vivienda del predio Bonanza, está constituida por ladrillo, bloque y concreto, con techo de lámina y piso de cemento. Luego entonces, para esta infraestructura se obtuvo que para un T= 50 años la profundidad de inundación es de 0.8 m, con una probabilidad de daño igual a 5.1% con una incertidumbre de 0.3%; para un T= 100 años la profundidad máxima es de 0.91 m con una probabilidad de daño esperado de 7% con una incertidumbre del 0.8%. Por tanto, la vulnerabilidad física de esta vivienda es baja con un daño moderado para los dos periodos de retorno.

El Resguardo - 000-300090300000



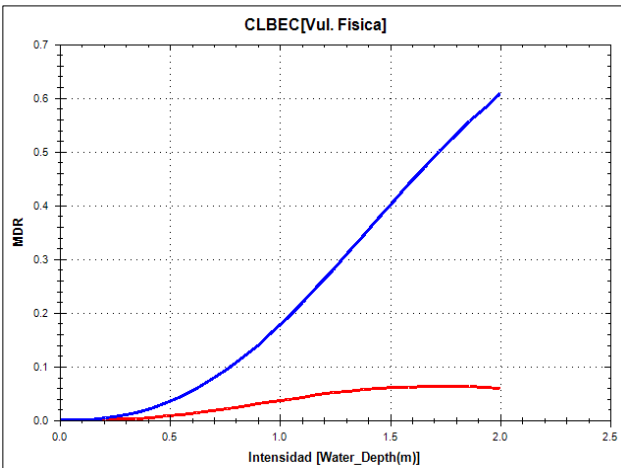
La vivienda del predio El Resguardo posee las siguientes características: Paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de lámina y piso de cemento. Para un T=50 años, la profundidad de inundación es de 0.65 m, siendo el porcentaje de daño esperado de 5% y la incertidumbre de 0.02; para un periodo de retorno de 100 años la profundidad de inundación es de 0.86 m cuya probabilidad de daño es de 13% y la incertidumbre de 0.05, cabe resaltar que el valor de la incertidumbre depende directamente de la certeza que se tenga del daño. Dados los valores máximos de daño para ambos escenarios, se puede deducir que la vulnerabilidad de la vivienda es baja con un nivel de daño moderado para un T= 50 años y media con un nivel de daño grave para un T= 100 años.

La Isla - 000-300090288000



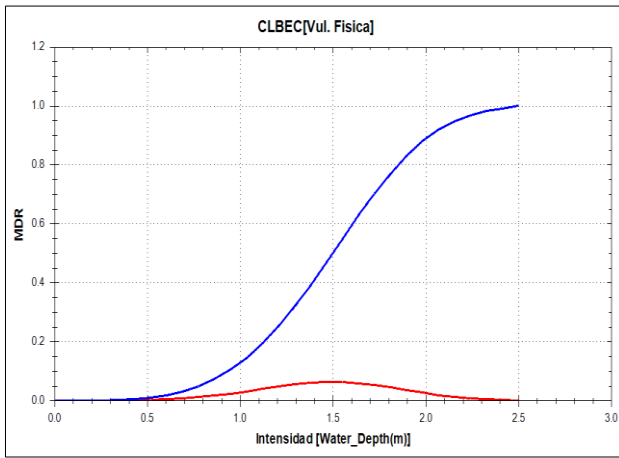
La infraestructura de la vivienda del predio La Isla se compone de paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de teja de eternit y piso de cemento. Se tiene entonces que para un periodo de retorno de 50 años la profundidad de inundación es de 0.84 m con un valor de 0.02 para la incertidumbre y 0.13 para el daño esperado. Por otro lado para un periodo de retorno de 100 años la profundidad de inundación es de 0.97 m con un porcentaje de daño esperado de 0.33 y un 0.05 de incertidumbre; por tanto, se puede deducir que la vulnerabilidad física que se presenta aquí es media con un nivel del daño grave para ambos periodos de retorno.

La Esperanza - 000-300090274000



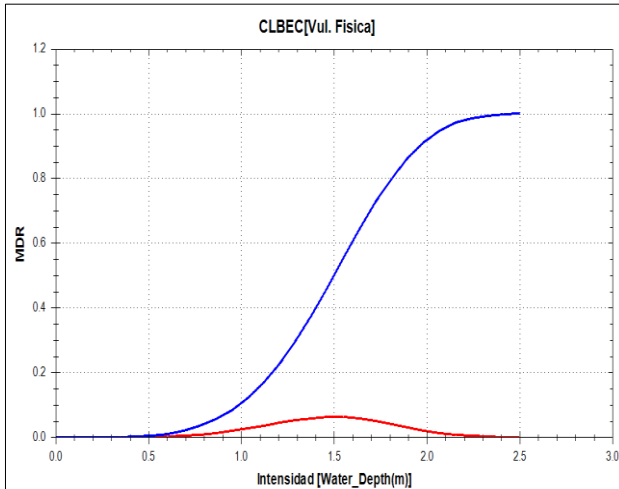
La vivienda del predio La Esperanza se compone de paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de teja de eternit y piso de concreto; se tiene entonces que para un T=50 años la profundidad de la lámina de agua es de 0.5 m con un valor de daño esperado de 0.03 y una incertidumbre de 0%. Para un T=100 años la profundidad del agua es de 0.8 m, el valor de daño esperado es de 0.11 y la incertidumbre es de 0.02. Por ende la vulnerabilidad física que tiene la vivienda de este predio es baja con un nivel del daño moderado para un periodo de retorno de 50 años y para un periodo de retorno de 100 años la vulnerabilidad física es media con un nivel de daño grave.

Doña Bere - 000-300090280000



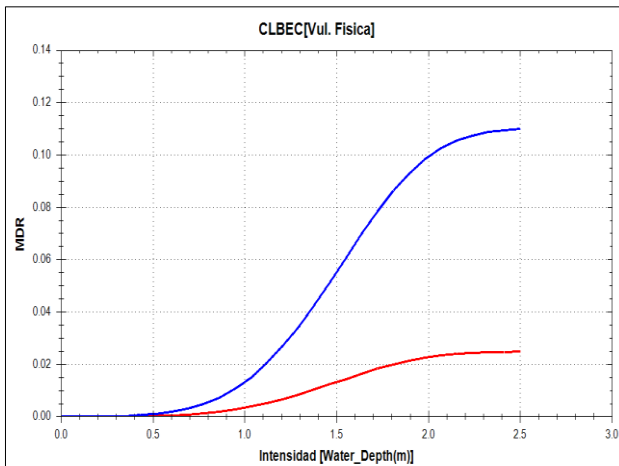
La infraestructura de la vivienda Doña Bere está constituida por concreto, ladrillo, bloque en las paredes, tejas de eternit en el techo y cemento en el piso. De este modo se tiene que para un T= 50 la profundidad de la lámina de agua es de 0.2 m, el valor de daño esperado es de 0.08 y la incertidumbre es de 0.02. Para un T= 100 la profundidad es de 0.3 m, el valor de daño esperado es de 0.10 y la incertidumbre es de 0.04, por lo tanto la vulnerabilidad física en este predio es baja con un nivel del daño moderado para los dos periodos de retorno.

La Rondalla - 000-300090197000



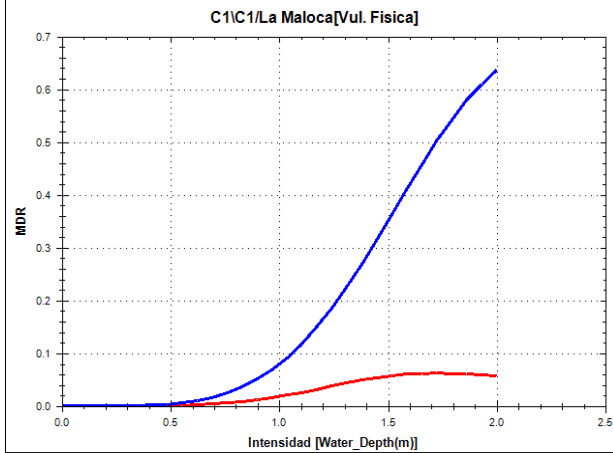
Las paredes de la vivienda La Rondalla se componen de concreto, ladrillo y bloque, el techo de tejas de eternit y el piso de cemento; por tanto, para un periodo de retorno de 50 años se tiene una profundidad del agua de 0.7 m, el valor del daño esperado es de 0.06 y la incertidumbre es de 0.01 y en un periodo de retorno de 100 años la altura es de 0.9 m, el valor del daño esperado es de 0.20 y la incertidumbre es de 0.02. Por lo tanto, la vulnerabilidad física es baja – moderado para un T= 50 años y para un T=100 años la vulnerabilidad física es media con un nivel del daño grave.

El Porvenir - 000-300090380000



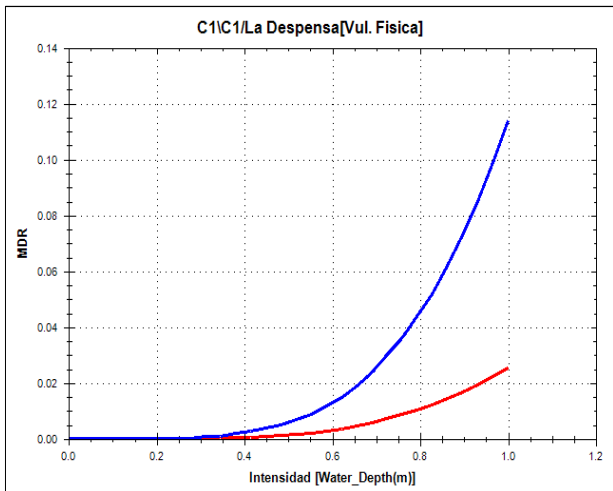
La infraestructura de la vivienda El porvenir, tiene como material de construcción: Concreto, ladrillo y bloque en las paredes, tejas de eternit en el techo y cemento en el piso. Para un T= 50 años la profundidad del agua es de 0.09 m con un valor del daño esperado de 0% y una incertidumbre de cero. Para un T=100 la profundidad es de 0.11 m, el valor del daño esperado es de cero al igual que la incertidumbre, por ende la vulnerabilidad física en esta vivienda es baja – leve para los dos periodos de retorno (50 y 100 años).

La Maloca - 000-300090317000



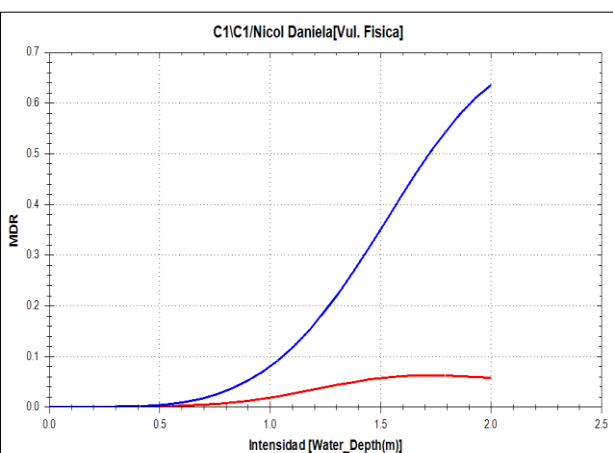
La vivienda se compone de las siguientes características paredes de Concreto, ladrillo y bloque, techo de lámina y piso de cemento. En un periodo de retorno de 50 años la profundidad del agua es de 0.8 m, el valor del daño esperado 3.6% y la incertidumbre del 1%. Para un periodo de retorno de 100 años la profundidad de la lámina de agua es de 1.10 m, correspondiendo a un valor de daño esperado de 11.8% y una incertidumbre del 2%. Se considera entonces que la vulnerabilidad física para un periodo de retorno de 50 años es baja – moderado y para un periodo de retorno de 100 años es media con un nivel grave de afectación.

La Despensa - 000-300090315000



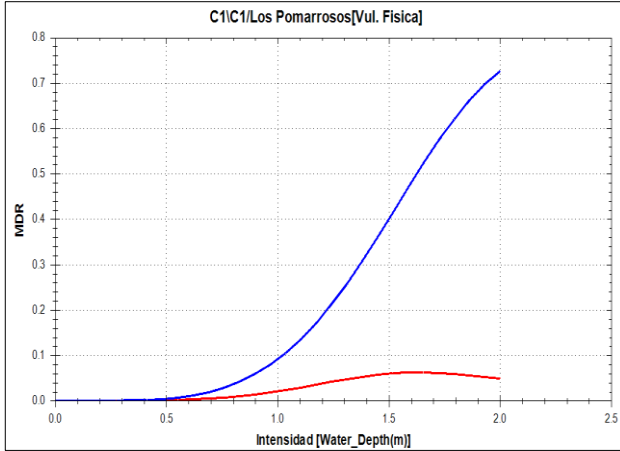
La infraestructura de la vivienda está compuesta por paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de lámina y piso de cemento. En un periodo de retorno de 50 años la profundidad de la lámina de agua es de 0.78 m con un daño esperado de 4.5% y una incertidumbre de 0.94%. En cuanto al periodo de retorno de 100 años la profundidad de inundación es de 1 m con un daño esperado de 11% y una incertidumbre de 4%. Por ende la vulnerabilidad física en este predio es baja – moderado para un T=50 años y media para un T=100 años.

Nicol Daniela - 000-300090318000



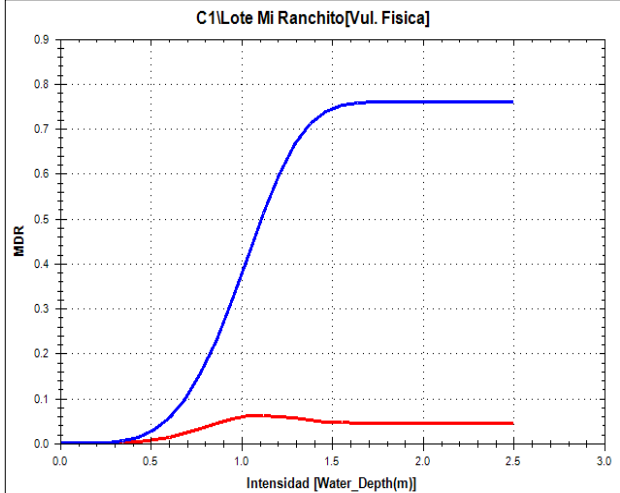
La infraestructura de la vivienda está compuesta por paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de lámina y piso de cemento. Para un periodo de retorno de 50 años se tiene una altura del agua de 0.78 m con un valor de daño esperado de 3% y de incertidumbre de 0.7%; para un periodo de retorno de 100 años se tiene una altura de agua de 1.11 m, con un valor de daño esperado de 11.6% y una incertidumbre de 2.7%, se tiene entonces que la vulnerabilidad para este predio es baja – moderado para un periodo de retorno de 50 años y media para un periodo de retorno de 100 años.

Los Pomarrosos - 000-300090319000



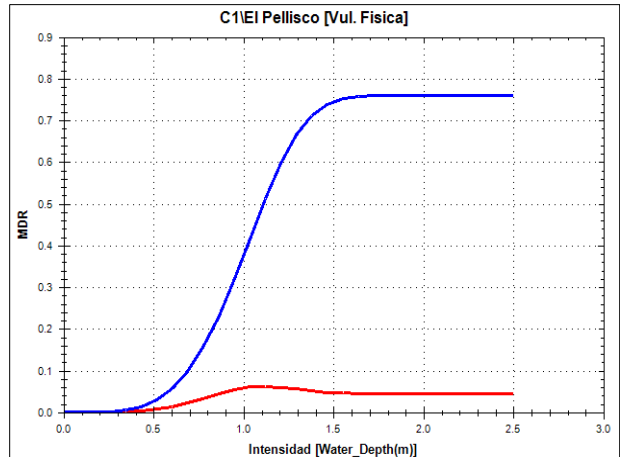
La infraestructura de la vivienda está compuesta por paredes de concreto, ladrillo, bloque, techo de lámina y piso de cemento. Se tiene entonces que para un T=50 la profundidad del agua es de 0.93 m, el daño esperado 10.34% y la incertidumbre es de 6.2%. Para un T=100 la profundidad de la lámina es de 1.13 m el valor del daño esperado es de 16% y la incertidumbre es de 2.8%, por tanto se deduce que la vulnerabilidad para esta casa es media para los dos periodos de retorno con un nivel grave de afectación (100 y 50 años).

Lote Mi Ranchito – 000-300090254000



La vivienda del predio Lote Mi Ranchito se encuentra construida de teja de eternit, piso de baldosa, paredes de concreto ladrillo y bloque, está para un T=50 años presentara una inundación de 0.4m con un valor de daño esperado igual a 2% y una incertidumbre de 1%, por tanto la vulnerabilidad física es baja- leve. Para un T= 100 años el agua podrá alcanzar una altura de 0.6m con un daño esperado de 5% con un valor de incertidumbre de 1%. Por tanto la vulnerabilidad física es baja – moderada.

El Pellisco – 000-300090212000

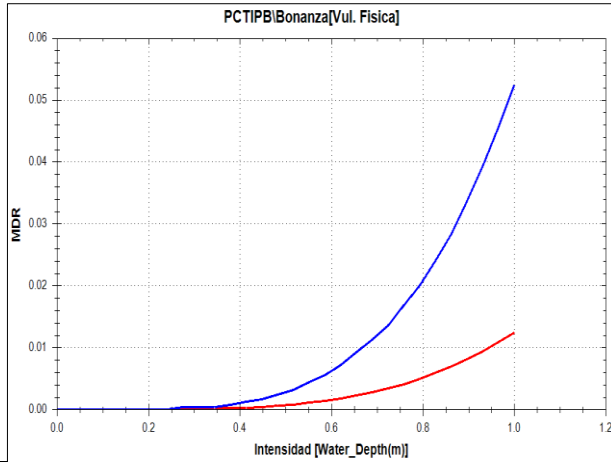


La vivienda del predio el Pellisco tiene paredes de concreto, ladrillo, con piso en cemento y tejas de lámina, luego entonces para una profundidad máxima de 0.45m (T=50), el daño esperado es igual al 2% con un valor de incertidumbre de 0.7%, por tanto la vulnerabilidad física de la vivienda es baja – leve y para una profundidad de 0.5m (T=100), el daño esperado es de 3% con una incertidumbre de 1%, siendo la vulnerabilidad física para dicho periodo de retorno baja-moderada.

VULNERABILIDAD FÍSICA - EL COCUY

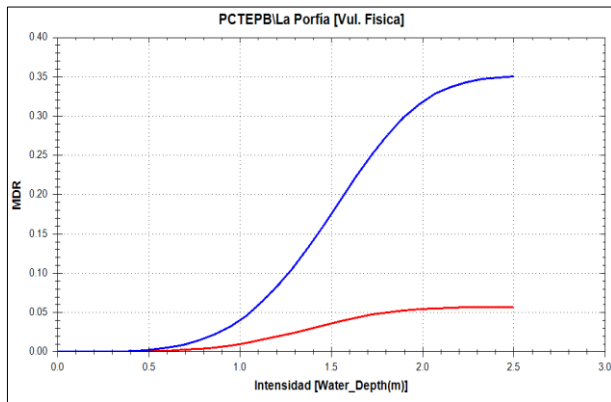
Función de Vulnerabilidad	Análisis
----------------------------------	-----------------

Bonanza - 000-400060020000



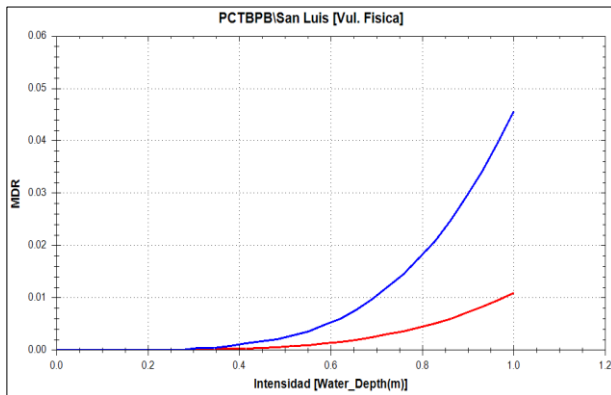
La vivienda del predio Bonanza está constituida de paredes de ladrillo, bloque y concreto con techo de bahareque y piso de baldosa. Luego entonces, para esta infraestructura se obtuvo que con una profundidad de 0.32 m en un periodo de retorno de 50 años el daño esperado al igual que la incertidumbre es casi nula (0%); para una profundidad máxima de inundación (T=100 años) de 0.52 m el daño esperado es de 3.3% con una incertidumbre igual al 0.01%. Por lo tanto, la vulnerabilidad física de ésta estructura para un T= 50 años es baja – leve y para un T=100 años baja – moderada.

La Porfia - 000-400060014000



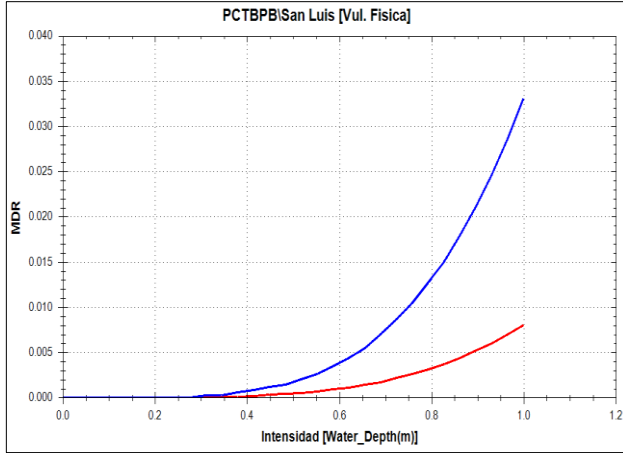
La vivienda del predio La Porfia está constituida de paredes de concreto, ladrillo y bloque con tejas de eternit y piso de baldosa. Al tener en cuenta los materiales de construcción se obtuvo que para una profundidad máxima de 0.39 m en un (T=50 años) el daño esperado para la estructura al igual que la incertidumbre son nulos, sin embargo, para una profundidad máxima de inundación de 0.75 m (T= 100 años) el daño esperado es de 1% y la incertidumbre del 0.01%. Teniendo en cuentas los valores del porcentaje del daño esperado la vulnerabilidad que presenta la vivienda es baja – leve para los dos periodos de retorno.

San Luis - 000-400060057000



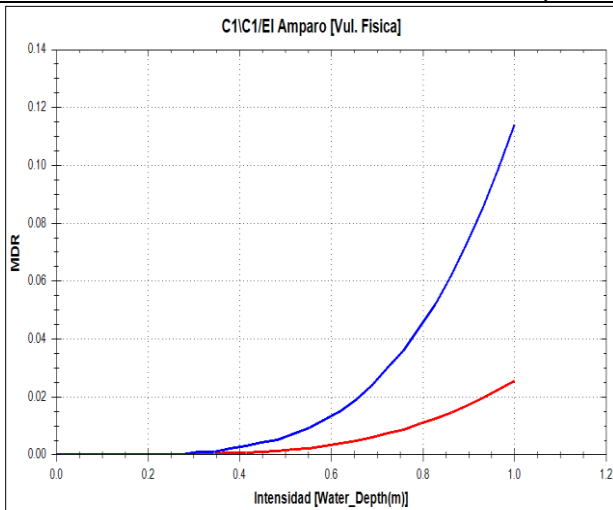
La vivienda del predio San Luis está constituida de paredes de concreto, ladrillo y bloque con techo de bahareque y piso en baldosa. Por tanto, al analizar la función de vulnerabilidad se pudo analizar que para una profundidad máxima de 0.35 m en un T=50 años el daño esperado al igual que la incertidumbre es 0%. Por otro lado para una profundidad de 0.79 m en un T=100 años, el daño esperado es de 8% con una incertidumbre del 2%. Por tanto, la vulnerabilidad de esta vivienda es baja – leve para un T=50 años y baja – moderada para un T = 100 años.

La Trinidad - 000-400060013000



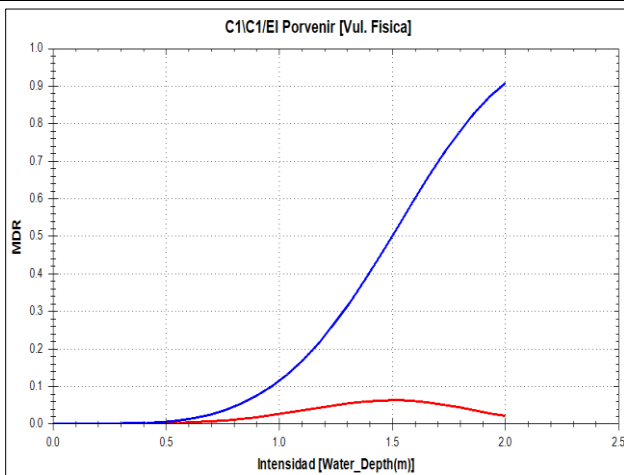
La vivienda del predio La Trinidad está constituida de paredes de concreto, ladrillo y bloque con techo de bahareque y piso en cemento. Luego entonces, se obtuvo que para un (T=50 años) la profundidad de inundación es de 0.23 m y para un (T= 100 años) la profundidad es de 0.31 m. Por tanto el daño esperado para los dos periodos de retorno es nulo, con una incertidumbre del 0%. Por ende, la vulnerabilidad de esta infraestructura es baja – leve para los dos periodos de retorno.

El Amparo -000-400060061000



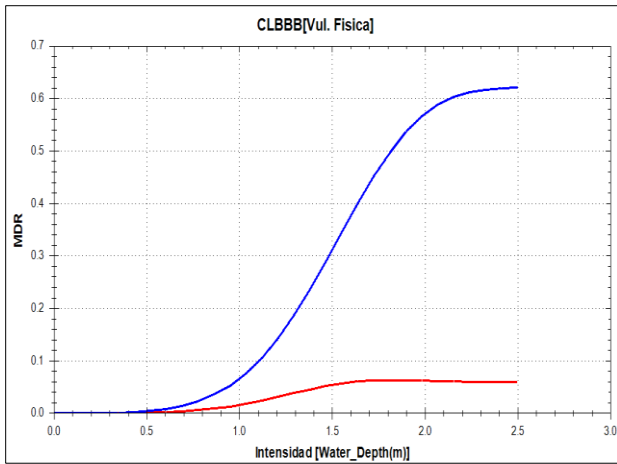
La vivienda del predio El Amparo posee las siguientes características: Paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de bahareque y piso de baldosa. La profundidad del agua en un T=50 es de 0.54m, el porcentaje de daño esperado es igual a 4.5% y la incertidumbre 0.25%. En un periodo de retorno de 100 años la profundidad de inundación es de 0.66 m cuya probabilidad de daño es de 6.1%, y la incertidumbre es 0.4, se puede deducir que la vulnerabilidad de la vivienda es baja – moderada para ambos periodos de retorno.

El Porvenir - 000-400060064000



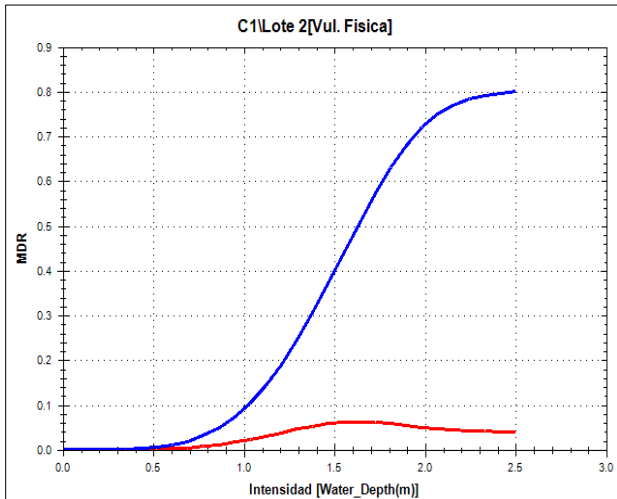
La vivienda del predio El Porvenir posee las siguientes características: Paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de bahareque y piso de baldosa. Cuando la profundidad del agua T=50 es de 0.94 m el porcentaje de daño esperado es igual a 12.1% y la incertidumbre es de 2.42%, en un periodo de retorno de 100 años la profundidad de inundación es de 1.08 m con un porcentaje de daño esperado de 15.29% y la incertidumbre es 3.05%, por tanto, se puede deducir que la vulnerabilidad de la vivienda es media para los dos periodos de retorno (100 y 50 años) con un nivel grave de afectación.

La Providencia- 000-400060063000



La infraestructura de la vivienda está compuesta por paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de bahareque y piso de baldosa. Para un periodo de retorno de 50 años se tiene una altura del agua de 0.28 m con un valor de daño esperado de 0.1% y de incertidumbre de 0%, para un periodo de retorno de 100 años se tiene una altura de agua de 0.5 m, un valor de daño esperado de 0.2% y una incertidumbre de 4%, luego entonces, se tiene entonces que la vulnerabilidad física para este predio para ambos escenarios es baja – leve.

Lote 2 - 000-400051391000



La vivienda del predio Lote 2 se compone de paredes de concreto, ladrillo, bloque, con techo en bahareque y piso en baldosa; para un periodo de retorno de 50 años se tiene una profundidad de agua de 0.5 m, por tanto el valor del daño esperado es de 1% y la incertidumbre es de 0%. Para un periodo de retorno de 100 años la altura del agua es de 0.57 m, luego entonces el valor del daño esperado es de 5% y la incertidumbre es de 0%. Por ende, la vulnerabilidad de la vivienda para T=50 años es baja – leve y para un T=100 años es baja-moderado.

Fuente. Elaborado por autoras a partir del software ERN-Vulnerabilidad V2.0.

VULNERABILIDAD FÍSICA – LA VIGIA	
Función de Vulnerabilidad	Análisis
La Ceiba - 000-400090203000	
<p>CLBEC[Vul. Fisica]</p> <p>MDR</p> <p>Intensidad [Water_Depth(m)]</p>	<p>La vivienda del predio La Ceiba posee las siguientes características: Paredes de concreto, ladrillo y bloque, techo de teja de eternit y piso de cemento. Cuando la profundidad del agua T=50 es de 1.42 m el porcentaje de daño esperado es igual a 42% y la incertidumbre es de 6%; en un periodo de retorno de 100 años la profundidad de inundación es de 1.54 m cuya probabilidad de daño es de 47% y la incertidumbre es igual a 6%. Dados los valores máximos de daño, se puede deducir que la vulnerabilidad de la vivienda es media para los dos periodos de retornos (T =50 y T= 100 años).</p>

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1. Morfometría

De acuerdo a los resultados obtenidos para los parámetros morfométricos se pudo analizar que la cuenca presenta una forma alargada haciéndola menos susceptible a crecientes, con una baja tendencia a concentrar grandes volúmenes de agua de escurrimiento debido a que su índice de compacidad sobrepasa el valor de 1; sin embargo por el valor del índice asimétrico se deduce que existe una sobrecarga en la red de drenaje hacia una de las vertientes de la cuenca, comportamiento que se analizará más adelante mediante el modelo digital de terreno (DMT). Además al ser la pendiente de 32%, clasifica a la cuenca con un relieve fuertemente accidentado, que según la clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el área puede estar afectada en un 80%¹⁹ por erosión ligera en las laderas y sedimentación hacia la superficie. Por su parte, la elevación media es un parámetro fundamental porque permite definir las características climatológicas de la cuenca, pues influye directamente en la temperatura y en la precipitación.

9.2. Climatología

Con base a los datos de la estación La libertad cuyo puntos cardinales son 4°3'27" latitud y 73° 28' 5" longitud, se pudo analizar que las temperaturas más altas en toda la cuenca se registran en los primeros tres meses del año variando desde los 27°C hasta los 27.5°C y las más bajas en los meses de junio y julio (24.4°C-24.6°C), en consecuencia la temperatura promedio anual se encuentra alrededor de los 25.9° C en toda el área de estudio.

En cuanto a la variable de evaporación se observó que esta influye de forma directa en la temperatura, pues la media mensual de la primer variable también incrementa en los tres primeros meses desde los 126.4 mm hasta los 151 mm y disminuye en junio y julio hasta los 85.9 mm en toda la cuenca, se tiene entonces que existe una evaporación promedio anual de 114 mm.

En cuanto a la precipitación en toda la cuenca, los meses críticos corresponden a enero, febrero y diciembre con valores desde los 33.1 mm hasta 93.5 mm, por tanto, existen menores caudales en los drenajes para este tiempo, lo contrario ocurre en los meses de mayo, junio y abril ya que se presenta una mayor cantidad de lluvia (364.9 mm – 423.8mm).

¹⁹ Dato del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Por otro lado, se tiene que para la precipitación media anual multianual en el área de estudio se presenta un valor de 2895 mm. Es importante resaltar que la cuenca tiene un comportamiento de tipo unimodal debido a que la zona de estudio se encuentra a barlovento de la cordillera oriental [4]. Dada a dicha ubicación, la cuenca media presenta una clasificación climática de cálido húmedo en las veredas de Rio Negrito, El Cocuy, La Vigia y Vegas del Guayuriba y de cálido super-húmedo en la parte de la vereda La Concepción [4].

Según lo anterior se puede deducir que las variables climatológicas como lo son la temperatura y la evaporación al estar en interacción constante con la dinámica del río y el ciclo hidrológico del mismo, si afectan la vulnerabilidad de la población, ya que al disminuir los valores de estas, aumentan los caudales y en consecuencia se produce el desbordamiento del cuerpo hídrico, por lo tanto la población que se encuentra en cercanías al lugar experimenta los daños de dicho fenómeno, un ejemplo de esto se evidencia en las pérdidas de infraestructuras (centros educativos, viviendas) o económicas (cultivos, ganado, predios).

Por último se tiene que al analizar el comportamiento mensual multianual de las variables climatológicas, se puede determinar que para los meses en los que existen mayores temperaturas (enero, febrero y marzo) se dan los valores más altos de evaporación, esto significa que existe una relación directamente proporcional entre estos dos elementos del clima, a diferencia de la relación que se da entre la temperatura y la precipitación, pues ésta es inversamente proporcional, es decir en los meses que se presentan las mayores temperaturas las precipitaciones tienden a disminuir, dicho comportamiento se puede evidenciar en las gráficas N°3 y N° 4. Cabe resaltar que los valores de cada variable cambian de acuerdo a las diferentes altitudes que se presentan a lo largo de la cuenca media las cuales varían desde los 300 msnm hasta los 900 msnm, incidiendo en los pisos térmicos de la zona, sin embargo, el área de estudio presenta un solo nivel, siendo este cálido [4].

9.3. Caracterización socio-ambiental

9.3.1. Población

En la tabla No. 17 se puede observar que en la Vigia del total de la población, el 66.7% corresponde a hombres y el 33.3% a mujeres; en El Cocuy predomina el género femenino con 48.3% comparado con un 51.7% que corresponde al de hombres. Estos comportamientos difieren en La Concepción ya que el porcentaje de ambos sexos es el mismo con un 50%.

9.3.1.1. Densidad de población

Para establecer el valor de la densidad poblacional se tuvo en cuenta la relación: habitantes/área del territorio, donde el número de habitantes es igual a 672 (muestra de

la población) y el área del territorio es de 128.5 Km², el resultado de esta operación fue de 5.2 hab/km², cabe resaltar que aunque la cuenca media del río Guayuriba se extiende sobre el área rural de los municipios de Villavicencio y Acacias, para el presente proyecto solo se analizaron las veredas de La Concepción, Río Negrito, El Cocuy, La Vigia y Vegas del Guayuriba que se localizan hacia la margen izquierda del cauce en Villavicencio.

9.3.1.2. Estructura de la población: Distribución por grupos etáreos

En la tabla No. 18 se representa la distribución por grupos de edades, donde se concentra más de la mitad de la muestra poblacional en el rango de edades menores a 35 años con un 56.3%, lo cual califica a los habitantes como jóvenes, incidiendo en el aumento de la población dependiente en edades. Por lo anterior, se deduce que existe un potencial de incremento debido a la actividad económica de quienes van llegando a la etapa adulta.

Además de lo anterior, es posible determinar que del total de la población de estudio, la menor cantidad de personas se encuentra en el rango de 0 a 5 años con un 5.4%, en el que predomina el género masculino con 5.8% a diferencia del más alto que se ubica en el rango de 24 a 29 años con 14.4%, representado en mayor medida por las mujeres con 15.3%.

9.3.1.3. Número de viviendas y hogares en las veredas de estudio

La tabla No. 19 muestra que la zona de estudio cuenta con un total de 187 viviendas y 168 familias distribuidas en cada una de las cinco veredas, presentándose la mayor concentración de éstas en Vegas del Guayuriba, seguido de Río Negrito, La Concepción, El Cocuy y por último La Vigia.

9.3.2. Educación

Las veredas La Concepción, El Cocuy, Río Negrito y Vegas del Guayuriba cuentan con establecimientos educativos, sin embargo no todos brindan a la comunidad la educación básica secundaria, dando como resultado el desplazamiento de la población a instituciones localizadas en el área urbana del municipio de Villavicencio. Por otra parte, es importante resaltar que La Vigia no cuenta con planteles que presten el servicio de educación, por lo que los habitantes en edad escolar deben asistir a los centros educativos de las veredas cercanas como Apiay y Barcelona.

Adicional a esto, se tuvo que durante la inundación del año 2014, si se presentó afectación en el establecimiento educativo de Río Negrito como se puede observar en el mapa N° 7, la lámina de agua que alcanzo a esta infraestructura fue de 10 cm según información que se recolecto en campo con la población afectada, aunque los daños que se presentaron no fueron mayores, se debe tener una atención especial frente a

futuros eventos de este tipo, ya que la población que se concentra allí son en su mayoría estudiantes.

A continuación se mostrarán los análisis referentes al nivel de escolaridad de la población y su asistencia a planteles educativos:

9.3.2.1. Nivel de educación de la población

En la tabla No. 21 se observan los niveles de escolaridad de acuerdo al género en promedio para las cinco veredas de estudio, en donde básica primaria se encuentra en primera posición con un 53.2%, del cual 57.4% corresponde a mujeres y 49% a hombres, ninguno ocupa el segundo lugar con 26.1%, siendo el 26.7% del género masculino y el 25.5% del género femenino, por último, se tiene que el valor más bajo de nivel aprobado es el técnico y tecnólogo con 4.6%, lo que significa que la presencia de población estudiando es muy escasa en la educación superior. No obstante, la categoría de ninguno puede estar representada en gran parte por infantes menores a los 5 años que aún no tienen la edad apta para iniciar su vida escolar y los adultos que no tuvieron la posibilidad de acceder al servicio de educación, sin embargo las razones por las cuales se presenta dicho valor porcentual no sólo se deba a ello sino también a las circunstancias de carácter estatal y familiar, las primeras condicionadas por la falta de infraestructura educativa y las segundas por la necesidad que se genera en el vínculo familiar de incluir a la población joven en actividades productivas para incrementar los ingresos.

Por otro lado se tiene que en la gráfica No. 5 se puede observar que la tendencia del nivel de escolaridad es muy similar tanto en hombres como en mujeres, sin embargo, las mujeres presentan un porcentaje más alto en el nivel de escolaridad de primaria, técnico y tecnólogo con 57.4% y 4.9%, comparado con el de los hombres con un valor de 4.9% y 4.3%. En secundaria, el género femenino presenta un valor porcentual de 19.5% a diferencia del género masculino con un 12.8%. Cabe resaltar que La realización de esta información se considera importante en el ámbito de la vulnerabilidad social, ya que si se tiene un porcentaje alto de población que no presenta ningún tipo de estudios su capacidad de recuperarse frente a un evento de inundación será más difícil a diferencia de una comunidad que presente un alto cubrimiento con respecto a esta variable.

9.3.2.2. Asistencia e inasistencia escolar por grupos de edad

Las posibilidades de acceder a niveles de educación superior se encuentran limitadas por la falta de establecimientos educativos. Ahora bien, en el caso específico de esta zona rural no se tiene la infraestructura necesaria y adecuada para atender la demanda de población estudiantil, especialmente en los niveles técnico y tecnólogo.

En la tabla No. 22 se observa que la mayor parte de la población no asiste a los centros de servicio educativo con un valor del 74.3%, lo que es preocupante desde el punto de vista social, pues más de la mitad de la población se concentra en los rangos de los 18 hasta los 35 años, por tanto, la población en edad para asistir a instituciones de educación superior es muy baja, repercutiendo de este modo en el desarrollo de la variable de educación, en el sentido en que la carencia de esta en una comunidad se convierte en un condicionante del desarrollo del territorio.

Además de lo anterior, se tiene que en la gráfica No. 6 se observar que en el rango de 6 a 11 años y de 12 a 17 años se concentra la mayor asistencia escolar con un 100%, lo que resulta totalmente idóneo debido a que toda la población que se tiene aquí está cursando algún grado de escolaridad. Por su parte, los últimos cuatro grupos de edad concentran la menor asistencia escolar con un 100%, sin embargo, el rango de 18 a 23 años muestra un porcentaje considerable de inasistencia correspondiendo a un 42.9%, indicando que aproximadamente un 50% de los jóvenes se dedican a otro tipo de actividades que no es la escolar. A pesar de que la población de 0 a 5 años presenta un elevado valor porcentual de la no asistencia, el 86.1% no es un porcentaje significativo con respecto a la presencia de niños en las instituciones educativas, pues la mayor parte de ellos no han iniciado su vida escolar, atribuyéndose a la edad que puedan tener.

9.3.2.3. Tasa de analfabetismo

En la gráfica N° 7, se obtuvo que la tasa de analfabetismo para la vereda La Concepción es de 7.4%, de la cual el 12.5% corresponde a hombres y el 2.2% a mujeres; 2.3% para Río Negrito (1.5% hombres y 3.3% mujeres), 3.8% para El Cocuy (3.7% hombres y el 4% mujeres), 7.9% para La Vigia (12% hombres y 0% mujeres), 7.8% para Vegas del Guayuriba (8.9% hombres y 6.4% mujeres), indicando que la mayor tasa de analfabetismo se concentra en la vereda La Vigia y la menor en la vereda de Río Negrito.

9.3.3. Salud

Para la realización del presente análisis se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas en campo a la población del área de estudio en las veredas La Concepción, Río Negrito, La Vigia, Vegas del Guayuriba y El Cocuy. A continuación se presenta el respectivo análisis para esta variable:

9.3.3.1. Población afiliada al sistema de salud

En la tabla No. 23 se puede observar la población que está o no afiliada al sistema de salud, por lo tanto se deduce que del total poblacional el 6.40% no se encuentra afiliado y el 93.60% si lo está, ahora bien se observa que por vereda en La Concepción el 100% de la muestra poblacional se encuentra afiliada lo que quiere decir que las

personas que habitan allí están acogidas en su totalidad dentro del régimen de salud, seguidamente en Vegas del Guayuriba se tiene el 93.93% y el 6.07%, en El Cocuy el valor porcentual es de 96.55% y 3.45%, en Río Negrito se tiene un 12.08% y 87.92% de la muestra poblacional que está afiliada y no lo está respectivamente para el área de estudio. Por último, se tiene la vereda de La Vigia que por su poca densidad poblacional se encuentra en el último rango con un 87.50% de afiliados y un 12.50% de no afiliados.

En cuanto a la gráfica No. 8 se observa con mayor claridad lo explicado anteriormente con respecto al porcentaje de afiliación y no afiliación en cada una de las veredas del área de estudio; cabe resaltar que el porcentaje más alto de no afiliación se encuentra en La Vigia, seguido de Río Negrito, Vegas del Guayuriba y El Cocuy, sin embargo, el porcentaje de no afiliación no es significativo respecto al porcentaje de población afiliada.

Por último se tiene que los resultados anteriores indican que la prestación de los servicios de salud en las veredas manifiestan la calidad de vida de las personas, ya que esta variable repercute en la buena o mala capacidad productiva de los individuos al momento de desempeñar sus actividades diarias, por tanto, se deduce que en La Concepción existe un alto cubrimiento de este servicio ya que toda la población está afiliada a diferencia de Vegas del Guayuriba que presenta una proporcionalidad mínima en los no afiliados con un porcentaje de 34.88% respecto al total poblacional.

9.3.3.2. Población económicamente activa

En la tabla No. 24 y la gráfica No. 9 se observa el total de la población que se encuentra económicamente activa y que vive en el área de estudio de la cuenca media del río Guayuriba, por lo tanto se tiene que el 67% está trabajando o realizando algún tipo de actividad productiva, el 26% de las personas está buscando un empleo y por último el 7% de la población se dedica a actividades independientes como lo son la venta de finca raíz, ventas en un establecimiento público o del mismo turismo que ofrece su predio.

Por grupos de edad se puede analizar que para los menores a 18 años existe un 0%, debido a que esta población se tiene en cuenta para la PEI²⁰, la cual se explicará seguida de este ítem, por otro lado, en el rango de 18 a 60 el 76.22% representa las personas que están realizando algún tipo de trabajo, el 19.58% es la población que busca trabajo y el 4.20% es la población independiente. Por último, en la categoría mayor a 60 años se observa que el 100% se encuentra en el rango de independiente, ya que en este tanto hombres como mujeres no cuentan con la condición adecuada para ser contratados en cualquier tipo de trabajo y por tanto se dedican a otro tipo de actividades para su sustento de vida.

²⁰ Población económicamente inactiva.

9.3.3.3. Población económicamente inactiva

En la tabla No. 25 y la gráfica No. 10 se observa que el valor porcentual más alto corresponde al 48% de la población económicamente inactiva que se encuentra estudiando, el 33% indica las personas que no tienen ningún tipo de actividad económica, el 17% representa a la población que se dedica a los oficios de hogar y por último el 2% hace referencia a los individuos que se encuentran en condición de discapacidad para ambos sexos.

Por grupos de edad se tiene que en el rango de menores a 18 años el 76.34% está en condición de escolaridad y el 23.66% se encuentra inactivo es decir no se encuentra laborando, estudiando o ejerciendo algún tipo de actividad. Por otro lado, se tiene el rango de 18 a 60 años allí se observa que el 36.76% está estudiando, el 32.43% ejerce oficios del hogar y el 30.81% está en el rango de inactividad; por último se tiene que en la población mayor a 60 años, un 83.87% está sin actividad y un 16.13% pertenece al grupo de discapacitados lo que les impide la realización de cualquier tipo de actividad ya sea de tipo estudiantil o de oficios de hogar.

9.3.4. Situación de vivienda

La vivienda es un importante componente del bienestar humano, en el sentido en que es en ésta donde se desarrollan las actividades del vínculo familiar permitiendo la interacción, brinda protección física y de algún modo aísla a los grupos familiares entre sí; es por ello que en esta caracterización se tendrá en cuenta el material de construcción y la cobertura de servicios públicos, de acuerdo a los resultados obtenidos La vereda que presenta el mayor cubrimiento de viviendas es Vegas del Guayuriba, seguida de Río Negro, La Concepción, El Cocuy y por ultimo La Vigía.

9.3.4.1. Variable de infraestructura para viviendas: Paredes, techo y pisos

De acuerdo a las visitas realizadas en la zona de estudio se pudo observar que el material más predominante en paredes es el concreto, sin embargo se identificaron algunas viviendas con paredes de ripio, es decir, trozos de ladrillo, piedras y demás materiales de desecho de obras albañiles. Respecto al componente del techo, se logró identificar dos materiales principales, eternit y lámina, finalmente para pisos los componentes más relevantes corresponden a cemento, baldosa y tierra.

Ahora bien al analizar la gráfica No.11 se puede deducir que el 96.3% de las viviendas de la zona de estudio presentan paredes de concreto y en menor porcentaje paredes construidas con conglomerados formados por trozos de ladrillo, piedra y demás desechos de obras albañiles con un 3.7%.

Para la gráfica No. 12 se tiene que del 100% de todas las viviendas del área de estudio, más de la mitad tiene techos de eternit con un 58.3%, seguido de los techos de lámina con un 37.4% y los menos predominantes son los de material de bahareque con un 4.3%, indicando que las edificaciones de las cinco veredas, presentan un porcentaje

no tan considerable de techos de cañas entretejidos y unidos mediante tierra húmeda y paja.

Por último en la gráfica No. 13 es posible determinar que los pisos de las viviendas de las veredas de estudio están hechos en su mayoría de cemento cubiertos de mineral con un 57.2%, seguido de la baldosa con 40.6% y por último los pisos de tierra con un valor porcentual de 2.1%.

En conclusión, en dicha zona rural predominan las viviendas con paredes de concreto, techos de eternit y pisos de cemento. Por su parte, los materiales menos significativos corresponden a ripio para paredes y bahareque para techos con pisos de tierra.

9.3.4.2. Cobertura de servicios públicos domiciliarios

Se pudo observar e indagar en las visitas de campo que en la zona de estudio no existe cobertura de acueducto y alcantarillado, pues los habitantes toman el agua para consumo humano de nacederos y tratan el agua residual mediante pozo séptico, además de esto, la cobertura de recolección de residuos es de 29.7% y está a cargo de la empresa prestadora del servicio público domiciliario de aseo de la ciudad de Villavicencio (Bioagrícola del Llano S.A) [46].

9.3.4.3. Accesibilidad a infraestructura vial

En la visita técnica de campo, se observó que las vías están en buen estado, lo que resulta ser un factor importante al momento de la ocurrencia de un evento de inundación, debido a que si la población cuenta con diversas posibilidades de rutas de evacuación, no se quedarán represados en caso tal de que requieran ayuda por parte de las entidades del riesgo municipal.

9.3.4.4. Características económicas de producción de la población

A partir del análisis de los datos recolectados en campo se pudo determinar que en las 2898.52 Ha correspondientes a los predios visitados, las actividades económicas más relevantes en la zona de estudio corresponden al sector primario, principalmente las de tipo agrícola con un 71.3% (2067.52 Ha), donde predominan los cultivos de arroz, soya, maíz, plátano, yuca y algunos frutales como cítricos; seguida de ésta se tiene la actividad minera con un 16.7% (326.46 Ha), dedicada principalmente a la extracción y procesamiento de material de arrastre, en tercer lugar con un 11.3% (483.424 Ha) se tiene el sector pecuario, destacado por los pastos dedicados a la ganadería extensiva especialmente de ceba. Finalmente y con menor participación, se encuentran las actividades relacionadas con los subsectores, piscícola, avícola y de turismo con un 0.7% (21.12 Ha).

9.3.4.5. Amenaza por inundación en la cuenca media del río Guayuriba

En la gráfica No. 15 se puede observar que del total del área que se afectó (566.183 Ha) el 31% fue de cultivos, principalmente frutales como cítricos y otros como plátano, yuca, maíz y soya. Por su parte, el 69% de los pastizales sufrió las consecuencias de la inundación, que aunque en ese momento ese porcentaje de terreno no era destinado para actividades de tipo agrícola, si tenía pastos de ceiba para bovinos dejando una pérdida total de 165 cabezas de ganado, 68 en Rio Negrito, 20 en El Cocuy, 43 en La Vigia y 34 en Vegas del Guayuriba. Cabe resaltar que la vereda La Concepción no sufrió ninguna afectación por la inundación que ocurrió en el mes de junio del año pasado.

9.4. Mancha de inundación año 2014

Respecto a la sobreposición en la capa de precipitación se logró observar que el comportamiento de lluvias totales anuales más elevadas se da en la parte alta de la cuenca donde no se presentó amenaza para ningún predio de la vereda La Concepción; por su parte, las más bajas caen hacia la zona baja, en donde las veredas de Rio Negrito, El Cocuy, La Vigia y Vegas del Guayuriba si sufrieron las consecuencias de las inundaciones.

La cantidad de agua que cae como precipitación provoca inundaciones de tipo fluvial aguas abajo, debido a que el relieve aguas arriba es accidentado y fuertemente accidentado con una pendiente que oscila entre 12% y 22%, influyendo directamente en el escurrimiento rápido del agua, a diferencia de la parte media la cual tiene un relieve plano con pendientes que oscilan en el rango de 0% a 7%, permitiendo que el recurso hídrico fluya por una mayor proporción de área.

En cuanto a la geología, se pudo visualizar que el área de amenaza presenta unidades geológicas de tipo Qal (depósitos aluviales), caracterizados por ser materiales transportados y depositados por el agua. Consisten principalmente en arenas y arcillas compuestas por cuarzos, chert y materiales líticos que van desde las gravas gruesas hasta los cantos y bloques los cuales presentan bordes redondeados distribuidos en forma de capa mineral sedimentaria, además son materiales con continuidad irregular que son abandonados al disminuir la velocidad de flujo [51].

En la parte alta, el río Guayuriba suele acarrear gran cantidad de sedimentos, los cuales se van depositando en la parte baja debido a la pérdida de capacidad de arrastre del agua [16]. Éstos, a menudo, obstaculizan el cauce, que se ve forzado a migrar y a formar brazos en forma de trenzas [52]. Por ende, analizando esto desde el punto de vista de la amenaza y con base en las observaciones hechas en campo, el río Guayuriba tiene dos brazos fuertemente inclinados y recargados hacia la margen izquierda de la cuenca, los cuales en temporada de lluvias (mayo y junio) aumenta su nivel provocando inundaciones hacia la llanura. En ese sentido, la geología y la

pendiente influyen directamente en el curso del río, afectando principalmente la margen izquierda, ya que ésta presenta una pendiente entre 0% a 7%.

En cuanto a la cobertura vegetal, se determinó que aquellas amenazadas corresponden a cultivos transitorios y herbáceas densas, baja en pastos mejorados con agricultura intensiva y transitoria (Ca) y a cultivos, pastos en rastrojados y relictos de bosque con presencia de agricultura tradicional y otras coberturas (Cu). Luego entonces, en junio del 2014 y teniendo en cuenta la sobreposición en ArcGIS y los datos tomados en campo, los cultivos fueron los más afectados por el desbordamiento del río, principalmente frutales, cítricos y soya con un área igual a 566.183 Ha.

Dicha área afectada corresponde a 40 predios de los cuales 17 se encuentran ubicados en Rio Negrito, 8 en El Cocuy, 2 en la Vigia y 13 en Vegas del Guayuriba. Cabe resaltar que la inundación dada en junio del año 2014 afectó principalmente los predios Nicol Daniela, La Despensa, Los Pomarrosos, El Bambú, La Gata Golosa, La Isabela, Costa Rica, Bonanza, El Resguardo y La Isla, puesto que no solo inundó cultivos sino además sus viviendas; según los habitantes del sector, la inundación alcanzó una altura de 0.8 metros²¹, la cual disminuyó en un periodo de 4 horas, sin embargo este evento no superó la inundación dada en el 2011, puesto que se vieron afectados 53 predios más.

Foto 1. Nivel alcanzado por el agua - Predio La Isabela, Vegas del Guayuriba



Fuente. Tomada por las autoras.

Por otra parte, la infraestructura eléctrica aunque no fue afectada por la inundación, si fue alcanzada por el agua, esto ocurrió en las veredas de Vegas del Guayuriba y Rio Negrito. La altura a la que llegó la inundación en 20 postes fue de 0.2 metros, los cuales tienen 5 metros de alto y cuya tensión es baja (1000 a 3000 volts). Cabe resaltar

²¹ Dato suministrado en la entrevista por el señor Miguel Páez – Finca La Isabela, Vegas del Guayuriba.

que en campo se localizaron 400 postes de los cuales, 72 postes corresponden a La Concepción, 118 a Río Negrito, 103 a El Cocuy, 42 a La Vigia y 65 a Vegas del Guayuriba.

9.4.1. Análisis de la zona de estudio mediante imágenes satelitales

En este análisis, se logró apreciar como el cauce del río Guayuriba ha ido cambiando drásticamente teniendo como tendencia la inclinación hacia su margen izquierda, ocupando 436.42 Ha correspondientes a 38 predios de los cuales 17 son de Río Negrito, 9 de El Cocuy, 2 de La Vigia y 10 de Vegas del Guayuriba.

Según lo anterior, se puede deducir que La Porfía ubicada en Río Negrito, La Maloca, Los Pomarrosos, el Bambú, La Gata Golosa y Costa Rica en la vereda de Vegas del Guayuriba, son los casos más críticos en los que el agua se ha llevado más del 50% del terreno como se observa en la tabla No 26.

Por otro lado, se puede observar que en las imágenes satelitales se evidencia como el cauce se ha cargado hacia su margen izquierda a lo largo del tiempo, esto, se ve reflejado en Las Malvinas, pues el cuerpo hídrico ha invadido 5.38 Ha de las 11.88 Ha que tiene en total, en El Consuelo ha ocupado 12 Ha de las 22.31 Ha y en La Porfía el afluente ha llenado en su totalidad la propiedad. En total el río ha ocupado 436.42 Ha correspondientes a 38 predios de las veredas Río Negrito, El Cocuy, La Vigia y Vegas del Guayuriba. Un ejemplo de lo anteriormente nombrado se puede observar en la imagen N°6.

9.5. Vulnerabilidad social

En este análisis se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en los cálculos realizados para el análisis de la vulnerabilidad social final. A continuación se muestran el análisis de dichos resultados:

9.5.1. Variable educación

En la tabla N°. 27, se puede analizar que la vulnerabilidad social respecto a la variable de educación, tiene una tendencia muy baja en las 4 veredas afectadas por la inundación en 2014, indicando que la mayor parte de la población perjudicada tiene mayor oportunidad de tener un empleo que sustente el daño ocasionado.

9.5.2. Variable vivienda

En la tabla N°. 28 es posible analizar que el porcentaje de hogares afectados en la zona de estudio tiene accesibilidad a energía eléctrica indicando que en caso de presentarse una inundación, estos tienen la posibilidad de comunicar y alertar de forma inmediata lo que se esté presenciando. Además, el porcentaje de viviendas afectadas

con paredes de ripio presenta una condición de vulnerabilidad social muy baja, demostrando así que al presentarse una inundación, la población que habita en ellas tiene poca probabilidad de perder sus bienes materiales.

9.5.3. Variable empleo

De acuerdo a los indicadores evaluados, se dedujo que la vulnerabilidad social respecto al parámetro de empleo es variable en cada una de las veredas, siendo muy alta en Cocuy y Vegas del Guayuriba, baja en Vigia y muy baja en Rio Negrito, indicando que en las primeras, la población posee ingresos que pueden sustentar el daño causado por la amenaza. Respecto al segundo indicador evaluado, la vulnerabilidad social es muy baja, demostrando que la pérdida de cultivos no fue significativa para cambiar las condiciones de vida de la población.

9.5.4. Variable salud

De acuerdo a la tabla N°. 30 se obtuvo que para el primer indicador, la condición de vulnerabilidad social tiende a ser baja en el área de estudio, es decir, que el porcentaje de la población afectada en condición de discapacidad, mujeres en gestación, niños menores a 5 años y adultos mayores con respecto al total de población vulnerable según su condición física, no es representativo, por tanto, la probabilidad de pérdidas de vidas disminuye considerablemente. En cuanto al tiempo de traslado a los centros de salud se obtuvo que la vulnerabilidad social sea muy alta para La Vigia, alta para Rio Negrito y Vegas del Guayuriba y baja para El Cocuy, por cuanto el tiempo de recorrido del sitio del posible evento a los centros asistenciales es mayor en la Vigia y en Rio Negrito.

9.6. Análisis del grado de vulnerabilidad social de la organización y respuesta frente a una emergencia

En la tabla N° 32 se observan las respuestas de los presidentes de la junta de acción comunal, allí se analiza que la Vigia tiene una mejor organización estructural de respuesta en caso de presentarse un evento súbito, en comparación con Vegas del Guayuriba, Rio Negrito y Cocuy las cuales presentan algunas debilidades en su estructura en lo que se refiere a la capacidad de acción y toma de decisiones frente a una amenaza.

De acuerdo a esto se obtuvo que el grado de vulnerabilidad social para la población afectada en 2014 en cada una de las veredas oscila en el rango de muy bajo y bajo, lo que indica que dicha población estuvo y está preparada para sobreponerse ante las consecuencias de un evento de inundación, pues al evaluar los indicadores para cada variable, se analizó que ésta no es representativa con respecto al total de la población de cada vereda, además es una población que cuenta con una tasa baja de

analfabetismo, educación formal, viviendas bien construidas, cobertura de energía eléctrica, ocupación laboral, buenas condiciones de salud y accesibilidad a centros de atención médica. Por último se tiene que la vulnerabilidad social si presenta una estrecha relación con las inundaciones, porque ésta da soluciones por medio de indicadores sociales que involucran las características de la población en estudio, por lo tanto si se involucra directamente la comunidad, esto puede conllevar a dar soluciones, por ejemplo la creación de una alerta temprana.

9.7. Transposición de caudales

Los caudales máximos anuales para un histórico de 24 años (1969-1993) oscilan entre 845.17 m³/s y 1677.82 m³/s, datos que se ajustan a una distribución Gumbel, por ser valores extremos, pues esta distribución de probabilidad los refleja mayormente con un porcentaje de 95%, indicando que los datos se ajustan significativamente.

9.8. Modelo hidrológico

Al calibrar el modelo hidrológico se evidenció que al disminuir el número de curva disminuye considerablemente el caudal simulado, pues la escorrentía según este método aplicado, depende de las características de los suelos, la vegetación, la condición de la superficie y la humedad. Finalmente al tener calibrado el modelo se obtiene caudales simulados semejantes a los reales, por lo que le da validez a los resultados del modelamiento hidráulico para determinar las profundidades de inundación.

9.9. Modelo hidráulico

Al analizar los resultados obtenidos en la simulación hidráulica se puede afirmar que para un flujo normal de 493 m³/s correspondiendo a un periodo de retorno de 2 años, no se presenta amenaza por inundación en la cuenca de estudio, sin embargo para los escenarios de 50 y 100 años el evento es excedido, causando así un desbordamiento hacia la margen izquierda del río Guayuriba.

En cuanto a los resultados obtenidos para un periodo de retorno de 50 años se obtuvo que hacia una elevación de 276 msnm, el agua sobrepasa su nivel aproximadamente en 1.43 m con un caudal circundante hacia la margen izquierda de 644.05 m³/s con una velocidad de 0.88 m/s y hacia una elevación de 550 msnm, el agua sobrepasa su nivel aproximadamente en 0.20 m con un caudal de 452 m³/s y una velocidad de 1 m³/s. En cuanto al escenario de 100 años, en la elevación 550 msnm el agua sobrepasa su nivel aproximadamente en 0.22 m con un caudal circundante de 493

m³/s y una velocidad de 1 m³/s. Finalmente hacia la cota 276 msnm, el agua sobrepasa su nivel aproximadamente en 1.56 m con un caudal circundante hacia la margen izquierda de 775 m³/s con una velocidad de 0.76 m/s.

En cuanto a las curvas de gasto se pudo analizar que a lo largo del tramo estudiado se presenta un mayor caudal circundante en las cotas altas del mismo, por ende, hay mayor descarga en elevaciones altas y bajas descargas en elevaciones menores; esta también influye en la velocidad del cauce puesto que la máxima velocidad se da aguas arriba de la sección transversal número uno disminuyendo de una forma notoria aguas abajo del río, ya que en este punto la pendiente y la velocidad se reducen, presentándose un comportamiento directamente proporcional, esto se puede dar por factores topográficos y gravitatorios.

Para corroborar los resultados anteriormente mencionados se calibró el modelo mediante la variación del número de Manning, arrojando resultados confiables en un 98%, por tanto los datos simulados representan los datos de la estación Puente Carretera.

Finalmente para concluir se observó que la margen izquierda de la cuenca se encuentra en condiciones de peligro inminente de desbordamiento, afectando un total de 71 predios en los dos periodos de retorno, 2 corresponden a La Concepción, 23 a Río Negrito, 34 a Vegas del Guayuriba, 10 a Cocuy y 2 a Vigía. Por ello, se analizará la vulnerabilidad física de la infraestructura a partir de la interfaz ERN-Vulnerabilidad v2.0, con el fin de determinar la probabilidad del daño dada una profundidad de inundación.

9.10. Zonificación de la amenaza

A partir de los mapas de zonificación de la amenaza generados, se cuantificó la extensión de las zonas afectadas por la inundación en la siguiente tabla para los escenarios de 50 y 100 años:

Tabla 43. Áreas afectadas en la cuenca media del río Guayuriba.

Periodo de retorno	Área afectada por inundación (Ha)			
	Amenaza alta	Amenaza media	Amenaza baja	Total
50	402.38	192.85	46.65	641.88
100	746.44	52.69	9.94	809.07
Porcentaje del área afectada (%)	62.69	30.04	7.27	100
	92.26	6.51	1.23	100

Fuente. Elaborado por autoras.

Según los resultados obtenidos se puede afirmar que la mayor área de inundación se presenta para un periodo de retorno de 100 años con un área de 809.07 Ha con una afectación alta, para el nivel de amenaza media y baja la mayor área de inundación se presenta en un escenario de 50 años con 192.85 Ha con una afectación moderada y 46.65 Ha con una afectación leve.

Además, es importante denotar que el 62.69% y el 92.26% del área afectada para un T= 50 años y un T=100 años, se encuentra expuesta a un nivel alto de amenaza, es decir la profundidad de la inundación es igual o superior a 1.50 m y la velocidad mayor o igual a 2.84 m/s. Por otra parte, el 30.04% y el 6.51% (T= 50 años y T=100 años), del área afectada se encuentra expuesta a una amenaza media, con niveles de 0.22 m a 1.50 m de profundidad y con valores de velocidad que oscilan entre de 1.19 m/s a 2.84 m/s. Finalmente, el 7.27% y el 1.23% corresponde a un nivel de amenaza baja, donde la profundidad del agua está entre 0 y 0.22 m y la velocidad oscila entre 1.1 m/s y 1.19 m/s.

Según lo consultado a través de inmobiliarias y en las visitas técnicas de campo se obtuvo que el valor comercial por Ha de terreno en el área de estudio oscila entre \$25'000.000²² y \$40'000.000²³ millones de pesos, por tanto se realizó un estimativo de pérdida económica con el valor futuro para los correspondientes periodos de retorno. Cabe resaltar que para este cálculo se utilizó el índice del precio del consumidor para el municipio de Villavicencio, siendo éste igual a 2.64%²⁴ efectivo anual para el año 2014. A continuación se muestra la ecuación utilizada para el procedimiento:

$$VF = VA * (1 + i)^n$$

Dónde:

VF = valor futuro

VA = valor actual

i = Tasa de interés

n = Número de periodos a calcular

Tabla 44. Estimativo de la pérdida económica.

Periodo de retorno	Total área (Ha) afectada	Valor futuro	Total Pérdidas Económicas
50	641.88	\$ 119,595,690	\$ 76,766,081,591
100	809.07	\$ 440,096,280	\$ 356,068,697,298

Fuente. Elaborado por autoras.

Como resultado se obtuvo que para un periodo de retorno de 100 años la pérdida económica del área total afectada sea mayor con un valor de \$356.068.697.298.00,

²² Dato suministrado por Eduardo Rojas. Vereda Rio Negrito. Cel. 3115893634

²³ Dato suministrado por Jairo Chavarro. Vereda El Cocuy. Cel. 3138321791

²⁴ Índice del precio del consumidor municipio de Villavicencio. Banco de la República de Colombia. Obtenido a través de: <http://www.banrep.gov.co/es/ipc>.

indicando que para este escenario, la intensidad de la inundación provoca un grado de afectación más alto en hectáreas de terreno.

9.11. Exposición de las viviendas

De acuerdo a los resultados obtenidos con el modelo hidráulico se pudo analizar que los predios con viviendas localizadas a menos de 100 metros presentan un grado alto de exposición y por ende los niveles más elevados de inundación. Como ejemplo se puede mencionar las 4 viviendas de invasión localizadas en la vereda Vegas del Guayuriba, las cuales presentan una exposición muy alta con una profundidad de inundación de 1.1 m (T=50 años) y 1.48 m (T=100 años), rango que se encuentra dentro de la categorización de amenaza alta.

De lo anterior se puede deducir que la planificación del territorio es sumamente importante para prevenir las consecuencias de cualquier tipo de amenaza, principalmente de aquellas viviendas que se encuentren en un nivel de exposición alto, pues mediante ésta es posible plantear estrategias de alerta temprana para prevenir daños en la integridad física de las personas y de sus bienes materiales.

9.12. Vulnerabilidad física

9.12.1. Rio Negrito

En la vereda Rio Negrito se ven afectados 23 predios de los cuales 15 viviendas son inundadas. Para evaluar la vulnerabilidad de estas en ERN-Vulnerabilidad se creó la respectiva función según el tipo de construcción de la infraestructura, cabe denotar que los valores para los parámetros fueron establecidos con base a las características de cada una de las edificaciones vistas en campo, puesto que la vulnerabilidad es diferente para cada vivienda según su sistema estructural y materiales de construcción. Sin embargo, para la altura de entrepiso se tuvo en cuenta un sólo valor máximo de 2.5 m, el cual fue tomado en campo.

Las 15 viviendas afectadas poseen paredes de concreto, ladrillo y bloque, sin embargo estas difieren en el material del techo y piso, pues 10 tienen techo de tejas de eternit con piso de baldosa, 3 se componen de techo de eternit con piso de cemento, 1 con techo de lámina y piso de cemento y 1 con techo de bahareque y piso de baldosa. Al tener en cuenta los materiales de los sistemas estructurales, la intensidad y la exposición a la amenaza para los periodos de retorno de 50 y 100 años, se obtuvo que la vulnerabilidad física de las edificaciones se encuentra en un rango de baja leve y baja moderada, no obstante un caso relevante es la vivienda del predio El Consuelo,

debido a que la profundidad de inundación (T=100 años) es de 1.5 metros, dando como resultado una vulnerabilidad media para ambos escenarios, por tanto, ésta puede presentar daño grave en acabados y bienes materiales debido a la entrada de sedimentos.

Otra excepción se da en la Institución Educativa de Río Negrito, pues aunque la estructura de esta posea una susceptibilidad baja, se debe tener en cuenta que esta instalación atiende población infantil, por tanto las entidades encargadas deberán tener una atención especial en este establecimiento.

9.12.2. El Cocuy

En esta vereda se ven afectados un total de 10 predios, de los cuales 8 viviendas son inundadas. Estas construcciones se constituyen de paredes de concreto, ladrillo y bloque, sin embargo, al igual que las viviendas de las demás veredas difieren en el material de su techo y piso, pues 6 poseen techo de bahareque con piso en baldosa, 1 tiene techo eternit con piso en baldosa y 1 tiene techo de bahareque con piso en cemento. Al tener en cuenta las características de las viviendas se obtuvo que la vulnerabilidad física de éstas para ambos escenarios se encuentra en un rango de bajo con un nivel de daño leve, es decir, que estas viviendas pueden sufrir un deterioro en la estética de las paredes, puertas y pisos; no obstante, se presenta un caso con vulnerabilidad media en la vivienda del predio El Porvenir, presentando así un daño grave de acabados y bienes materiales debido a la entrada de material sedimentario de pequeño y gran tamaño.

9.12.3. La Vigia

De los 2 predios afectados en esta vereda, 1 vivienda es inundada para un periodo de retorno de 50 y 100 años, esta corresponde al predio La Ceiba, la cual se encuentra constituida de paredes de concreto, ladrillo y bloque con techo de eternit y piso en cemento. Teniendo en cuenta su estructura, exposición y profundidad de inundación se obtuvo un daño máximo esperado de 42% para un T=50 años y 47% para un T=100 años, dando como resultado una vulnerabilidad media para ambos escenarios, es decir que esta vivienda puede presentar daños graves de acabados en pisos y paredes debido a la entrada de sedimentos de pequeño y gran tamaño.

9.12.4. Vegas del Guayuriba

En esta vereda se ven afectados 34 predios de los cuales 23 viviendas son inundadas. Estas infraestructuras están construidas de diversos materiales: 4 de ripio con teja de lámina y piso de tierra, las demás construcciones tienen paredes de ladrillo, bloque y

concreto, sin embargo estas difieren en el material del techo y del piso, pues 2 están constituidas por tejas de eternit y piso de baldosa, 4 con teja de lámina y piso de baldosa, 5 con teja de eternit y piso de cemento y 6 con teja de lámina y piso de cemento.

Teniendo en cuenta los sistemas estructurales, la exposición a la amenaza y la profundidad de inundación, se pudo analizar que la situación más crítica corresponde a las cuatro viviendas que no poseen registro catastral, pues la vulnerabilidad física de estas es alta con un porcentaje de daño esperado igual a 63% para un T= 50 años y 86% para un T=100 años, con unas profundidades de inundación de 1.1 metros y 1.48 metros. Aunque la vivienda del predio de La Gata Golosa se encuentre a menos de 100 metros de distancia del cauce y la profundidad máxima de inundación sea igual a 1.5 m, la vulnerabilidad física de estas no sobrepasan el 40% del daño esperado, pues esto se debe al material de construcción de la infraestructura, ya que posee vigas de amarre, columnas y cimientos lo suficientemente resistentes para soportar una inundación de este tipo con una velocidad de flujo relativamente baja.

9.12.5. La Concepción

En esta vereda se ven afectados 9 predios de los cuales 2 viviendas son inundadas. Estas pertenecen a los predios Casa Rural y El Pedregal, las cuales están constituidas de paredes de cemento, ladrillo y bloque con piso en cemento y techo en lámina. Teniendo en cuenta que tanto el sistema estructural como la profundidad de inundación son los mismos en las dos viviendas, la vulnerabilidad física es baja con un nivel de daño moderado para un periodo de retorno de 50 años y media con un nivel de daño grave para un T=100 años.

10. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este estudio se pudo concluir que el uso de los sistemas de información geográfica facilita el procesamiento de información recolectada en campo, permitiendo así, la toma de decisiones para prevenir los daños que podría ocasionar una inundación súbita

En el momento de calibrar el modelo hidrológico se tuvo en cuenta que al variar el número de curva los caudales simulados varían considerablemente, por tanto al aumentar el número de curva el caudal aumenta y al disminuirlo disminuyen los caudales

El modelamiento hidrológico hace más confiable el modelo hidráulico, ya que el software realiza la simulación a partir de parámetros morfométricos y climatológicos como la precipitación máxima en 24 horas, área de la cuenca, tiempo de retardo y condiciones hidrológicas del suelo, haciendo más representativa la simulación.

De acuerdo a la modelación hidráulica se obtuvo que para un caudal normal de 493 m³/s no se presenta amenaza de inundación en el tramo de estudio, sin embargo, para los periodos de retorno de 50 años y 100 años el agua sobrepasa su nivel normal generando inundaciones, teniendo así para el primer escenario un desbordamiento hacia la margen izquierda con un nivel del 14 m.s.n.m. alcanzado una profundidad de inundación de 1.43 m y para 100 años el agua sobrepasa su nivel normal con 16 m.s.n.m alcanzando una profundidad de 1.56 m.

Respecto a la sobreposición en la capa de precipitación se logró identificar que el comportamiento anual de dicha variable es mayor en la parte alta de la cuenca, cuya pendiente oscila del 12% al 22% y hacia la zona baja, la cual presenta una pendiente

aproximada del 0.2% al 3%, el régimen de lluvias disminuye considerablemente. Debido a esto, el caudal es mayor aguas abajo con un valor de 426 m³/s registrado por la estación puente carretera, por lo tanto las veredas que se encuentran localizadas en esta área tienen mayor probabilidad de presentar una inundación.

La vulnerabilidad física de una vivienda no solo depende de su exposición a la amenaza sino también de la intensidad del evento y de los componentes de su estructura, como es el caso de las viviendas que no cuentan con cedula catastral en la vereda Vegas del Guayuriba, pues estas se localizan a menos de 100 m de distancia del cauce y adicional a esto los materiales de construcción son ripio, piso en cemento y techo de lámina.

A través de las imágenes satelitales se pudo concluir que el río Guayuriba durante los últimos 45 años ha tendido a inclinarse hacia su margen izquierda ocupando 436.42 Ha de las 2067.148 Ha existentes en el año 1969, dejando así un total de 1630.728 Ha para el año 2014 correspondiente a 38 predios.

Aunque las posibles pérdidas económicas para los escenarios de 50 y 100 años son significativas, cabe resaltar que para éste último, son mayores con un valor de \$356,068,697,297.96, indicando que para dicho periodo de retorno, la intensidad de la inundación provoca un grado de afectación más alto en hectáreas de terreno.

Respecto al intercambio de información con la población afectada, se pudo concluir que el uso de una terminología básica y sencilla permite un buen afianzamiento entre la comunidad y las partes interesadas en el desarrollo del estudio, facilitando la comprensión de la temática de las inundaciones, los aspectos socioeconómicos y el estilo de vida de los habitantes del área de influencia.

Mediante la socialización previa del objeto del estudio con los presidentes de junta de acción comunal, se facilitó la obtención de información puntual de las personas afectadas por las inundaciones ocurridas en Junio del 2014, permitiendo un ahorro significativo de tiempo y costos para el desarrollo del proyecto, puesto que se identificó exactamente la población afectada para ser censada.

Finalmente, se concluyó que la población afectada en el año 2014, respecto al número de habitantes no es significativa para la zona de influencia de anteriores y posibles eventos de inundación, conforme a los indicadores estimados que dan como resultado una vulnerabilidad social baja, puesto que el capital humano presenta una tasa baja de analfabetismo, educación formal, viviendas de infraestructura resistente, cobertura de energía eléctrica, ocupación laboral, buenas condiciones de salud y accesibilidad a centros de atención médica.

11. RECOMENDACIONES

Se hace necesario que las áreas de terreno que actualmente han sido inundadas y ocupadas por el cauce del río, tal como es el caso de los predios La Porfía, La Gata Golosa, La Despensa, Nicol Daniela, El Bambú, La Maloca, Costa Rica, Los Pomarrosos, que anteriormente correspondían a terrenos prediales, sean rectificadas por el IGAC para que se actualicen los planos catastrales.

La cartografía de zonificación de la amenaza por inundación obtenida mediante el uso de los SIG, servirá como herramienta de apoyo en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Villavicencio que se encuentra en proceso de actualización y en el POMCH del río Guayuriba para la optimización de la gestión del riesgo.

Desde la gestión del riesgo se recomienda la implementación de herramientas que integren los aspectos ambientales y sociales para identificar de manera acertada la amenaza y de esta forma fortalecer el nivel de respuesta de la población frente a un evento de inundación.

A partir de esta iniciativa podrá ampliarse el trabajo en la cuenca baja del río Guayuriba, en cuanto a la determinación de zonas de inundación para diferentes periodos de retorno y de esta forma mitigar los posibles daños.

Desde el punto de vista económico, y con base en los cálculos estimados del valor de terreno por hectárea, equivalente a \$32.250.000 en valor presente, para la zona objeto de estudio se recomienda que en proyectos futuros se mantenga actualizado este valor para efectos de análisis de pérdidas de terreno por inundación.

De acuerdo con la caracterización social de la zona objeto de estudio, desde el punto de vista de la prevención de posibles catástrofes que pongan en riesgo la vida de los pobladores, se recomienda para la zona implementar mecanismos de alerta temprana, donde estén incluidos, las instituciones del sector público encargadas de la gestión del riesgo y la comunidad afectada aunque no es significativa su vulnerabilidad social.

En el momento de realizar un trabajo con comunidades asentadas en zonas rurales, es indispensable emplear terminología básica y sencilla para facilitar la comprensión y la claridad de la temática que se pretende dar a conocer.

Se recomienda que en estudios en los que se trabaje con población, se tengan en cuenta actores puntuales que faciliten información previa, puesto que esta facilita la búsqueda de la comunidad de interés reduciendo así costos y tiempo.

En el momento de emplear el software Hec-Ras se recomienda utilizar datos tomados directamente en campo, para que su precisión sea mayor y de este modo tener un resultado más certero.

12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] IDEAM, DANE IGAC, "Reporte de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011 resumen 1-5," 2011.
- [2] Cruz Roja, *Comunidades de veredas sobre río Guayuriba han sido alertados por desbordamientos y de piedemonte llanero por deslizamientos de tierra*. Villavicencio, 2014.
- [3] Cormacarena, *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Guayuriba*. Villavicencio, 2010.
- [4] Cormacarena and IDEAM, "Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Guayuriba- Fase Diagnóstico de Aspectos Biofísicos," Villavicencio, 2010.
- [5] Instituto Geográfico Agustín Codazzi, *Estudio general de suelos y zonificación de tierras, departamento del Meta.*, 2004.
- [6] Juan Sebastián Echeverry Fernández, "Aproximaciones Metodológicas Para el Análisis de Amenaza por Eventos de Inundación: Caso de Estudio Desbordamiento del Río Bogotá en Mosquera, Cundinamarca," Universidad de los Andes, Bogotá, 2012.
- [7] Jochen Schanze, Evzen Zeman, and Jiri Marsalek, *Flood risk management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures.*: Springer & NATO, 2004.
- [8] Kevin Sene, *Flood Warning, Forecasting and emergency response*. Springer: 2008, 2008.
- [9] CRISTIAN TORRES PINEDA, "MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL TRAMO CALAMAR SANTA LUCIA EN EL CANAL DEL DIQUE," ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, Bogotá, 2015.
- [10] Carlos Miranda, "Modelo para el calculo de la probabilidad de inundación en cuenca urbana", .
- [11] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DE EL SALVADOR, "METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD , " San Salvador , 2012.

- [12] Asistencia técnica CAPRA. (2012) ERN-Vulnerabilidad. [Online].
<http://www.ecapra.org/es/ern-vulnerabilidad>
- [13] Dirección y coordinación de grupos de trabajo técnico - Consorcio ERN América Latina, *Metodología de modelación de probabilística de riesgos naturales*. México, 2012.
- [14] Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres - Colombia. (2015, Junio) Portal Gestión de Riesgos - Colombia. [Online].
http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Glosario_Terminos_Gestion_del_Riesgo.aspx
- [15] Tony N. Alavarado V., "Caracterización Socio-Ambiental De La Comunidad "Valle Verde, Parroquia Valentín Valiente, Municipio Sucre, Estado Sucre", " Universidad de Oriente Venezuela. , Sucre, Trabajo de Grado 2006.
- [16] CORMACARENA, "Plan de Ordenamiento y Manejo Cuenca Hidrográfica Río Guayuriba. ," Villavicencio , Técnico 2008.
- [17] Alvaro Soldano, "Conceptos Sobre Riesgo," Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Departamento de Desarrollo Sostenible de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Córdoba, Técnico 2009.
- [18] Secretaría de Gobernación y Estados Unidos Mexicanos. (2015, Junio) Atlas Nacional del Riesgo. [Online]. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-hidrometeorologicos>
- [19] Secretaria de Seguridad Pública de Guanajuato. (2015, Junio) Secretaria de Seguridad Pública de Guanajuato. [Online].
<http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/atlas/hidrometeorologico.php>
- [20] Camilo Bastidas, "Manual para el uso del modelo hidrológico HEC-HMS",.
- [21] CENAPRED México y Sistema Nacional de Protección Civil. Secretaria de Gobernación, "Inundaciones ," 2009.
- [22] Golgi Álvarez, "Manual de Ordenamiento Territorial," Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Asociación de Municipios de Honduras, Tegucigalpa, Manual Técnico 2010.
- [23] Alejandro Lara San Martin, "Percepción Social en la Gestión del Riesgo de Inundación en un Área Mediterránea ," Universidad de Girona, Costa Brava, Tesis Doctoral 2012.
- [24] Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004, Agosto) Serie Planes de Ordenamiento Territorial Guía N° 1 Revisión y Ajuste de Planes de Ordenamiento Territorial. [Online].
<http://www.minvivienda.gov.co/POTPresentacionesGuias/Gu%C3%ADa%20Formulaci%C3%B3n%20Planes%20Ordenamiento.pdf>

- [25] Richard Vargas A., "Guía Municipal para la Gestión del Riesgo , " Banco Mundial, Ministerio del Interior y Justicia Dirección de Gestión del Riesgo, Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, Bogotá, 2010.
- [26] Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), "Guía Técnico Científica Para La Ordenación De Las Cuencas Hidrográficas En Colombia," Bogotá, 2008.
- [27] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015, Junio) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Online]. <http://www.fao.org/emergencias/como-trabajamos/es/>
- [28] Instituto Geográfico Nacional. (2015, Junio) Instituto Geográfico Nacional - Gobierno de España. [Online]. <http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesSistemaInfoGeografica.do#>
- [29] Máximo Villón Béjar, "HidroEsta, software para cálculos hidrológicos y estadísticos aplicados a la Hidrología," Costa Rica,.
- [30] PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO COLOMBIA- PNUD, PROYECTO GESTION INTEGRAL DEL RIESGO Y ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO CARIBE PNUD-UNGRD UNIDAD NACIONAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES-UNGRD, "Guía metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo," Guía Metodológica.
- [31] Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena. Funciones. [Online]. <http://www.cormacarena.gov.co/index.php>
- [32] Oficina Gestión del Riesgo de Villavicencio, *Seguimiento a las metas del Plan de Desarrollo*. Villavicencio, 2012.
- [33] Paulhus J and Linsley R, "Hidrología para Ingenieros," New York, 1977.
- [34] ALLEN BATHEMAN. (2007) HIDROLOGÍA BÁSICA Y APLICADA. [Online]. <http://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>
- [35] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, *Guía para la descripción de suelos*. Roma, 2009.
- [36] Germán Monsalve Sáenz, *Hidrología en la ingeniería.*: Alfaomega, 1999.
- [37] Andres Felipe Marin Muñoz, *Modelación del tranbnsito de crecientes con el HEC-HMS y Hec-RAS en un tramo del río Medellín*. Envigado, 2013.
- [38] Meteorología y Estudios Ambientales Instituto de Hidrología, "Aforos líquidos 35027140," Bogotá, D.C, 2016.
- [39] Carlos Alberto Ramírez Callejas, *Zonificación de amenazas por inundaciones en las zonas urbana y de expansión del municipio de Jamundí (Valle del Cauca)*. Cali, 2014.

- [40] ESRI. (2012) ArcGIS Help - Zona de influencia. [Online]. help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index/html
- [41] Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, *Modelación probabilística del riesgo sísmico para la ciudad de David, Panamá*. Dvid, 2012.
- [42] Ingeniería Técnica y Científica Ltda, Ingeniar , ERN Ingenieros Consultores S.C., and Banco Mundial. Capra Gis. [Online]. <http://www.ecapra.org/es/>
- [43] INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE PERÚ, "MANUAL DE ESTIMACIÓN DEL RIESGO ANTE INUNDACIONES ANTE INUNDACIONES FLUVIALES," Lima, 2011.
- [44] A Campos and y Otros, *Análisis de la Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia*. Bogotá, 2012.
- [45] Leila Constanza Hernández Rodríguez, *Una metodología de evaluación del riesgo público por inundación por falla del sistema de alcantarillado pluvial caso de la cuenca del río Salitre Bogotá*. Bogotá, 2012.
- [46] Cormacarena, *Fase Diagnóstico: Aspectos Socioeconómicos*. Villavicencio, 2010.
- [47] Ministerio de Educación de Colombia. Estadísticas e indicadores. [Online]. www.mineducacion.gov.co
- [48] CORMACARENA, "Fase diagnostico aspectos socio-económicos," Villavicencio, 2010.
- [49] Organización Panamericana de la Salud, *Manuales y guías sobre desastres*. Lima, 2007.
- [50] Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia Instituto de Hidrología, "ESTACIONES," Bogotá, D.C, 2016.
- [51] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, IDEAM , and SIB,.
- [52] Arturo Elosegí, *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Girona, 2009.
- [53] Carlos Iván Márquez Pérez. (2012, Marzo) Slideshare Circular UNGDR. [Online]. <http://es.slideshare.net/GuidoECeballosHuertas/circular-ungdr>
- [54] NASA. (2011, Octubre) ASTER GDEM. [Online]. <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp>
- [55] Christian Javier Vivas González, *Aplicación del modelo Hec-Ras para el cálculo de los perfiles hidráulicos del sistema hídrico del río Chaguana*. Quito , 2004.
- [56] US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center, *River Analysis Sistem Hydraulic Reference Manual.*, 2010.
- [57] Chaudhry M. H., *Open-Channel Flow*. Carolina, 2008.

- [58] Ana Campor G. et al., "Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia," Bogotá, 2012.
- [59] CVC - Universidad del Valle, *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*. Cali, 2010.
- [60] George Fleming, *Flood risk management: learning to live with rivers*. London: Thomas Telford Publishing, 2002.
- [61] R Linsley and J Paulhus, *Hidrología para ingenieros*. New York: Mc Graw - Hill, 1977.
- [62] ALLEN BATHEMAN. (2007) HIDROLOGIA BÁSICA Y APLICADA. [Online].
<http://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>