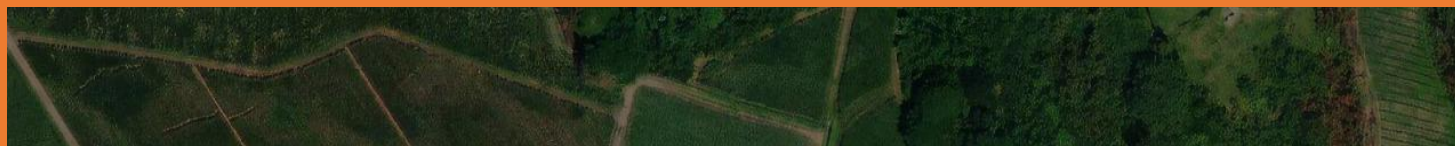


**Estudios Básicos de Amenaza por Inundación, Movimiento en Masa
y Avenida Torrencial para el municipio de Palmira y Estudios
Detallados de Riesgo por inundación y Socavación Lateral en el
Barrio Azul, Corregimiento de Amaime
Convenio Interadministrativo MP968 de 2021**



**Estudios de vulnerabilidad y escenarios
de riesgo por inundación y socavación
lateral para Barrio Azul
Escala 1:2.000**



Alcaldía de Palmira



Convenio Interadministrativo MP968 de 2021

**UNIVERSIDAD DEL VALLE; OBSERVATORIO SISMOLÓGICO
Y GEOFÍSICO DEL SUROCCIDENTE COLOMBIANO-OSO**

**ALCALDÍA DE PALMIRA; DIRECCIÓN DE GESTIÓN DEL
RIESGO DE DESASTRES-DGRD**

ALCALDÍA MUNICIPAL DE PALMIRA

ÓSCAR EDUARDO ESCOBAR GARCÍA

Alcalde

FERNANDO JAVIER LEAL LONDOÑO, Ing.
Ambiental
Director DGRD

CAMILO A. SAAVEDRA ESCOBAR, Adm.
Ambiental
Director 2021 – 2022 DGRD

ADRIANA TERREROS, Ing. Agrónoma
Profesional de Planta DGRD

OMAR A. CHAVES MONCAYO, Ing. Civil
Contratista DGRD

DIANA AREVALO, Ing. Civil
Contratista Oficina de Planeación

OBSERVATORIO SISMOLÓGICO Y GEOFÍSICO DEL SUROCCIDENTE COLOMBIANO-OSSO UNIVERSIDAD DEL VALLE

ELKIN DE JESUS SALCEDO HURTADO, Ph.D.

Director de Proyecto Estudios de Amenaza de Palmira - Director OSSO

DIANA M. RIVERA JIMENEZ
Coordinadora Administrativa

JHONATTAN FERNANDEZ C., MSc.
Coordinador Técnico

EQUIPOS TEMÁTICOS

HISTORICIDAD

KAREN A. SÁNCHEZ E., Geógrafa
Líder Equipo

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

JUAN CARLOS FLORES, Geól.
Líder Equipo

JULIO C. GUERRA, Geól.
Profesional de Apoyo

MARIA ALEJANDRA VELEZ, Geól.
Profesional de Apoyo

ESTEBAN A. NOREÑA, Geól.
Profesional de Apoyo

SIG Y TOPOGRAFÍA

JHON JAIRO BARONA, Ph.D.
Líder Equipo

PAOLA T. GOMEZ, Geóg.
Profesional de SIG

LINA V. LATORRE, Ing.
Profesional de SIG

JORGE A. DÍAZ, Geóg.
Profesional de SIG

FRANKLIN A. BEDOYA, Ing.
Profesional de Topografía

ALEJANDRO FERNANDEZ, Téc.
Apoyo Topografía

AMENAZA INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL

CARLOS RAMÍREZ C., MSc.
Líder Equipo

CESAR A. VIVAS, Ing.
Profesional Hidrología e Inundación

RAFAEL CLEMENT, Ing.
Profesional Avenida Torrenc

AMENAZA MOVIMIENTO EN MASA Y SOCAVACIÓN LATERAL

JHONALBERTH PALACIOS SÁNCHEZ, Ing.
Líder Equipo

VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE RIESGO

NATHALIE GARCÍA MILLÁN
Líder Equipo

KAREN ANDREA SANCHEZ ESTUPIÑAN
Profesional de apoyo

NOVIEMBRE DE 2022

TABLA DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE PALMIRA	8	
1.1. Área de estudio	8	
1.2. Sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime.....	11	
2. CAPITULO II. VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN Y SOCAVACION LATERAL	12	
2.1. INTRODUCCIÓN.....	12	
2.2. Objetivo general	13	
2.3. Objetivos específicos.....	13	
2.4. Alcances.....	13	
2.5. Conceptualización	14	
2.6. Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad.....	17	
2.7. Análisis de vulnerabilidad ante inundación	28	
2.8. Análisis de vulnerabilidad ante socavación lateral	45	
3. CAPITULO III. ESCENARIOS DE AFECTACION INUNDACION Y SOCAVACION	LATERAL EN BARRIO AZUL, CORREGIMIENTO DE AMAIME	63
3.1. INTRODUCCIÓN.....	63	
3.2. Objetivo general	64	
3.3. Objetivo específico	64	
3.4. Alcance.....	64	
3.5. Conceptualización de riesgo.....	64	
3.6. Metodología para la evaluación de los escenarios de afectación.....	66	
3.7. Escenario de afectación ante inundación para barrio azul, corregimiento de Amaime.....	69	
3.8. Escenario de afectación ante socavación lateral para barrio azul, corregimiento de Amaime.....	72	
3.9. Escenario de afectación global para el sector barrio azul corregimiento de Amaime, Palmira.....	75	
3.10. Afectación alta mitigable y no mitigable global.....	78	

3.10.2. Cálculo de las posibles pérdidas en afectación alta mitigable y alta no mitigable global	96
4. CONCLUSIONES.....	100
5. REFERENCIAS	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Palmira.....	8
Figura 2. Localización del sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime	11
Figura 3. Zonas de exposición ante inundaciones	18
Figura 4. Zonas de exposición ante socavación lateral	19
Figura 5. Mapa de profundidades período de retorno 100 años en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	29
Figura 6. Mapa de velocidades período de retorno 100 años en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	30
Figura 7. Distribución espacial de elementos estructurales expuestos ante inundación para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	34
Figura 8. Factor de resistencia estructural ante inundación en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira	36
Figura 9. Distribución porcentual del factor de resistencia corporal ante inundación en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira.....	37
Figura 10. Factor de resistencia corporal ante inundación en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira	38
Figura 11. Distribución porcentual de la vulnerabilidad estructural ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	40
Figura 12. Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural por inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	41
Figura 13. Distribución porcentual de la vulnerabilidad corporal ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	43
Figura 14. Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural por inundación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	44
Figura 15. Mapa de secciones o modelos geológicos- geotécnicos sector Barrio Azul del municipio de Palmira	45
Figura 16. Distribución del número de habitantes expuesta a socavación lateral en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira.....	46
Figura 17. Distribución del número de edificaciones expuestas a socavacion lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	47
Figura 18. Distribución del número de edificaciones por barrio expuestas a socavacion lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	48
Figura 19. Distribución de la tipología de las edificaciones expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul corregimiento de Amaime, Palmira.....	49
Figura 20. Distribución del estado de conservación de las edificaciones expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	50
Figura 21. Distribución de la edad de las edificaciones expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	51
Figura 22. Distribución de la altura de las edificaciones expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	52

Figura 23. Distribución espacial de elementos estructurales expuestos ante socavación lateral para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	53
Figura 24. Factor de resistencia estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira.....	55
Figura 25. Factor de resistencia corporal ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira.....	57
Figura 26. Distribución porcentual de la vulnerabilidad estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	59
Figura 27. Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural por socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	60
Figura 28. Distribución porcentual de la vulnerabilidad corporal ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	61
Figura 29. Distribucion espacial de la vulnerabilidad corporal por socavacion lateral en sen sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	62
Figura 30. Criterios para la delimitación del riesgo alto mitigable y no mitigable para el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	69
Figura 31. Distribución porcentual de la afectación estructural ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	70
Figura 32. Distribución espacial de la afectación estructural ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	71
Figura 33. Distribución porcentual del escenario de afectación estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	73
Figura 34. Distribución espacial del escenario de afectación estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	74
Figura 35. Distribución porcentual del número de edificaciones en el escenario de afectacion global para el sector de Barrio de Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	75
Figura 36. Escenario de afectación por inundacion y socavación lateral en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	77
Figura 37. Datos históricos por inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	78
Figura 38. Edificaciones pertenecientes a la muestra realizada para el cálculo del costo total promedio a precios de mercado	83
Figura 39. Tipificación del contenido de una vivienda promedio en Colombia.....	86
Figura 40. Distribución porcentual del nivel de afectación alta mitigable y alta no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	93
Figura 41. Afectación alta mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	94
Figura 42. Afectación alta mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comunas de la cabecera urbana de Palmira.....	9
Tabla 2. Comunas de la zona rural de Palmira	10
Tabla 3. Zonas de exposición ante inundaciones.....	18
Tabla 4. Zonas de exposición ante socavación lateral	19
Tabla 5. Tipología de las edificaciones	20
Tabla 6. Presión límite soportada por las estructuras.....	21
Tabla 7. Factor de resistencia por tipología de las estructuras.....	23
Tabla 8. Factor de resistencia por altura de las estructuras	24
Tabla 9. Factor de resistencia por servicio de las estructuras	24
Tabla 10. Vida útil de las estructuras	25
Tabla 11. Estado de conservación de las estructuras	25
Tabla 12. Clasificación de la vulnerabilidad para estructuras y personas.....	27
Tabla 13. Número de habitantes en exposición por inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	31
Tabla 14. Número de edificaciones en exposición por barrio ante inundación en el sector de Barrio Azul corregimiento de Amaime, Palmira.....	31
Tabla 15. Número de edificaciones según su tipología de construcción expuestas a inundación en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	32
Tabla 16. Número de edificaciones según su estado de conservación expuestas a inundación en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	32
Tabla 17. Número de edificaciones según su edad expuestas a inundación en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	33
Tabla 18. Número de edificaciones según su altura expuestas a inundación en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	33
Tabla 19. Factor de resistencia corporal ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	37
Tabla 20. Vulnerabilidad estructural por inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	39
Tabla 21. Vulnerabilidad corporal por el fenómeno de inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	42
Tabla 22. Número de habitantes en exposición por socavacion lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	46
Tabla 23. Número de edificaciones en exposición por socavacion lateral en el sector de Barrio Azul corregimiento de Amaime, Palmira.....	47
Tabla 24. Número de edificaciones por barrio en exposición por socavacion lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	47
Tabla 25. Número de edificaciones según su tipología de construccion expuestas a socavacion lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	48
Tabla 26. Número de edificaciones según su estado de conservación expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	49

Tabla 27. Número de edificaciones según su edad expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	50
Tabla 28. Número de edificaciones según su altura expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	51
Tabla 29. Vulnerabilidad estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	58
Tabla 30. Vulnerabilidad corporal ante socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	61
Tabla 31. Clasificación del riesgo para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	67
Tabla 32. Probabilidad por vida útil de la tipología de construcción y nivel de vulnerabilidad estructural para la infraestructura social	68
Tabla 33. Nivel de afectación alta mitigable no mitigable ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	70
Tabla 34. Escenarios de afectación estructural por socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	72
Tabla 35. Número de edificaciones según nivel de afectación global en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira	75
Tabla 36. Número de edificaciones según nivel de afectación global por barrio, sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	76
Tabla 37. Clasificación de elementos estructurales expuestos en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira	81
Tabla 38. Clasificación de elementos funcionales expuestos en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira	81
Tabla 39. Costo total promedio aproximado con base a precios de mercado teniendo en cuenta la tipología de construcción de la edificación	84
Tabla 40. Costo Total de las edificaciones con uso de suelo no residencial en afectación por inundación y socavación lateral en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	84
Tabla 41. Costo Total de las edificaciones con uso de suelo residencial en afectación por inundación y socavación lateral en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	85
Tabla 42. Costo total aproximado por daños de contenido en edificaciones con uso de suelo residencial en afectación por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	87
Tabla 43. Costo total aproximado de la estructura de la institución educativa (precios de 2021).	88
Tabla 44. Costo total aproximado por Institución Educativa en funcionamiento en afectación por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	88
Tabla 45. Resumen de costos aproximados de daño en la infraestructura social afectada	89

Tabla 46. Montos designados por el Gobierno Nacional para asistencia alimentaria y aseo a damnificados durante situaciones de desastres (precios 2021).	90
Tabla 47. Costos aproximados por asistencia a familias posiblemente afectadas (precios 2021)	90
Tabla 48. Resumen de los costos aproximados derivados de la asistencia del gobierno para edificaciones con uso de suelo residencial	90
Tabla 49. Especificación de los cálculos de vulnerabilidad y probabilidad por edificación para la estimación de las posibles pérdidas económicas	91
Tabla 50. Aproximación de posibles pérdidas económicas en edificaciones por nivel de afectación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.....	92
Tabla 51. Aproximación de posibles pérdidas económicas en infraestructura social en afectación	92
Tabla 52. Número de edificaciones en afectación alta mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime	92
Tabla 53. Clasificación de elementos estructurales expuestos en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira	96
Tabla 54. Clasificación de elementos funcionales expuestos en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira	96
Tabla 55. Área (m ²) Total Construida y Costo Total de las edificaciones en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	97
Tabla 56. Aproximación de posibles pérdidas económicas en edificaciones en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable.....	98
Tabla 57. Costo aproximado de asistencia del gobierno ante el traslado definitivo en edificaciones con nivel de afectación alto no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira	99

1. CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE PALMIRA

1.1. Área de estudio

El municipio de Palmira se encuentra ubicado en la región Suroriente del departamento del Valle del Cauca (Figura 1) y se localiza alrededor de los 03°31'39" de latitud Norte y 76°18'01" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Limita al Norte con el municipio de El Cerrito, al Sur con los municipios de Pradera y Candelaria, al Este con el departamento del Tolima y al Oeste con los municipios de Cali, Yumbo y Vijes.

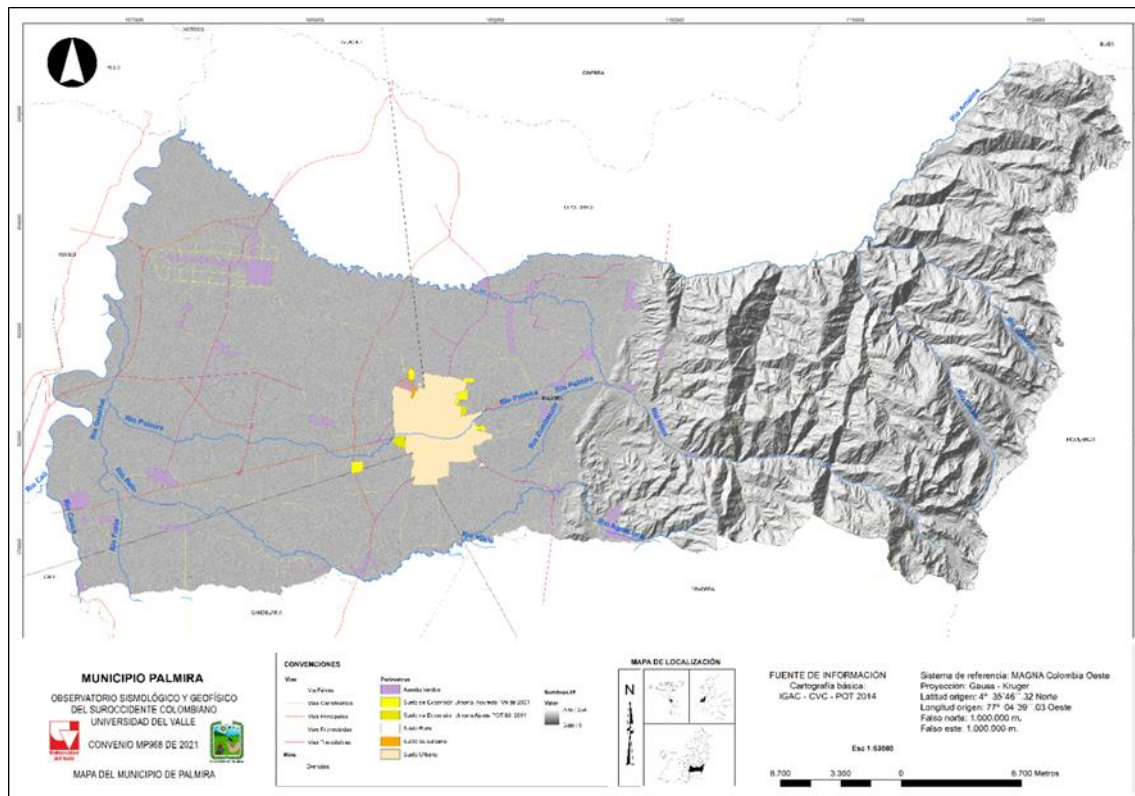


Figura 1. Localización del municipio de Palmira
Fuente: elaboración propia

El municipio cuenta con un área aproximada de 100.000 ha y se divide en dos grandes zonas fisiográficas de Este a Oeste: la zona montañosa y de piedemonte, y la zona plana asociada al valle geográfico del río Cauca sobre la cual se encuentra ubicada la cabecera urbana del municipio. Cuenta con una cantidad aproximada de población, según proyecciones DANE a 2021, de 356.000 habitantes; la gran mayoría concentrados en la

cabecera urbana con un aproximado de 281.000 habitantes y unos 74.000 habitantes en los demás centros poblados y rural disperso.

De acuerdo con el POT de 2001, el modelo territorial de Palmira se fundamenta en 6 componentes principales (Art. 8, Acuerdo No. 109 de 2001):

1. Una Estructura Ecológica Principal compuesta por un sistema de áreas protegidas en las que se destacan el Parque Nacional Natural Las Hermosas y la Reserva Forestal Central, los elementos del sistema hídrico: principalmente el Basin del río Cauca y las cuencas de los ríos Cauca, Amaime, Nima, Aguacalara, Palmira, Guachal, Bolo y Frayle; el sistema orográfico, las Reservas y los Parques municipales.
2. Una estructura urbana compuesta por una ciudad central y un sistema de asentamientos rurales jerarquizados y especializados agrupados en forma de corona en torno a la ciudad central.
3. Una aglomeración industrial y de servicios, y un núcleo de equipamientos de escala regional en torno al aeropuerto internacional.
4. Una gran zona Agroindustrial plana que cubre los intersticios de las dos anteriores estructuras.
5. Unas zonas agropecuarias en torno a los centros poblados, en la franja del piedemonte y en los valles de la ladera.
6. Una red vial y férrea de equipamientos que integra los componentes anteriores.

Finalmente, estos componentes del modelo territorial se organizan político-administrativamente en un total de 16 comunas: la cabecera municipal abarca desde la comuna 1 hasta la comuna 7 con un total de 129 barrios y la zona rural abarca desde la comuna 8 hasta la comuna 16 con un total de 31 corregimientos (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Comunas de la cabecera urbana de Palmira

Comuna	Barrios	No. Barrios
1	Zamorano, Urb. Los Mangos, La Vega, Camilo Torres, Urb. Brisas del Norte, Urb. Los Caimitos, Urb. Villa del Caimito, Coronado, Urb. 20 de Julio, Urb. Simón Bolívar, Urb. Villa Diana, Urb. La Esperanza, Urb. Monteclaro, Urb. Villa del Rosario, Urb. Harold Eder, Urb. Hugo Varela Mondragón, Santiago Eder, Ciudadela Comfaunión, Urb. Emmanuel, Poblado de Lourdes, Ciudad Belén, Palma Real, El Porvenir.	16

Comuna	Barrios	No. Barrios
2	Bosques de Morelia, Urb. Villa Claudia, Industrial, Urb. Ignacio Torres Giraldo, Urb. Juan Pablo II, Urb. Santa Teresita, La Benedicta, Estonia, Berlín, Santa Isabel, Versalles, Mirriñao, Urb. Los Samanes, Las Mercedes, Urb. Samanes de la Merced, Urb. Almenares de la Merced, Santa María del Palmar, Urb. Campestre, Portal de las Palmas, Urb. Llanogrande, Urb. Departamental, Urb. Parque de la Merced, Urb. Plazuela de la Merced, Villas de Caña Miel, Poblado de Comfaunión, Altamira, La Orlidia, Betania de Comfandi.	28
3	Fray Luis Amigó, El Prado, Urb. Santa Ana, Emilia, La Concordia, Llanogrande, Acacias, Pomona y Brisas del Bolo, Santa Bárbara, Rivera Escobar, Olímpico, Urb. Villa de las Palmas, Urb. Bosques de Santa Bárbara, Casas de Alicanto.	14
4	Jorge Eliécer Gaitán, Loreto, Alfonso López, Colombia, Santa Rita, Obrero, San Cayetano, Bizerta, Uribe Uribe.	9
5	Prados de Oriente, San Pedro, Primero de Mayo, Providencia, La Libertad, Campestre, San Carlos, Danubio, San Jorge, San José, José Antonio Galán, Palmeras, María Cano, Popular Modelo, Municipal, Los Sauces, Urb. Siete de Agosto, Urb. El Jardín, Urb. El Bosque, Urb. Palmeras del Oriente, Palmeras de Marsella, Urb. Buenos Aires, Urb. Mejor Vivir, La Alameda, Urb. La Estrella.	25
6	Central, Colombina, Libertadores, Fátima, El Triunfo, Caicelandia, Urb. Las Flores, Urb. El Paraíso, Ciudadela Palmira, La Trinidad.	10
7	Luis Carlos Galán, Barrio Nuevo, Las Delicias, El Recreo, Santa Clara, Urb. Petruc, Urb. Las Américas, La Independencia, Chapinero, Urb. Guayacán, Sesquicentenario, Parques de la Italia, Las Victorias, Urb. El Trébol, Urb. Portales del Recreo, Urb. Los Robles, Guayacanes del Ingenio, Urb. La Palmirana, El Sembrador, Los Coches.	20

Fuente: Alcaldía de Palmira, 2021

Tabla 2. Comunas de la zona rural de Palmira

Comuna	Corregimiento	No. Corregimientos
8	Rozo, La Torre, La Acequia.	3
9	Matapalo, Obando, La Herradura, Palmaseca, Coronado (rural), Zamorano (rural).	6
10	La Dolores, Guanabanal, Caucaseco, Juanchito.	4
11	Bolo San Isidro, Bolo Italia, Bolo Alizal.	3
12	Amaime, Boyacá, La Pampa.	3
13	Tienda Nueva, Tablones, Guayabal, Barrancas.	4
14	La Zapata, Aguacalara, Ayacucho.	3
15	Combia, Toche.	2
16	Potrillo, Caluce, Tenjo.	3

Fuente: Alcaldía de Palmira, 2021

1.2. Sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime

El sector barrio azul está localizado en el corregimiento de Amaime, la parte sur del casco urbano, en la zona de confluencia de los ríos Amaime y Nima. Tiene como vecinos los barrios El Triunfo y El Refugio. Teniendo en cuenta los relatos de la comunidad tienen más de 15 años de existir en dicha zona, muchos de sus habitantes son migrantes del conflicto interno, trabajadores del corte de la caña de los ingenios Manuelita y Mayagüez, al igual que de la extracción artesanal de sedimentos del río Amaime, albañiles y madres cabeza de hogar que trabajan de aseadoras en las grandes haciendas del municipio de Palmira.

La Figura 2 muestra el polígono de localización del sector de barrio azul, rodeado por los ríos Nima y Amaime al igual que sus barrios vecinos.

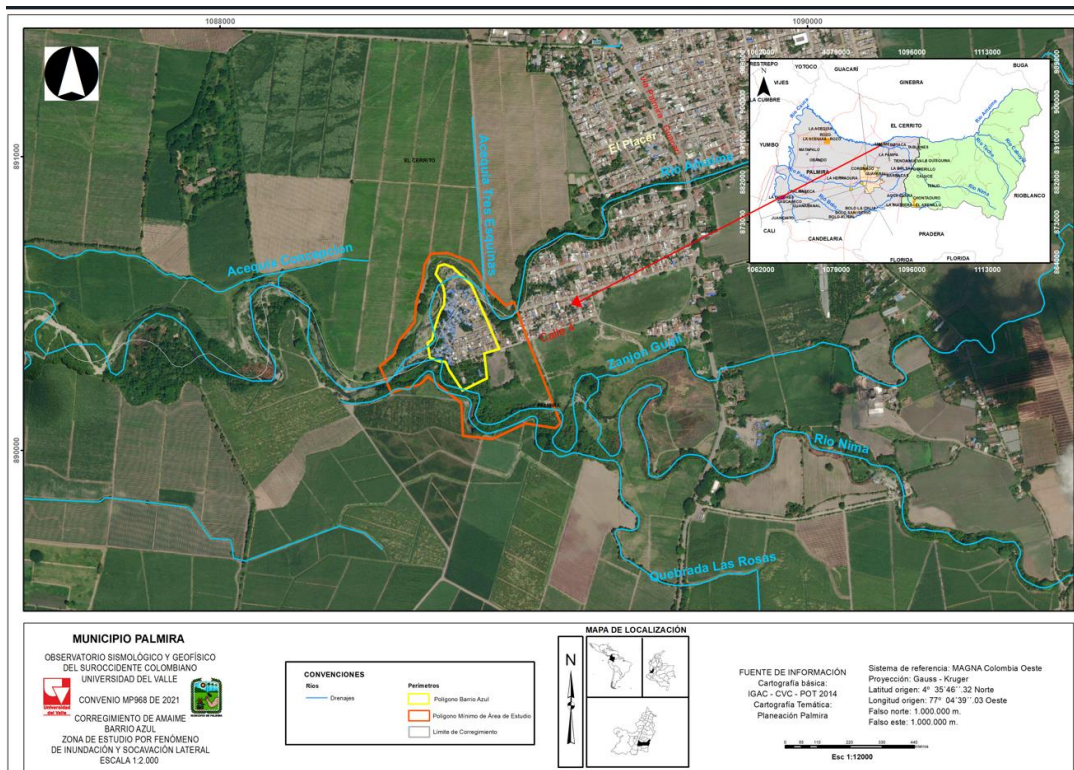


Figura 2. Localización del sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime

Fuente: elaboración propia

2. CAPITULO II. VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN Y SOCAVACION LATERAL

2.1. INTRODUCCIÓN

La definición de vulnerabilidad de la cual parte este informe se relaciona directamente con la interrelación de los diferentes factores físicos, sociales económicos y ambientales. Según la Estrategia para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR, 2009), estos aspectos se interrelacionan con los diferentes niveles de organización de la sociedad, entre ellos, los grados de exposición a un tipo de amenaza, las normas constructivas, la articulación entre las entidades tomadores de decisiones y los organismos de socorro. El análisis de vulnerabilidad considera las distintas presiones bajo las cuales se encuentra una comunidad, frente a lo cual, por un lado, se determina el grado de afectación ante eventos desfavorables y, por otro, se pueden identificar los factores susceptibles de reducir la capacidad de respuesta (Gomez, 2001).

Para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime del municipio de Palmira se realiza la evaluación y zonificación de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos ante inundación y socavación lateral. La zonificación de la vulnerabilidad se realiza con el fin de aportar a la disminución de la vulnerabilidad física frente a las amenazas naturales en concordancia con lo definido por el Decreto 1077 del 2015, lo cual permitirá abordar de manera adecuada los procesos de planificación ambiental y territorial definiendo con mayor precisión las medidas prospectivas y correctivas que se deben implementar.

El capítulo presenta la siguiente estructura. Primero una conceptualización de los fenómenos amenazantes, inundación socavación lateral, seguido de la definición de vulnerabilidad, exposición, fragilidad y la intensidad. Segundo, la metodología utilizada para la evaluación de los escenarios de vulnerabilidad, la exposición, la fragilidad (Intensidad y factor de resistencia y el cálculo y zonificación de la vulnerabilidad. En la tercera y cuarta parte del capítulo se presentan los análisis de vulnerabilidad ante inundación y socavación lateral, respectivamente, abordando cada apartado, la presión de impacto, la Identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos (exposición corporal y exposición estructural), la fragilidad y el cálculo y zonificación de vulnerabilidad. Al final de informe se presentan las conclusiones generales.

2.2. Objetivo general

Realizar la evaluación y zonificación de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos ante inundación y socavación lateral en el Barrio Azul, corregimiento de Amaime, del municipio de Palmira.

2.3. Objetivos específicos

- Recolectar información predio a predio de las características de las edificaciones localizados en zonas de amenaza alta y media ante los fenómenos de inundación y socavación lateral en el Barrio Azul, corregimiento de Amaime, del municipio de Palmira.
- Analizar los elementos expuestos en las zonas de amenaza alta y media ante los fenómenos de inundación y socavación lateral en el Barrio Azul, corregimiento de Amaime, del municipio de Palmira.
- Zonificar las áreas de vulnerabilidad física ante los fenómenos de inundación y socavación lateral en el Barrio Azul, corregimiento de Amaime, del municipio de Palmira.

2.4. Alcances

Se tiene como alcance realizar la evaluación y zonificación de la vulnerabilidad en la zona de estudio de Palmira ante los fenómenos de inundación y socavación lateral, a escala de detalle (1:2000), siguiendo los lineamientos del Decreto 1807 del 2014 (compilado en el Decreto 1077 del 2015).

2.5. Conceptualización

En este apartado se presentan las conceptualizaciones utilizadas para el análisis de la vulnerabilidad por inundación y socavación lateral en el Barrio Azul, corregimiento de Amaime del municipio de Palmira.

2.5.1. Inundación

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), indica que las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas.

Igualmente, el IDEAM¹, clasifica las inundaciones por dos tipos: la primera, son las inundaciones lentas, que son las que ocurren en las zonas planas de los ríos y con valles aluviales extensos, los incrementos de nivel diario son de apenas del orden de centímetros, reporta afectaciones de grandes extensiones, pero usualmente pocas pérdidas de vidas humanas, el tiempo de afectación puede fácilmente llegar a ser del orden de meses. En segundo lugar, se encuentran las inundaciones rápidas o crecientes súbitas, que aunque las áreas de afectación son menores, el poder destructivo es potencialmente mayor y cobra el mayor número de vidas cuando se presentan, responden rápidamente a la ocurrencia de fuertes precipitaciones en las partes altas de las cuencas, por lo que los incrementos de nivel son del orden de metros en pocas horas y el tiempo de permanencia de estas inundaciones en las zonas afectadas son igualmente de horas o pocos días.

También, el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE, 2011) en la cartilla básica de sistemas de alertas tempranas ante inundaciones, clasifica las inundaciones dependiendo de las causas que la generan:

Inundación pluvial: este tipo de inundaciones se producen como consecuencia de las fuertes precipitaciones concentradas en una zona particular. La elevada concentración de lluvia hace que el terreno se sature y el agua excedente se empiece a acumular, lo que puede durar horas o días, hasta que comienza a evaporarse y el terreno se recupera.

¹ <http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion>

Las inundaciones pluviales también se producen por la acumulación de agua lluvia en un determinado lugar o área geográfica que presenta dificultades de drenaje bien sea por colmatación o fallas del sistema de alcantarillado.

Inundaciones fluviales: esta clase de inundación se produce cuando el agua de los ríos se desborda y alcanza los terrenos cercanos al cauce. Tal como lo plantea Rojas et al. (2012), la inundación fluvial puede ser definida como un proceso natural por el cual el flujo rebosa el cauce. Se relaciona generalmente con la cantidad y distribución de las precipitaciones en una cuenca donde intervienen factores espacio-temporales.

Inundación por reflujo: se presenta cuando la elevación del nivel del agua en la entrega de un cuerpo de agua produce el remanso o reflujo de aguas limitando el drenaje (en general retorno de aguas de alcantarillas y desagües).

Inundación por rompimiento de jarillones o presas: ocurre cuando se presenta la falla de alguna de estas estructuras y el agua contenida por ellas pasa a ocupar sus zonas de influencia.

Inundación por marejadas: es la que se presenta en las zonas costeras por el ascenso del nivel del mar, producto de efectos de la atracción lunar y vientos fuertes de origen hidrometeorológico.

2.5.2. Socavación lateral

El fenómeno socavación lateral es la movilización de las partículas de material que conforman las bancas del cauce por acción de las fuerzas de corte en la dirección del flujo (Ven Te Chow et al., 1994). Dichas fuerzas aplican un empuje sobre el área de contacto del material de la banca, ocasionando la falla de la pared del cauce debido al desarrollo de los procesos erosivos en la base del talud y el aumento desestabilizante asociado a su inclinación (Tardío, 2013).

2.5.3. Vulnerabilidad

La Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres –UNDRR–, en su marco de acción para la Implementación de la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres define que la vulnerabilidad está en función de las acciones y el comportamiento humano. Describe el grado de resistencia o susceptibilidad de un sistema socioeconómico con respecto al impacto de los peligros naturales y desastres tecnológicos y ambientales.

Según lo señalado, el grado de vulnerabilidad se determina por una combinación de factores, incluyendo la concienciación existente sobre estos peligros, las condiciones que

presentan los asentamientos humanos y la infraestructura, las políticas y la administración pública; así como, las habilidades organizativas en todos los campos relacionados con la gestión de desastres (UNDRR, 2001).

El autor Omar Darío Cardona (1991), expresa que la vulnerabilidad corresponde a la predisposición o susceptibilidad que tiene un elemento a ser afectado o a sufrir una pérdida. Además, señala que la vulnerabilidad, puede clasificarse como de carácter técnico y de carácter social, siendo la primera más factible de cuantificar en términos físicos y funcionales, como, por ejemplo, en pérdidas potenciales referidas a los daños o la interrupción de los servicios. A diferencia de la segunda que prácticamente sólo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debido a que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, etc.

En consecuencia, un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso.

Por otro lado, la Ley 1523 del 2012, 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, define la vulnerabilidad como "la 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 sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos".

2.5.4. Exposición

La exposición pueden ser elementos corporales, estructurales, funcionales y ambientales, donde las características precarias las edificaciones, la carencia de servicios, construcción en áreas inestables, constituyen la combinación potencial de afectación ante un evento adverso (Caram y Pérez (2006) citado en Rivero et al., 2017).

2.5.5. Fragilidad

"La fragilidad está referida al nivel de resistencia y protección frente al impacto de un peligro o amenaza, es decir las condiciones de desventaja o debilidad relativa de una unidad social por las condiciones socioeconómicas" (DMEF y GTZ, 2007).

2.5.6. Intensidad -Tipos y modos de daños

El escenario de vulnerabilidad está asociado a la intensidad y a la magnitud del evento sobre las edificaciones, el ambiente y las personas expuestas que pueden padecer diferentes tipos de daños.

Anteriormente se pensaba que la intensidad de los daños esperados sería limitada y restringida, es decir, que dada una determinada intensidad debería ocurrir un cierto tipo de daños, lo que implicaba que la distribución de los daños fuera uniforme; no obstante, las características intrínsecas de los elementos expuestos son diferentes, determinando diferentes tipos de afectaciones.

2.6. Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad

El análisis de la vulnerabilidad física para el Barrio Azul, localizado en el corregimiento de Amaime, Palmira, se realiza teniendo como base lo planteado por la “Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y Afectación por Movimientos en Masa” del Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2016), la cual brinda las etapas generales a tener en cuenta en la evaluación de la vulnerabilidad física y los elementos necesarios para dar cumplimiento a los lineamientos establecidos en el Decreto 1807 del 2014 para los estudios a detalle (1:2000).

La propuesta de caracterización de la vulnerabilidad presentada en dicha guía se ha soportado con base en los estudios de Uzielli et al. (2008), Li et al. (2010) y Du et al. (2013, 2014). Sin embargo, cabe mencionar que lo presentado por el SGC (2016) y por estos autores, se ha adecuado para el presente estudio conforme a las necesidades del proyecto y a las condiciones del área del estudio, teniendo en cuenta el juicio de expertos de los profesionales que conforman el equipo de trabajo y el respectivo soporte bibliográfico. Así mismo, es de aclarar que, a pesar de ser una metodología enfocada principalmente al fenómeno de movimiento en masa, se ha modificado conforme a criterios técnicos para ser implementada en el fenómeno de inundación y socavación lateral.

El análisis de la vulnerabilidad comprende dos etapas fundamentales: la identificación de los escenarios de vulnerabilidad y la zonificación de la vulnerabilidad. Los escenarios de vulnerabilidad se construyen con base en la exposición de los elementos (bienes físicos y personas) y su grado de fragilidad ante el evento amenazante. Una vez se obtienen los escenarios, se procede a realizar la zonificación de la vulnerabilidad en niveles de alta, media y baja (SGC, 2016).

Las áreas sujetas al estudio de la vulnerabilidad a escala detallada son aquellas zonas con ocupación actual y que se identificaron en la categoría de amenaza alta y media.

2.6.1. Escenarios de vulnerabilidad ante inundación y socavación lateral

La caracterización del escenario de vulnerabilidad incluye la estimación de la exposición para los elementos físicos y corporales, así como también los niveles de fragilidad ante el evento amenazante. En el presente apartado se describen los soportes metodológicos y bibliográficos tomados en cuenta para su evaluación.

2.6.2. Exposición

Los elementos expuestos incluyen tanto elementos físicos (bienes e infraestructura), como elementos corporales (personas), que por su localización pueden resultar afectados por la materialización de una amenaza (SGC, 2016). En este sentido, con el fin de evaluar la exposición para los dos fenómenos trabajados, se asignaron valores de acuerdo con la localización de los elementos en los respectivos niveles de amenaza.

Para el fenómeno de inundación el valor de la exposición se relacionó de manera directa con los niveles de amenaza. Se asume que las zonas de amenaza alta son aquellas de mayor cercanía a los cauces de los ríos y las que se pueden ver impactadas de manera inmediata por la inundación; mientras que las zonas de amenaza baja son las más alejadas a los cauces y su nivel de exposición al fenómeno es menor. De esta forma, se definen tres zonas de exposición con los siguientes valores (Tabla 3 y Figura 3).

Tabla 3. Zonas de exposición ante inundaciones

Zonas de exposición	Nivel de amenaza	Valor de exposición
1	Alta	1
2	Media	0,4
3	Baja	0

Fuente: elaboración propia

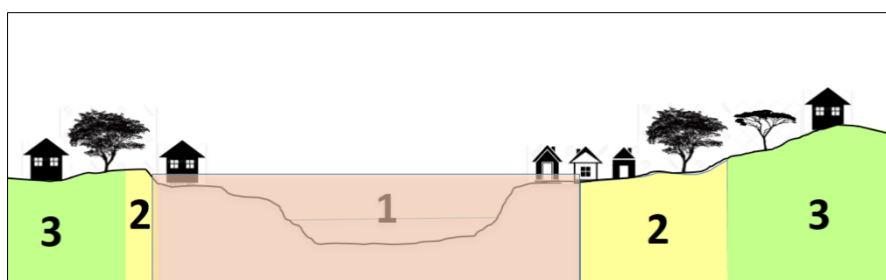


Figura 3. Zonas de exposición ante inundaciones

Fuente: elaboración propia

Para el fenómeno de socavación lateral al igual que el fenómeno de inundación la exposición está relacionada de manera directa con los niveles de amenaza (Tabla 4 y Figura 4.

Tabla 4. Zonas de exposición ante socavación lateral

Zonas de exposición	Nivel de amenaza	Valor de exposición
1	Alta	1
2	Media	0,4
3	Baja	0

Fuente: elaboración propia



Figura 4. Zonas de exposición ante socavación lateral

Fuente: elaboración propia

2.6.3. Fragilidad

La fragilidad está determinada por dos factores principales: uno es la intensidad del evento, que especifica la presión a la cual se someten los elementos expuestos, que condiciona la severidad del evento; y el otro es el factor de seguridad (resistencia), que determina la condición de resistencia de los elementos expuestos ante el impacto del fenómeno o la amenaza. A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para la estimación de estos dos factores:

- *Intensidad*
- **Intensidad sobre las estructuras (edificaciones)**

La intensidad brinda información sobre la gravedad y las dimensiones del evento. Cuando este ocurre, flujos o diferentes materiales se desplazan a alta velocidad pudiendo afectar directamente a los elementos expuestos mediante una gama de mecanismos de impacto. Para el análisis de la tipología de las edificaciones, se siguió la normativa de la NRS-10, y con lo observado en el reconocimiento de la zona de estudio, se acotaron las siguientes tipologías (Tabla 5).

Tabla 5. Tipología de las edificaciones

Tipo de edificación	Descripción
Mampostería Confinada y Edificaciones reforzadas	Edificaciones con estructura en concreto y acero de los grupos de importancia I y II construidas con pórticos en concreto reforzado, sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc. También se incluyen aquellas del grupo A construidas antes de 1998. Y aquellas edificaciones que tienen un sistema estructural de mampostería con elementos de refuerzo (barras, láminas, pernos, platinas, etc.). También se incluyen las edificaciones en mampostería confinada.
Mampostería no reforzada	Estructuras con confinamiento deficiente y estructura híbridas edificaciones con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado (mampostería no reforzada).
Muro Tapia, Bahareque	Estructura ligera y edificaciones construidas con materiales tradicionales o de baja calidad, con un sistema estructural de muros cargueros. Dentro de esta tipología se incluyen las edificaciones construidas con materiales como adobe, bahareque, madera bruta, tapia pisada y las prefabricadas.
Otro	Se consideraron construcciones simples edificaciones que no poseen una estructura definida, de carácter improvisado, generalmente construidas utilizando materiales precarios o de recuperación. Entre estas se incluyen las edificaciones en proceso de construcción y las construidas en materiales de recuperación, pórticos y paneles de madera, y pórticos de madera y paneles en otros materiales. Son ejemplo de este tipo de edificaciones tugurios, ranchos, campamentos, carpas, etc.

Fuente: elaborada con información de NRS-10, 2010 y SGC (2016)

Según la propuesta de Du et al. (2014), la intensidad para las estructuras se define como una función de su profundidad y de la presión de impacto:

$$I = 1 - (1 - I_{f-pre})(1 - I_{f-prof}) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

I : es la intensidad del evento.

I_{f-pre} : es el parámetro de la intensidad debido a la presión. Se estima a partir de la relación entre la presión de impacto del evento y la presión límite soportada por la estructura.

I_{f-prof} : es el parámetro de la intensidad por la profundidad del evento. Se presenta en función de la relación entre la altura de la masa acumulada y la altura de la edificación.

- **Presión de impacto de la inundación (I_{f-pre}):**

$$I_{f-pre} = \frac{P_{iinun}}{P_{le}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

P_{iinun} : presión de impacto de la inundación

P_{le} : presión límite soportada por las estructuras.

La presión del impacto de la inundación se estima teniendo como referencia lo planteado por Du et al. (2014) para los movimientos en masa. Para este caso, se toma la velocidad y densidad del flujo de agua:

$$P_{iinun} = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

P_{iinun} : presión de impacto de la inundación (kPa)

ρ : densidad del agua (kg/m³)

v : velocidad (m/s)

El límite de la presión horizontal soportada por las estructuras (P_{le}), se aborda de la misma manera que para el fenómeno de movimiento en masa, tal como lo estipula Du et al. (2014) y lo complementa el SGC (2016).

En relación con el límite de la presión horizontal soportada por las estructuras (P_{le}), Du et al. (2014) plantean un promedio para diferentes tipos de estructuras, los cuales son complementados por el SGC (2016) (Tabla 6). Entre mayor sea valor, más es la presión que soporta la estructura.

Tabla 6. Presión límite soportada por las estructuras

Tipología	Presión límite de la estructura (kpa)	Presión límite de la estructura (t/m ²)
Otros	1	0,102
Madera, Tapia y Bahareque	5	0,5099
Mampostería No Reforzada	8	0,8158
Mampostería Confinada	11	1,122

Fuente: modificado Du et al. (2014) y SGC (2016)

- **Profundidad de la inundación** (I_{f-prof}):

El parámetro I_{f-prof} se representa en función de la relación entre la profundidad de la inundación y la altura de las estructuras por medio de la siguiente expresión:

$$I_{f-prof} = \frac{P_{inund}}{h_e} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

P_{f-prof} : parámetro de intensidad por la profundidad

P_{inud} : profundidad de la inundación

h_e : altura de las edificaciones (número de pisos).

Para el cálculo de la intensidad de la socavación lateral, se trabaja de manera directa con el valor del esfuerzo cortante del suelo. El criterio de rotura en suelos más difundido deriva del propuesto por Coulomb², que relaciona tensiones efectivas normales y tensiones tangenciales actuando en cualquier plano del suelo.

Para mayor ampliación del criterio, ir al informe de Amenaza por Socavación Lateral de Barrio Azul, subcapítulo 5.5 “Socavación lateral de cauce por hidráulica fluvial” donde se presenta las propiedades geotécnicas y los cálculos para un periodo de retorno de 100 años.

- **Intensidad corporal**

Para las variables corporales, los valores de intensidad utilizados son los estimados a nivel estructural, puesto que se asume que la población de encuentra dentro de las infraestructuras.

- **Factor de resistencia**

La metodología llevada a cabo para la obtención de los factores de resistencia estructural y corporal se describe a continuación.

- **Factor de resistencia estructural**

-

Para la estimar el factor de resistencia estructural, se tomaron como base las variables planteadas en los trabajos de Uzielli (2008) y Du et al. (2013, 2014): tipología de la construcción, edad de la construcción, número de pisos (altura) y estado de conservación.

Con el fin de obtener la información de cada una de las variables y de dar cumplimiento con las escalas de detalle establecidas en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto

² <https://geoquantics.com/2020/02/05/esfuerzo-cortante-suelos/>

1077 de 2015), se realizó de inspección en cada una de las edificaciones localizadas en las zonas de amenaza alta y media.

El indicador de Resistencia Estructural (Se) se construye con base en la fórmula propuesta por Li et al. (2010) y modificada por Du et al. (2013, 2014), tal como se describe a continuación:

$$Se = 1 - [(1-Stip)*(1-Salt)*(1-Scon)*(1-Sser)] \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

Se: factor de resistencia estructural

Stip: tipo de estructura

Salt: altura de las estructuras

Scon: estado de conservación de las estructuras

Sser: servicio de las estructuras

Cabe mencionar que, este factor se interpreta de manera inversa, es decir, un valor alto representa una resistencia baja de las estructuras o de los elementos corporales, incidiendo en el aumento de la vulnerabilidad.

- *Factor de resistencia por tipo de estructura (Stip)*

Para el tipo de estructura se consideran los factores de resistencia propuestos por Du et al. (2013) a partir de las tipologías establecidas por Heinimann (1999) (Tabla 7).

Tabla 7. Factor de resistencia por tipología de las estructuras

Tipología	Resistencia	Stip
Otro (Material Reciclado)	Baja	1
Madera, Tapia y Bahareque	Media	0,9
Mampostería No Reforzada	Alta	0,7
Mampostería Confinada	Muy Alta	0,5

Fuente: modificado de Du et al. (2013)

- *Factor de resistencia por altura de la estructura (Salt)*

Los valores de este parámetro se plantean conforme a lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-1) (AIS, 2010), el cual establece el

número de pisos límite que deben tener los diferentes sistemas constructivos existentes en el país. De esta forma, tomando como referencia dichas demarcaciones y teniendo en cuenta el juicio de los profesionales que conforman el equipo de trabajo, se proponen unos rangos de resistencia en función del número de pisos de las estructuras (Tabla 8).

Tabla 8. Factor de resistencia por altura de las estructuras

Tipología	Número de pisos	Salt
Otros	1	0,90
	≥ 2	1
Madera, Tapia y Bahareque	1	0,70
	≥ 2	0,80
Mampostería no reforzada	1	0,50
	≥ 2	0,60
Mampostería confinada	1	0,30
	≥ 2	0,40

Fuente: elaboración propia

- *Factor de resistencia por servicio de la estructura (Sser)*

El parámetro de resistencia relacionado con el servicio de la edificación se estima a partir de la relación de los años de servicio con respecto a la vida útil de diseño de la edificación (servicio/vida útil). Los valores de este parámetro corresponden a los propuestos por Du et al (2013; 2014) (Tabla 9).

Tabla 9. Factor de resistencia por servicio de las estructuras

Relación años de servicio/vida útil	Sed
$\leq 0,1$	0,05
0,1-0,4	0,1
0,4-0,6	0,3
0,6-0,8	0,5
0,8-1,0	0,7
1,0-1,2	0,8
$> 1,2$	1

Fuente: Du et al. (2013, 2014)

La vida útil de las edificaciones hace referencia al tiempo donde se puede hacer uso de la estructura sin involucrar mantenimiento de sus elementos estructurales, sólo actividades de conservación de pintura y de elementos menores. En el presente trabajo, la vida útil de las estructuras se estima con base en sus características físicas y soportadas en información secundaria.

Para las estructuras elaboradas en mampostería, se tomó la vida útil definida por Gonzáles Mora (2005), quien considera la durabilidad de las edificaciones con base en sus usos. Con el propósito de tener en cuenta la resistencia de las estructuras en las condiciones más desfavorables, se consideran los valores dados en un contexto de uso extremo Tabla 10.

En relación con la tipología de Madera, Tapia y Bahareque, se acoge lo planteado por Kaminski et al. (2016) (Tabla 10).

Tabla 10. Vida útil de las estructuras

Tipología	Vida útil
Otros	15 años
Madera, Tapia y Bahareque	30 años
Mampostería no reforzada	50 años
Mampostería confinada	70 años

Fuente: elaboración propia

- *Factor de resistencia por conservación de la estructura (Scon):*

El estado de conservación se evalúa a partir de la inspección visual de las edificaciones y se califica teniendo como referencia los valores propuestos por Du et al. (2013, 2014) (Tabla 11).

Tabla 11. Estado de conservación de las estructuras

Estado de conservación	Descripción	Separación grietas (mm)	Scon
Bueno	Solo se observan danos superficiales leves en los acabados.	0-0,5	0,01
Daños moderados	Fisuras en juntas horizontales en los extremos superior e inferior de elementos verticales.	0,5- 5,0	0,35
Daños graves	Desplazamiento relativo o movimiento en el plano fuera de él (pandeo). Inclinaciones del elemento fuera de su plano vertical.	> 5	0,70
Colapso	Unidades de mampostería con fallas por aplastamiento.		
	Colapso total de la estructura		1

Fuente: modificado de Du et al. (2013, 2014).

- Factor de resistencia corporal

Uzielli et al. (2008), con base en el trabajo de Ragozin & Tikhvinsky (2000) y Uzielli (2006), plantea que la resistencia de las personas ubicadas dentro de una edificación es proporcional a la resistencia de la estructura. Adopta un modelo donde considera que las lesiones, fatalidad y capacidad de evacuación de las personas están condicionada a la estabilidad de las estructuras (Ecuación 6).

$$Scorp = (Se)^{3.2} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

Scorp: factor de resistencia corporal

Se: factor de resistencia de las estructuras

Según lo expuesto por Uzielli et al. (2008), este modelo es aplicable a diferentes tipos de amenazas; por tal razón, para efectos de la presente investigación se utiliza para movimientos en masa e inundaciones.

2.6.4. Cálculo y zonificación de la vulnerabilidad

Para el cálculo de la vulnerabilidad se adapta la propuesta de Li (2010), la cual analiza la vulnerabilidad como una función de la intensidad y la capacidad de resistencia de los elementos expuestos (*S*). Sin embargo, partiendo de la concepción que la vulnerabilidad es el producto de la relación entre la exposición y la fragilidad (Ecuación 7), se modifica dicho planteamiento, incluyendo la evaluación de la exposición (Ecuaciones 8, 9). Esto se realiza teniendo en cuenta soporte bibliográfico y el conocimiento previo del equipo de trabajo sobre la temática.

La estimación de la vulnerabilidad se realiza para los elementos expuestos tanto físicos como corporales.

$$V = (Exp * Frag) \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

V: vulnerabilidad

Exp: exposición

Frag: fragilidad

$$V = \frac{1}{2} Exp \left(\frac{I}{1-S} \right)^2 \quad I \leq 1 - S \quad (\text{Ecuación 8})$$

Ó

$$V = 1 - \frac{1}{2} \text{Exp} \left(\frac{1-I}{S} \right)^2 \quad I > 1 - S \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

V: vulnerabilidad

Exp: exposición

I: Intensidad

S: factor de seguridad (resistencia)

(V, Exp, I, S) son adimensionales $\in [0,1]$

Por lo tanto, la fragilidad está representada por todo lo que multiplica a la exposición. Tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$\left(\frac{1-I}{S} \right)^2 \quad \text{ó} \quad \left(\frac{I}{1-S} \right)^2 \quad (\text{Ecuación 10})$$

Del cálculo de la vulnerabilidad se debe considerar lo siguiente:

- Para estructuras, un valor de 1 significa la destrucción completa de la estructura. Los valores menores que 1 representan el grado de daño, y 0 significa que la edificación no presenta ningún daño (Tabla 12) (SGC, 2016).
- En personas, 1 significa la pérdida de la vida, y los valores menores que 1 se traducen como la probabilidad de pérdida de la vida (Tabla 12) (SGC, 2016).

Finalmente, con base en los valores de vulnerabilidad definidos se preparará la cartografía correspondiente. La vulnerabilidad alta se identifica con color rojo, la vulnerabilidad media con color amarillo y la vulnerabilidad baja con color verde.

Tabla 12. Clasificación de la vulnerabilidad para estructuras y personas

Clasificación de la vulnerabilidad	Valor de vulnerabilidad	Nivel de daño
ALTA	0,70-1,00	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar mayor contacto con la amenaza, condiciones delicadas de fragilidad estructural y corporal, acompañados de una nula capacidad de resistencia frente a situaciones adversas.

Clasificación de la vulnerabilidad	Valor de vulnerabilidad	Nivel de daño
MEDIA	0,40-0,70	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de fragilidad estructural y corporal relativamente moderados, con insuficientes condiciones de resistencia.
BAJA	0,00-0,40	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de exposición y fragilidad estructural y corporal baja, cuyas condiciones de infraestructura son adecuadas y su resistencia es aceptable.

Fuente: modificado de SGC (2016).

2.7. Análisis de vulnerabilidad ante inundación

A continuación, se presentan los resultados de la vulnerabilidad ante el evento de inundación en el sector de Barrio Azul. Se resalta que, los análisis para el escenario de inundación se realizan teniendo como base las zonas de amenaza (alta y media) por desbordamiento global, es decir, la intersección de los modelos hidráulicos de los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

2.7.1. Presión de impacto por inundaciones

Para el análisis de la presión de impacto ante el fenómeno de inundación fluvial, se tuvo en cuenta los rangos de velocidad entre 0,5 – 0,8m/s y de profundidad entre 0,05 a 0,9 metros que alcanzaría el agua causada por los desbordamientos de los ríos Amaime y Nima de acuerdo con las simulaciones de los resultados de la modelación hidráulica correspondiente a un periodo de retorno de 100 años.

Las Figura 5 y Figura 6 muestran las profundidades y velocidades de los ríos Amaime y Nima obtenidos como resultados de la modelación hidráulica, los cuales son usados como insumos para el análisis de la presión de impacto que ejerce la inundación sobre los elementos expuestos.

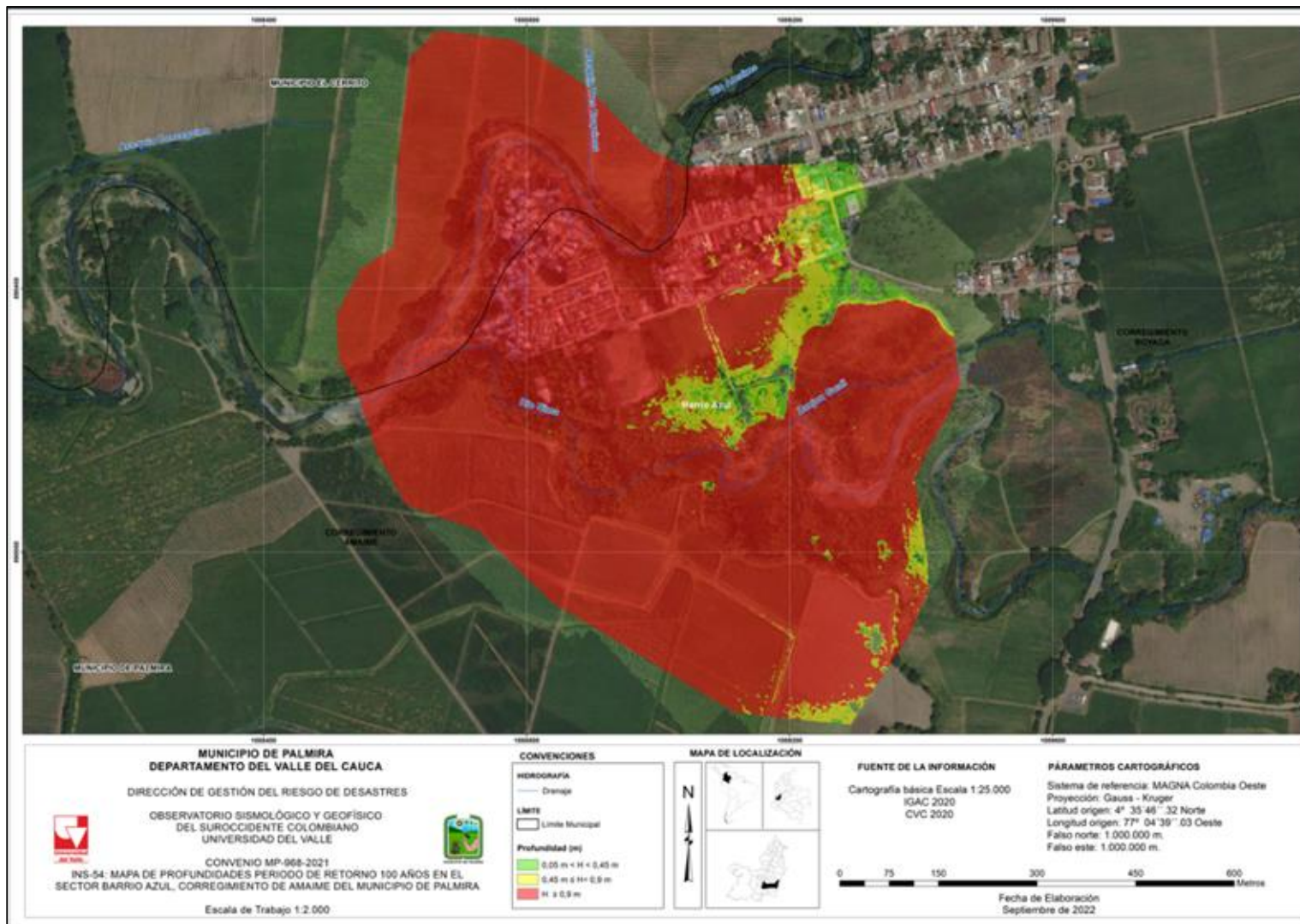


Figura 5. Mapa de profundidades período de retorno 100 años en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

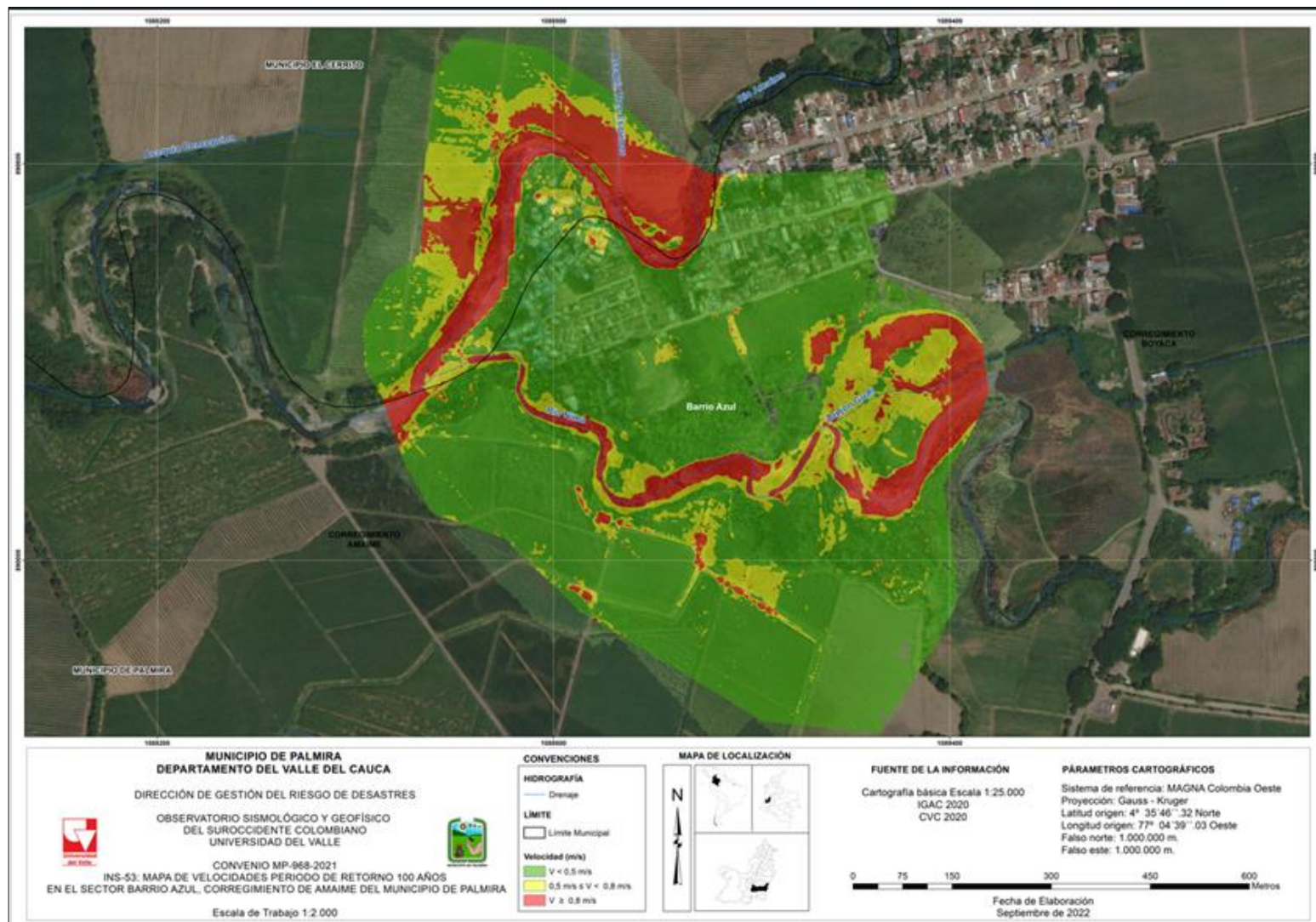


Figura 6. Mapa de velocidades período de retorno 100 años en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

2.7.2. Identificación, localización y caracterización de elementos expuestos

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en campo, se realiza la caracterización de los elementos corporales y estructurales expuestos ante el fenómeno de inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.

Dicho sector se encuentra en su totalidad en exposición alta frente al fenómeno de inundación. Se levantaron en total 393 edificaciones.

Exposición Corporal

El análisis de la exposición corporal se realizó a nivel de edificación con el propósito de determinar la cantidad de personas expuestas ante el fenómeno, para ello, se utilizó la información poblacional obtenida en la encuesta realizada en el trabajo de campo.

La obtención de este insumo es posible, se debe a las personas que permitieron ser encuestadas y el ingreso a las edificaciones de manera parcial o en su totalidad. Según la información recopilada, un total de 1267 habitantes están en exposición alta (Tabla 13).

Tabla 13. Número de habitantes en exposición por inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Habitantes	Exposición alta	Total
Total	1267	1267

Fuente: elaboración propia

Exposición Estructural

El análisis de la exposición de elementos estructurales se realizó a nivel edificación considerando las variables de: tipología de edificación, estado de conservación, edad o tiempo de servicio y número de pisos de edificación.

Como resultado del censo realizado en el sector de Barrio Azul, se levantaron 393 edificaciones con exposición alta para el fenómeno de inundación. Dichas edificaciones se encuentran distribuidas en tres barrios de la siguiente manera: para el barrio El Refugio, 147 edificaciones; 39 edificaciones en el barrio El Triunfo y 207 edificaciones se localizan en el sector de Barrio Azul (Tabla 14).

Tabla 14. Número de edificaciones en exposición por barrio ante inundación en el sector de Barrio Azul corregimiento de Amaime, Palmira

Barrio	Exposición alta
Sector Barrio Azul	207
Refugio	147
El Triunfo	39
Total	393

Fuente: elaboración propia

- **Tipología de la edificación**

De acuerdo con su tipología constructiva, se encuentran 84 edificaciones en Madera, Tapia y Bahareque; 216 edificaciones en Mampostería No Reforzada, dos construcciones son de Mampostería Confinada, y finalmente, con otras tipologías se tienen 91 edificaciones. La **Tabla 15** muestra el número de edificaciones de acuerdo con su tipología.

Tabla 15. Número de edificaciones según su tipología de construcción expuestas a inundación en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Tipología de construcción	Exposición alta
Otro	91
Madera tapia y bahareque	84
Mampostería no reforzada	216
Mampostería confinada	2
Total	393

Fuente: elaboración propia

- **Estado de conservación de la edificación**

En este punto se hace un análisis descriptivo de la exposición de las edificaciones de acuerdo con su estado de conservación: bueno, daños moderados y daños graves.

En la **Tabla 16** se muestra el número de edificaciones expuestas ante inundación según su estado de conservación en el sector de Barrio Azul. Hay 202 edificaciones con Buen Estado, con Daños Moderados 144 edificaciones y 47 edificaciones tienen Daños Graves.

Tabla 16. Número de edificaciones según su estado de conservación expuestas a inundación en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Estado de conservación	Exposición alta
Bueno	202
Daños Moderados	144
Daños Graves	47
Total	393

Fuente: elaboración propia

- **Edad de la edificación**

Para la edad de las edificaciones se establecieron 5 rangos de edad (Tabla 17). Se encontraron 200 edificaciones con menos de 20 años, 79 edificaciones con un rango de edad entre los 20 y 29 años, y 111 edificaciones están en un rango de los 30 a 49 años. Solo tres edificaciones están en un rango de edad entre los 50 y 79 años. Todas las construcciones se encuentran en exposición alta al fenómeno de inundación.

Tabla 17. Número de edificaciones según su edad expuestas a inundación en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Rango de edad de la edificación	Exposición alta
<20	200
[20 ; 29]	79
[30 ; 49]	111
[50 ; 79]	3
>=80	0
Total	393

Fuente: elaboración propia

- **Altura de la edificación**

De manera general, las edificaciones expuestas ante el fenómeno de inundación, en su gran mayoría son de uno (1) y dos (2) pisos (Tabla 18). Existen 311 edificaciones con un piso, existen 311, de dos pisos se tienen 74 edificaciones y con tres pisos ocho edificaciones.

Tabla 18. Número de edificaciones según su altura expuestas a inundación en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Número de pisos	Exposición alta
1	311
2	74
3	8
Total	393

Fuente: elaboración propia

En la Figura 7 se muestra la distribución espacial de los elementos estructurales expuestos en exposición alta y media ante el fenómeno de inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime.

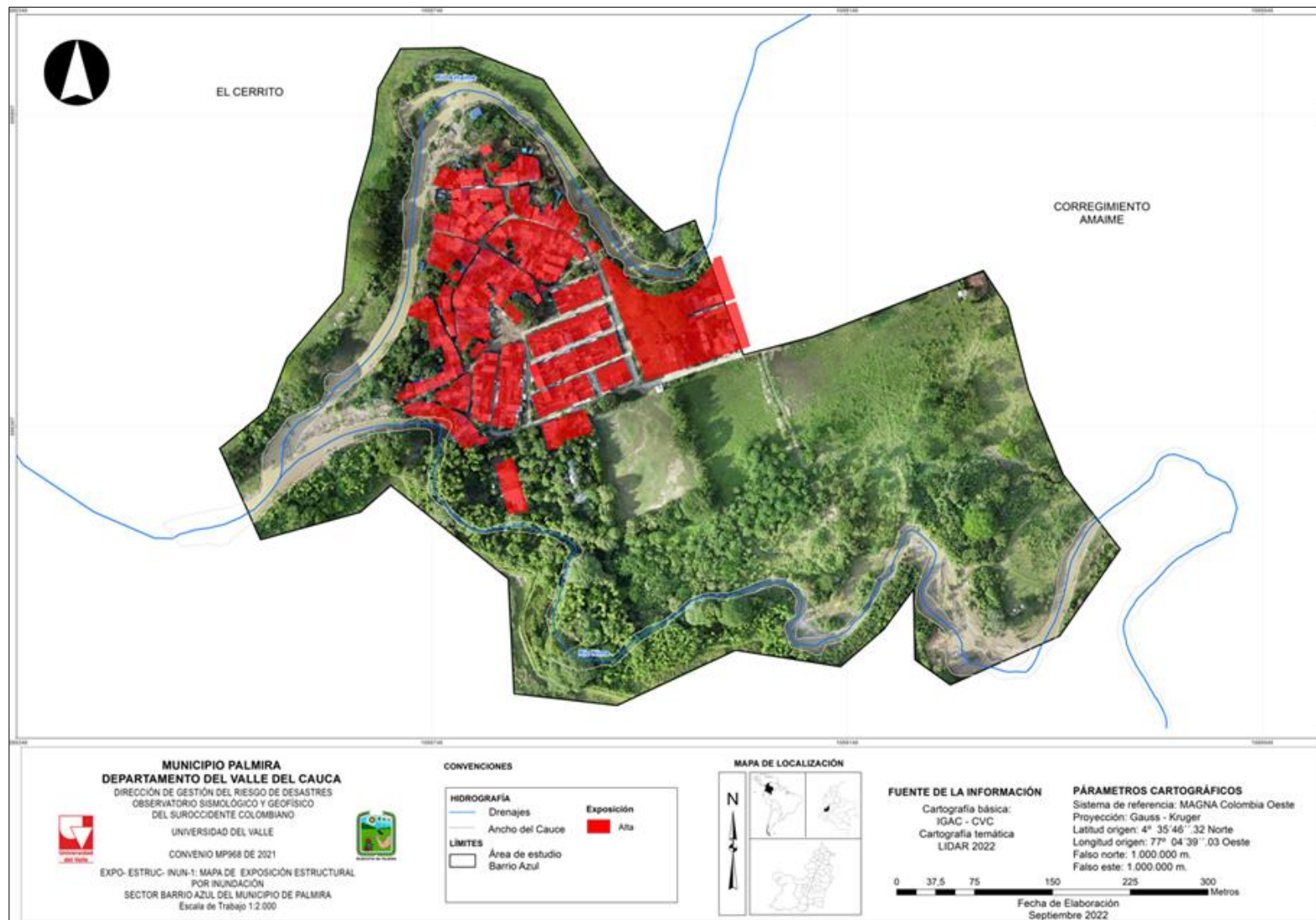


Figura 7. Distribución espacial de elementos estructurales expuestos ante inundación para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

2.7.3. Fragilidad

El factor de resistencia indica que tan resistente es el individuo o los elementos expuestos frente al fenómeno de inundación. Se relaciona con la intensidad para el cálculo de la vulnerabilidad, pero el valor de resistencia depende propiamente de los elementos expuestos.

Factor de resistencia estructural

La resistencia estructural se entiende como la capacidad que tienen los elementos estructurales de aguantar los esfuerzos a los que están sometidos sin romper.

Para el fenómeno de inundación, el análisis arrojó de manera general un factor de resistencia bajo teniendo en cuenta su tipología constructiva, su edad, su número de pisos y el estado de conservación. En la Figura 8 se muestra la distribución espacial del factor de resistencia en las edificaciones por inundación en el sector de Barrio Azul

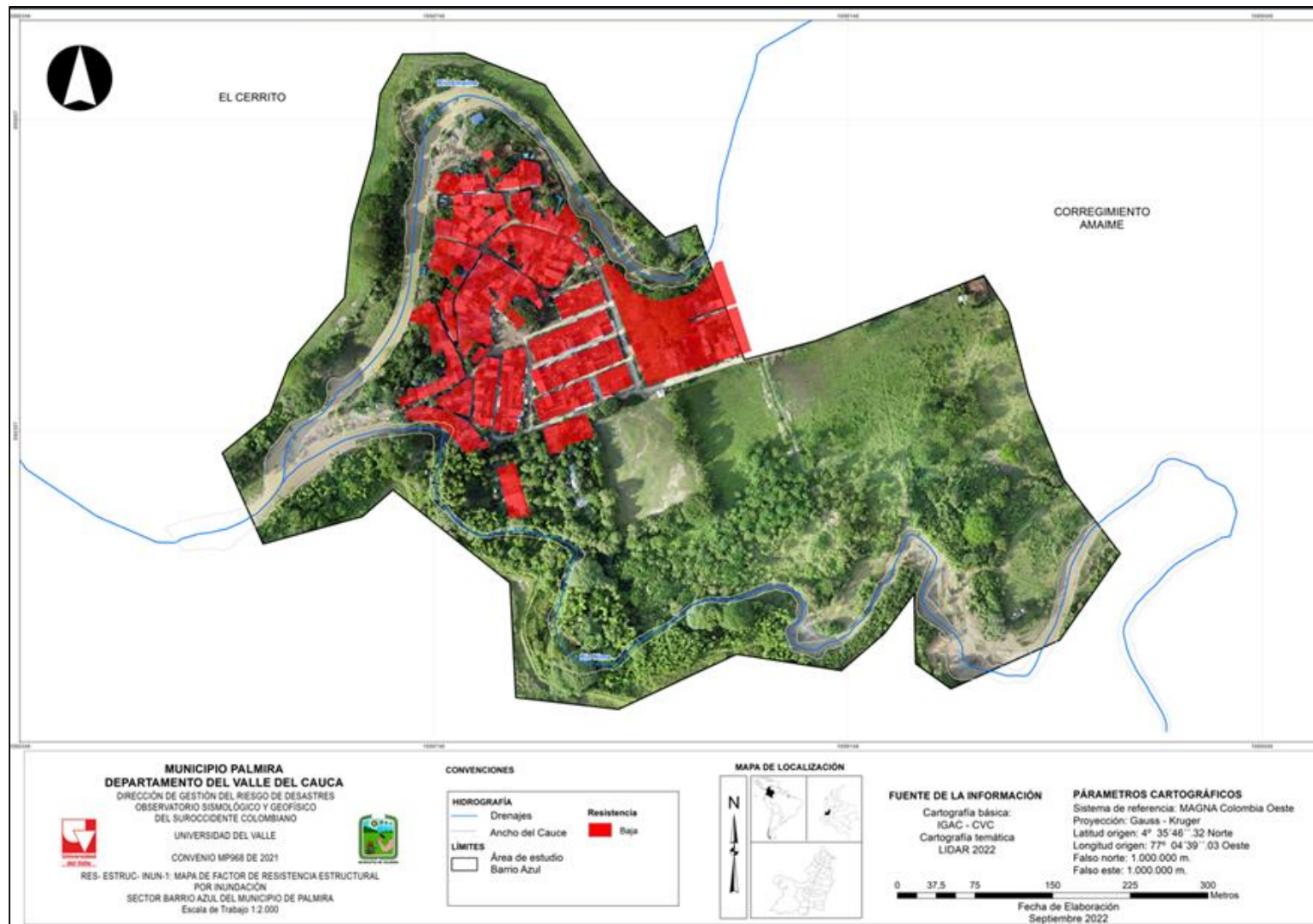


Figura 8. Factor de resistencia estructural ante inundación en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

Factor de resistencia corporal

El factor de resistencia corporal, tal como se presentó en la metodología, está estimada en función a la resistencia de la estructura.

En la Tabla 19 y Figura 9, se muestra que el 99% de los habitantes presentan un factor de resistencia bajo y el 1% el factor de resistencia es medio.

Tabla 19. Factor de resistencia corporal ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Factor de resistencia	Número de personas	Porcentaje (%)
Bajo	1258	99
Medio	9	1

Fuente: elaboración propia

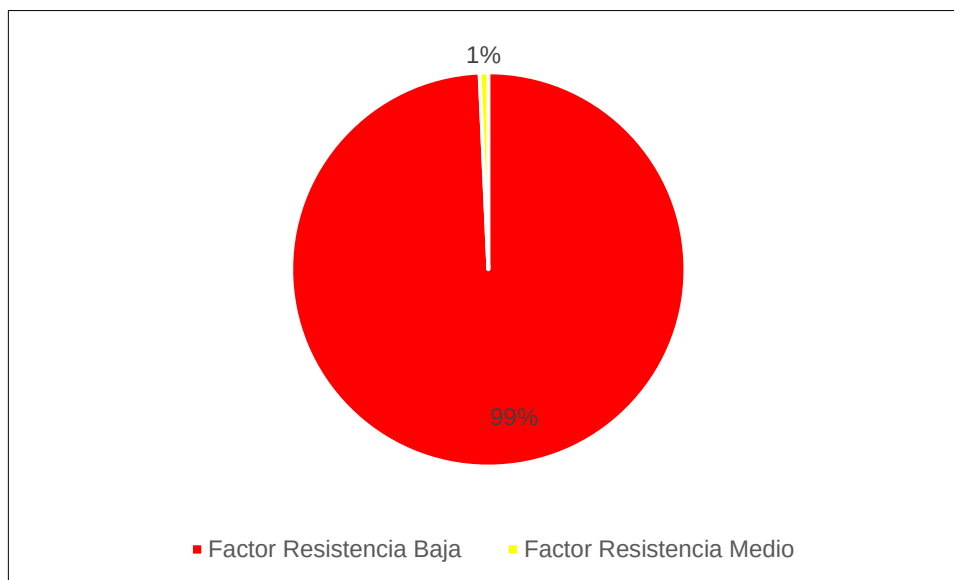


Figura 9. Distribución porcentual del factor de resistencia corporal ante inundación en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

La Figura 10 muestra la espacialización del factor de resistencia corporal ante inundación para el sector de Barrio Azul.

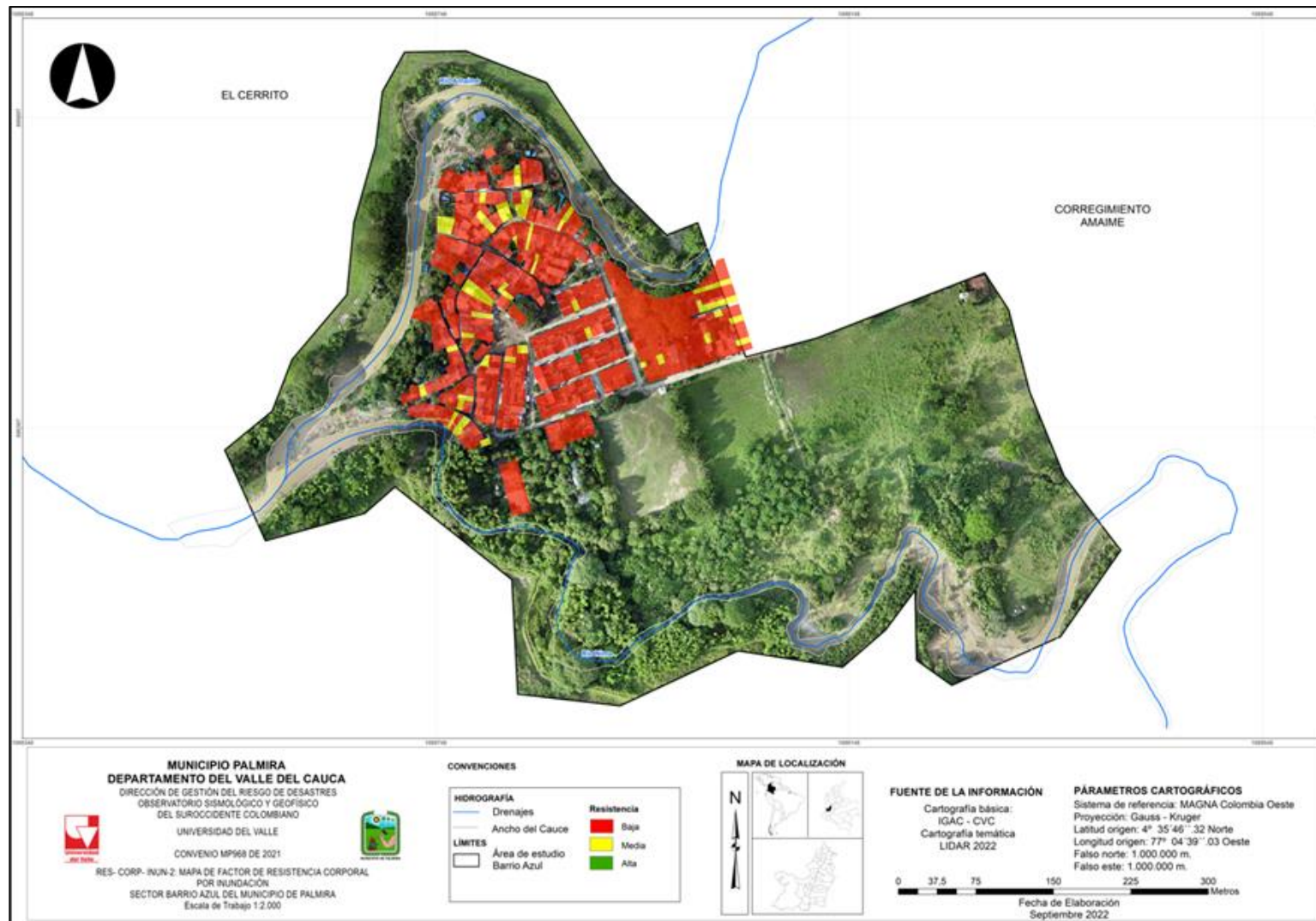


Figura 10. Factor de resistencia corporal ante inundación en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

2.7.4. Calculo y zonificación de vulnerabilidad por el fenómeno de inundación

Para el análisis de la vulnerabilidad se consideran las siguientes variables: la intensidad del fenómeno (velocidad y profundidad del agua), los resultados obtenidos de la exposición de los elementos expuestos ante la amenaza y el factor de resistencia estructural y corporal ante el fenómeno de inundación.

Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad estructural clasificada en alta, media y baja, se muestra en la Tabla 20, donde se relacionan el respectivo número de edificaciones. En vulnerabilidad alta se encuentran 272 edificaciones ocupando un área de 29135,19 m² del área total de la zona de estudio, en vulnerabilidad baja 17 edificaciones, con un área de 1147,98 m² y en vulnerabilidad media 104 edificaciones con un área 10066,91m² (Figura 11).

Tabla 20. Vulnerabilidad estructural por inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Nivel de vulnerabilidad		Edificaciones	Porcentaje de área (%)	Área (m2)
Alta	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar mayor contacto con la amenaza, condiciones delicadas de fragilidad estructural y corporal, acompañados de una nula capacidad de resistencia frente a situaciones adversas.	272	72,21%	29135,19
Media	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de fragilidad estructural y corporal relativamente moderados, con insuficientes condiciones de resistencia	104	24,95%	10066,91
Baja	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de exposición y fragilidad estructural como corporal baja en la zona de estudio, cuyas condiciones de infraestructura son adecuadas y su resistencia es aceptable	17	2,85%	1147,98
Total		393	100	40350,08

Fuente: elaboración propia

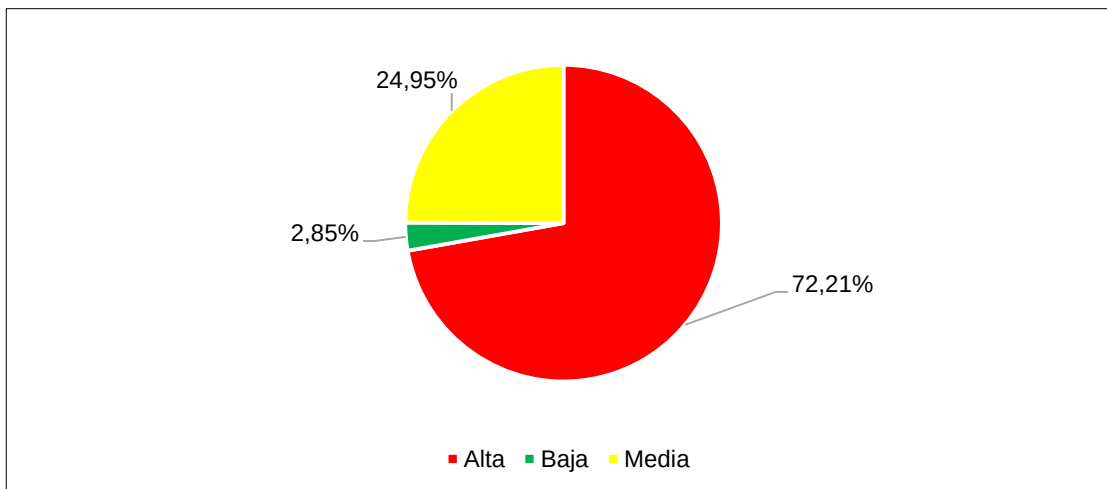


Figura 11. Distribución porcentual de la vulnerabilidad estructural ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

En la Figura 12 se espacializa la vulnerabilidad estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime.

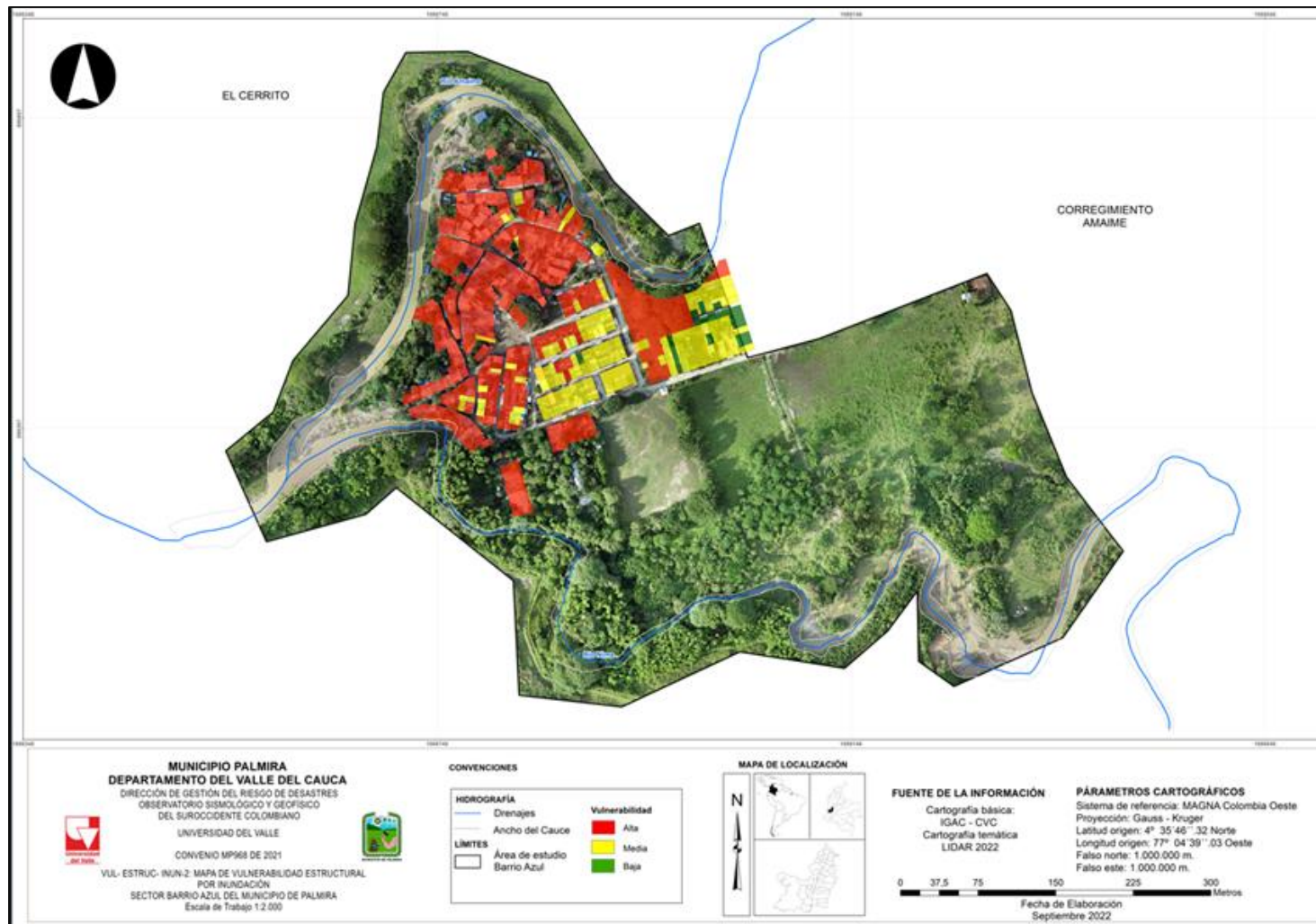


Figura 12. Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural por inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

Vulnerabilidad corporal

En la Tabla 21 se muestran los resultados de la vulnerabilidad corporal, donde la mayoría de la población analizada tiene vulnerabilidad alta con 632 personas, representando el 49,88% de la población total encuestada. Por otro lado, 221 habitantes presentan vulnerabilidad media siendo el 17,44% de la población, y 414 habitantes tienen vulnerabilidad baja, representada en el 32,68% de la población. En la Figura 14 se espacializa la vulnerabilidad corporal ante inundación del sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.

Tabla 21. Vulnerabilidad corporal por el fenómeno de inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

	Nivel de vulnerabilidad	No. De habitantes	Porcentaje de población
Alta	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar mayor contacto con la amenaza, condiciones delicadas de fragilidad corporal, acompañados de una nula capacidad de resistencia con posibilidad de muerte o lesiones serias.	632	49,88%
Media	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de fragilidad corporal relativamente moderados con posibilidad de lesiones moderadas, pero baja probabilidad de muertes.	221	17,44%
Baja	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de exposición y fragilidad corporal baja con Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes.	414	32,68%
Total		1267	100%

Fuente: elaboración propia

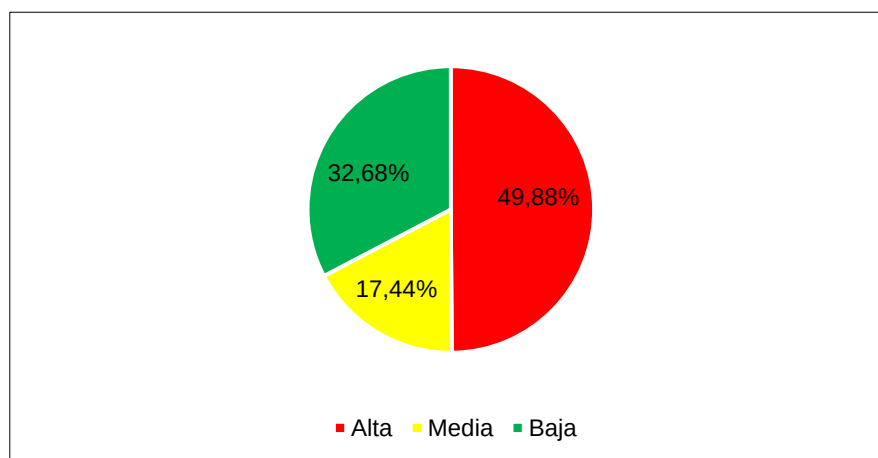


Figura 13. Distribución porcentual de la vulnerabilidad corporal ante inundación en el sector de Barrio Azul,
corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

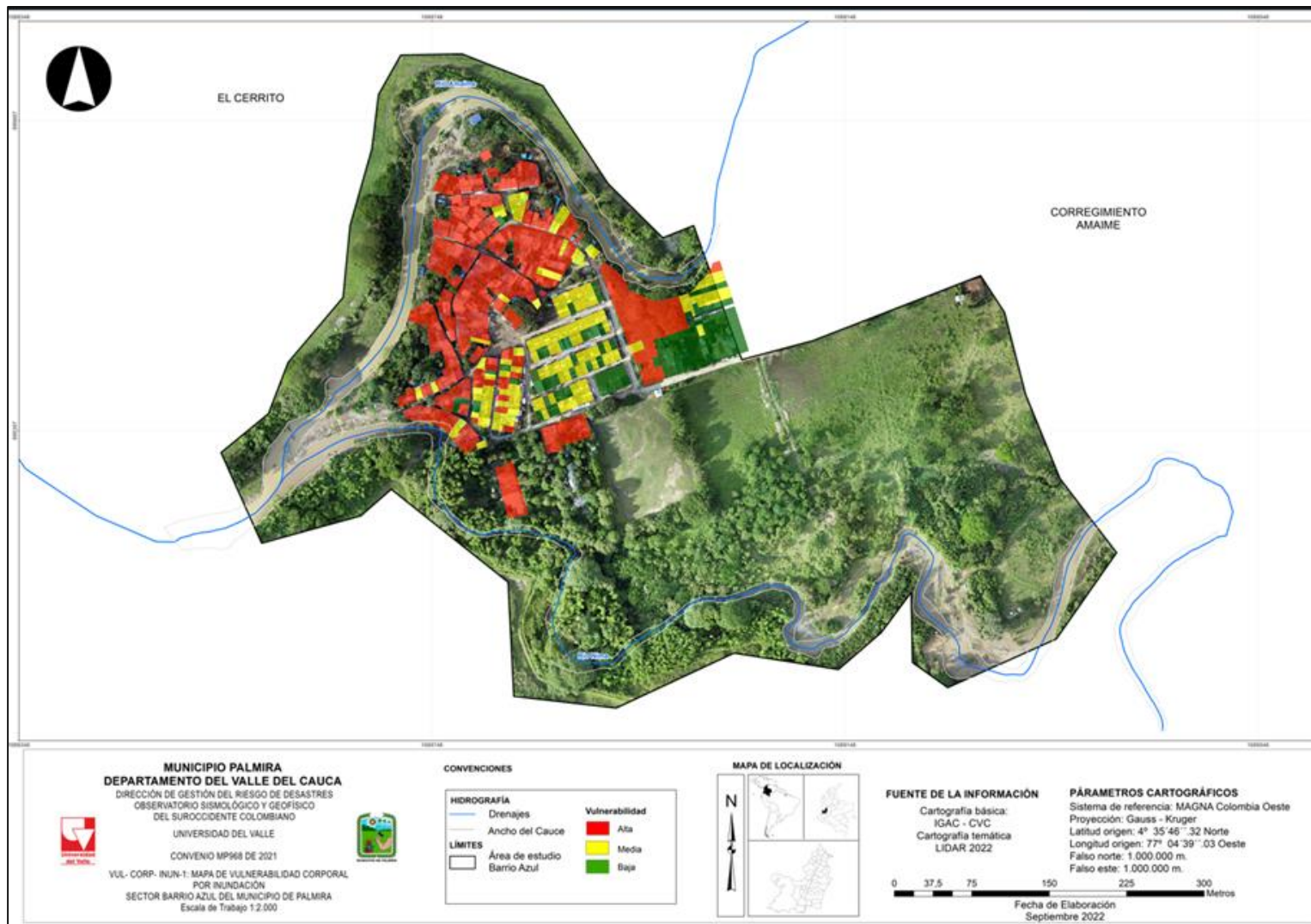


Figura 14. Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural por inundación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

2.8. Análisis de vulnerabilidad ante socavación lateral

El análisis de la vulnerabilidad ante socavación lateral se realiza teniendo en cuenta la intensidad que hace relación al esfuerzo cortante crítico de los materiales de la banca de las secciones geológicas y geotécnicos, más la exposición y fragilidad de los elementos expuestos.

2.8.1. Presión de impacto ante socavación lateral

La presión de impacto ante socavación lateral se calculó conforme al esfuerzo cortante crítico de los materiales de la banca de cada uno de los perfiles analizados para el río Amaime y río Nima. Para más detalle de los resultados obtenidos de cada criterio, ver capítulos 5.5. Socavación lateral de cauces por hidráulica fluvial del informe de amenaza por socavación lateral.

Para el río Amaime se realizaron tres secciones transversales mientras que para el río Nima, se realizaron 10 secciones (Figura 15). Para cada sección se definió una zona de influencia que abarca las diferentes edificaciones.

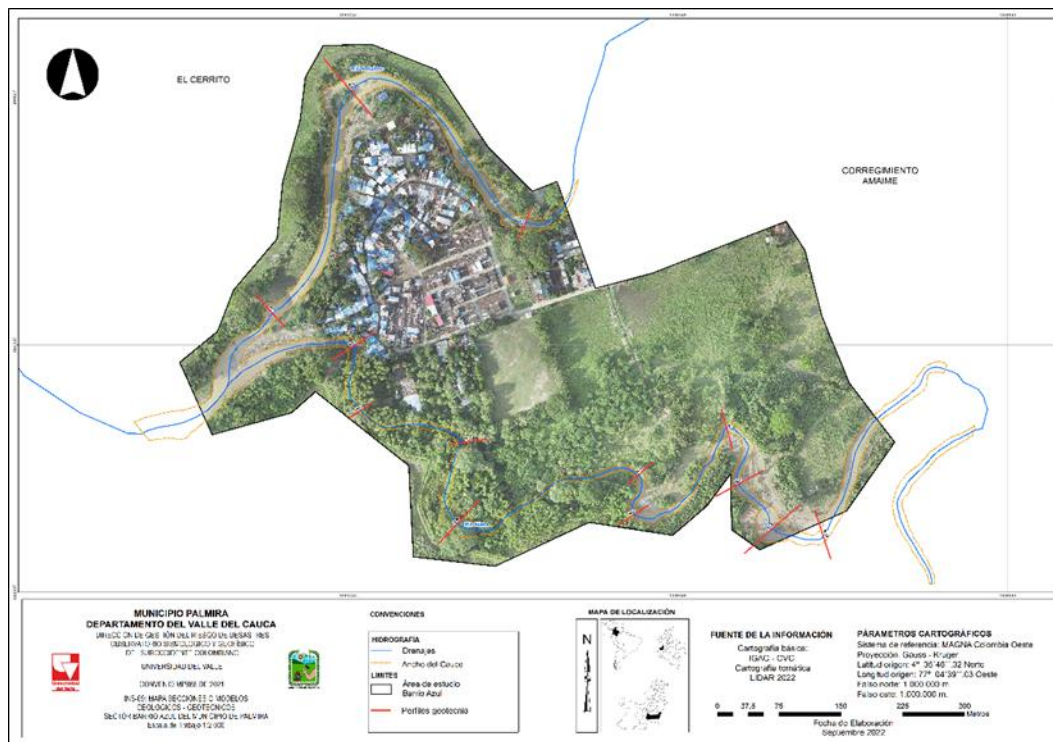


Figura 15. Mapa de secciones o modelos geológicos- geotécnicos sector Barrio Azul del municipio de Palmira

Fuente: elaboración propia

2.8.2. Identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos

A continuación, se presentan los niveles de exposición y las respectivas características de los elementos presentes en las zonas de amenaza alta y media ante el fenómeno de socavación lateral.

Exposición Corporal

El análisis de la exposición corporal se realizó a nivel de edificación con el propósito de determinar la cantidad de personas expuestas ante el fenómeno, para ello, se utilizó la información poblacional obtenida en la encuesta realizada en el trabajo de campo.

En las 221 construcciones evaluadas en la zona de estudio, hay un aproximado total de 701 personas con un promedio de 3 habitantes por construcción. En exposición alta se encuentran 125 habitantes y 576 en exposición media ante el fenómeno de socavación lateral (Tabla 22 y Figura 16).

Tabla 22. Número de habitantes en exposición por socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Número de habitantes			
Habitantes	Exposición alta	Exposición media	Total
Total	125	576	701

Fuente: elaboración propia

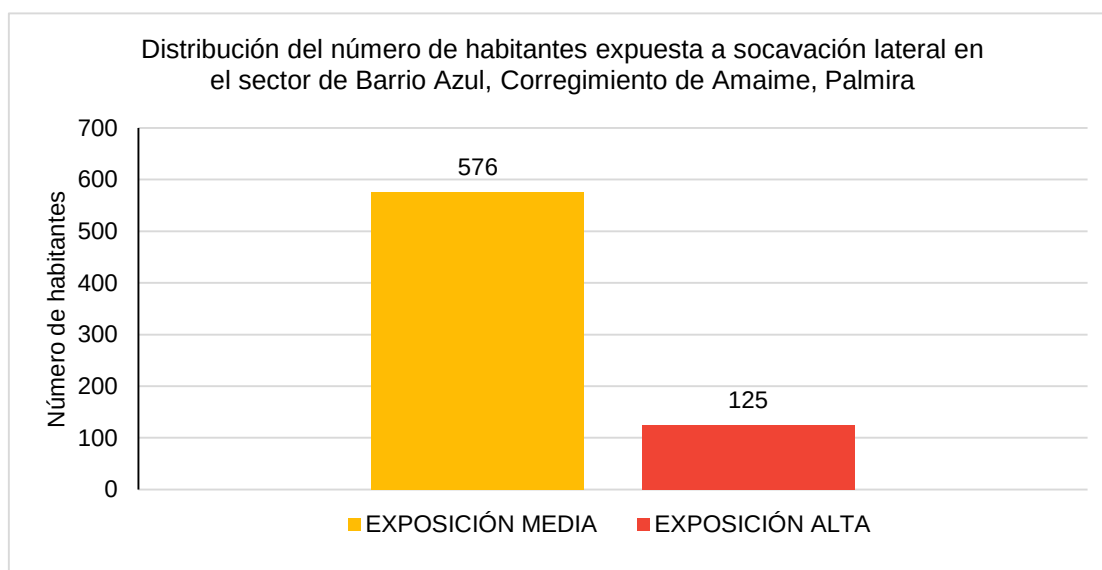


Figura 16. Distribución del número de habitantes expuesta a socavación lateral en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

Exposición Estructural

Como resultado del censo realizado en el sector de Barrio Azul, se levantaron 221 edificaciones para el fenómeno de socavación lateral. Donde 46 edificaciones tienen una exposición alta y 175 edificaciones se localizan exposición media (Tabla 23 y Figura 17).

Tabla 23. Número de edificaciones en exposición por socavacion lateral en el sector de Barrio Azul corregimiento de Amaime, Palmira

Nivel de exposición	Número de edificaciones
Alta	46
Media	175

Fuente: elaboración propia

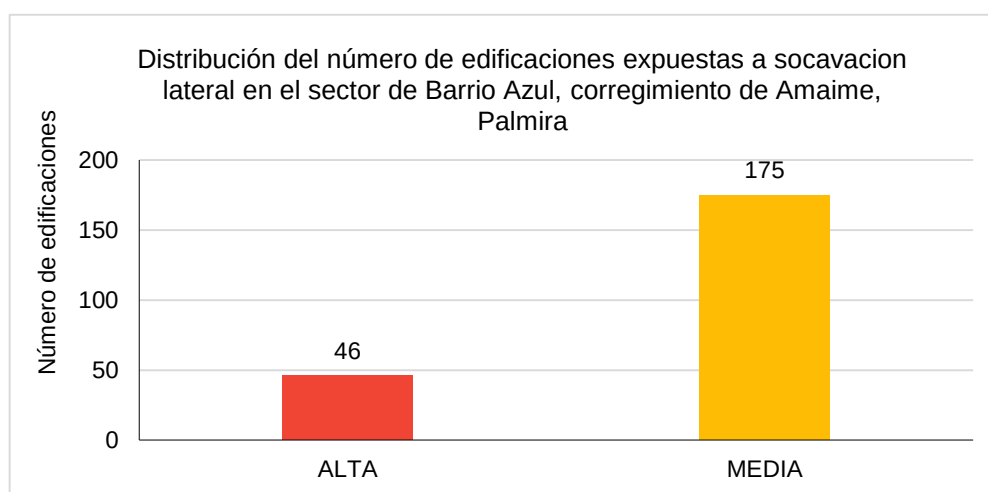


Figura 17. Distribución del número de edificaciones expuestas a socavacion lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

La distribución de dichas edificaciones en la zona de estudio se distribuye en tres barrios, el sector barrio azul se localizan 198 edificaciones, donde 46 se encuentran en exposición alta y 152 en exposición media. En barrio El Refugio presenta 16 edificaciones en exposición media; al igual que, el barrio El Triunfo con 4 edificaciones (Tabla 24 y Figura 18).

Tabla 24. Número de edificaciones por barrio en exposición por socavacion lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Barrio	Exposición alta	Exposición media	Total
Sector Barrio Azul	46	152	198

Barrio	Exposición alta	Exposición media	Total
El Refugio	0	19	19
El Triunfo	0	4	4
Total	46	175	221

Fuente: elaboración propia.

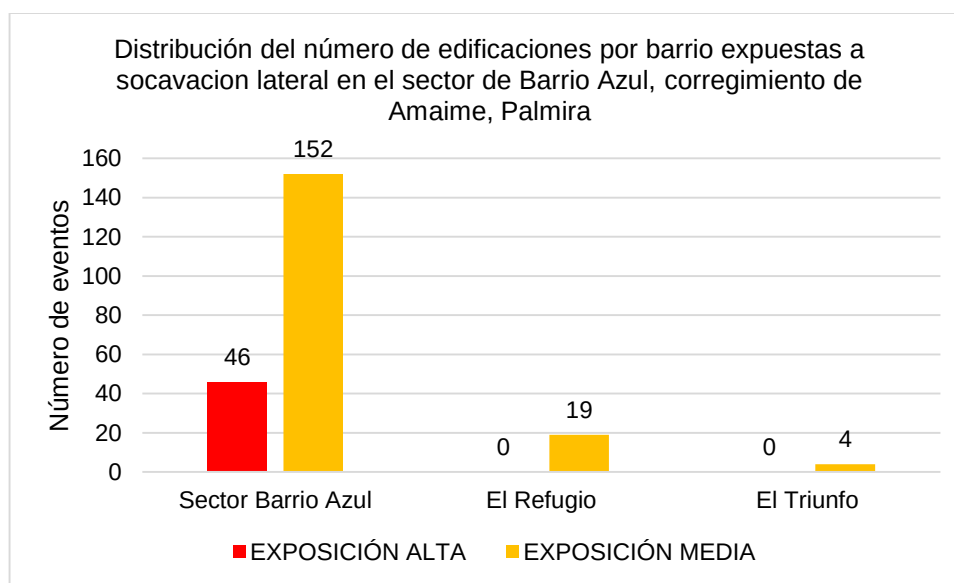


Figura 18. Distribución del número de edificaciones por barrio expuestas a socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

- **Tipología de la edificación**

En la Tabla 25 y Figura 19, se muestra el número de edificaciones expuestas ante el fenómeno de socavación lateral. Edificaciones con la tipología Madera, Tapia y Bahareque se encuentran 24 en exposición alta y 53 en media; las construcciones de Mampostería No Reforzada cuentan con 7 edificaciones en exposición alta y 59 edificaciones en media, en Mampostería Confinada se tiene solo una edificación en exposición media, y finalmente, en la tipología Otro se obtuvieron 15 construcciones en exposición alta y 62 en media.

Tabla 25. Número de edificaciones según su tipología de construcción expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Tipo de construcción	Exposición alta	Exposición media	Total
Otro	15	62	77
Madera tapia y bahareque	24	53	77
Mampostería no reforzada	7	59	66
Mampostería confinada	0	1	1

Tipo de construcción	Exposición alta	Exposición media	Total
Total	46	175	221

Fuente: elaboración propia

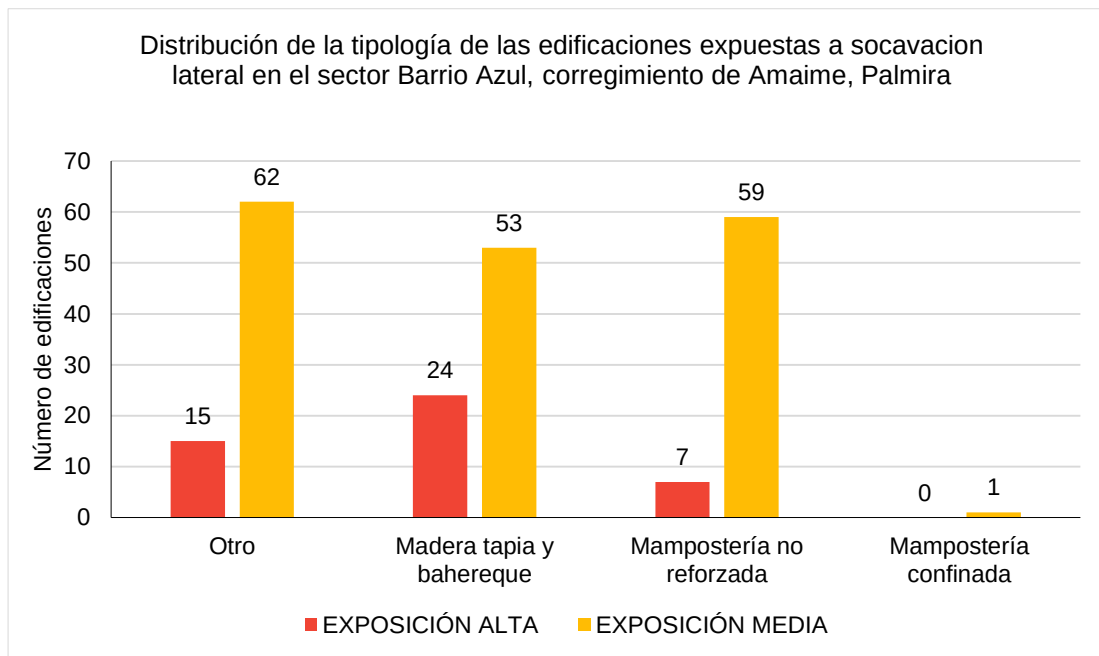


Figura 19. Distribución de la tipología de las edificaciones expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

• Estado de conservación de la edificación

De acuerdo con el estado de conservación de las edificaciones, se encuentran en Buen Estado un total 93 edificaciones, 20 se encuentran en exposición alta y 73 en media. Con Daños Moderados, 87 edificaciones, 15 presentan exposición alta y 72 exposición media. Y con Daños Graves, se tienen 41 edificaciones, 30 se localizan en exposición media y 11 en exposición alta (Tabla 26 y Figura 20).

Tabla 26. Número de edificaciones según su estado de conservación expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Estado de conservación	Exposición alta	Exposición media	Total
Bueno	20	73	93
Daños Moderados	15	72	87
Daños Graves	11	30	41
Total	46	175	221

Fuente: elaboración propia

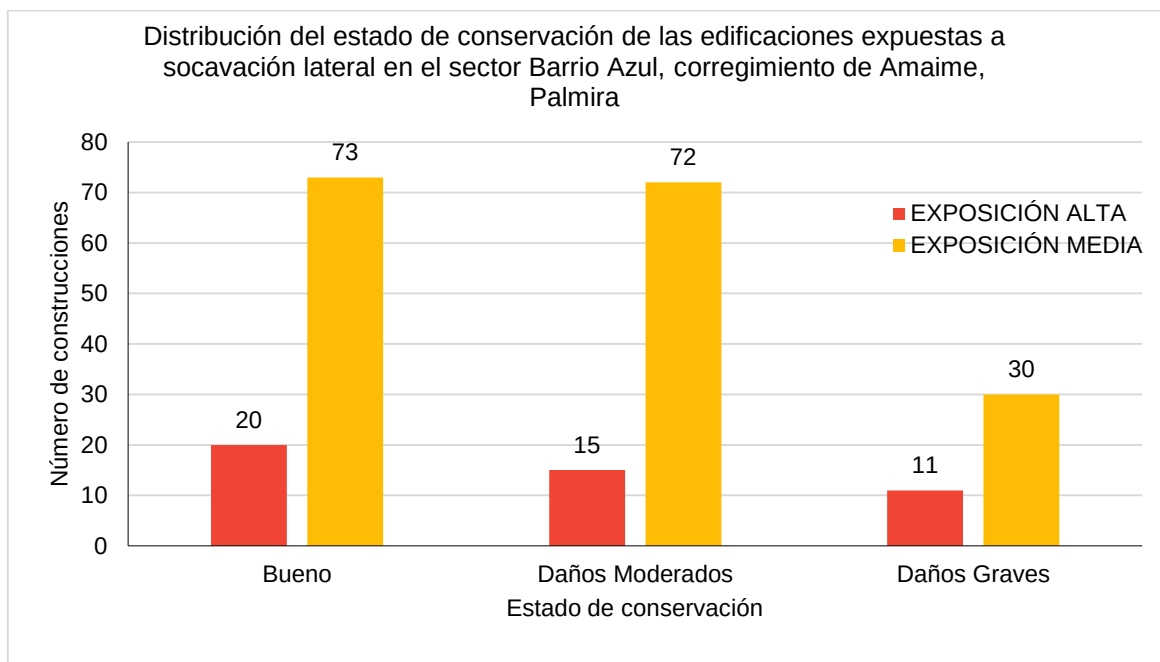


Figura 20. Distribución del estado de conservación de las edificaciones expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

- **Edad de la edificación**

Para la edad de las edificaciones se establecieron 5 rangos de edad (Tabla 27 y Figura 21). Edificaciones de menos de 20 años se tiene un total de 161, 43 en exposición alta y 118 en media. Existen 25 edificaciones que se encuentran entre los 20 y 29 años, tres en exposición alta y 22 en exposición media. Mientras que para edificaciones entre 30 a 49 años, 34 están exposición media. Se encontró una edificación en un rango de edad de 50 y 79 y está localizada en exposición media. No se encontraron edificaciones con edad mayor o iguales a los 80 años.

Tabla 27. Número de edificaciones según su edad expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Rango de edad de la edificación	Exposición alta	Exposición media	Total
<20	43	118	161
[20 ; 29]	3	22	25
[30 ; 49]	0	34	34
[50 ; 79]	0	1	1
>=80	0	0	0
Total	46	175	221

Fuente: elaboración propia

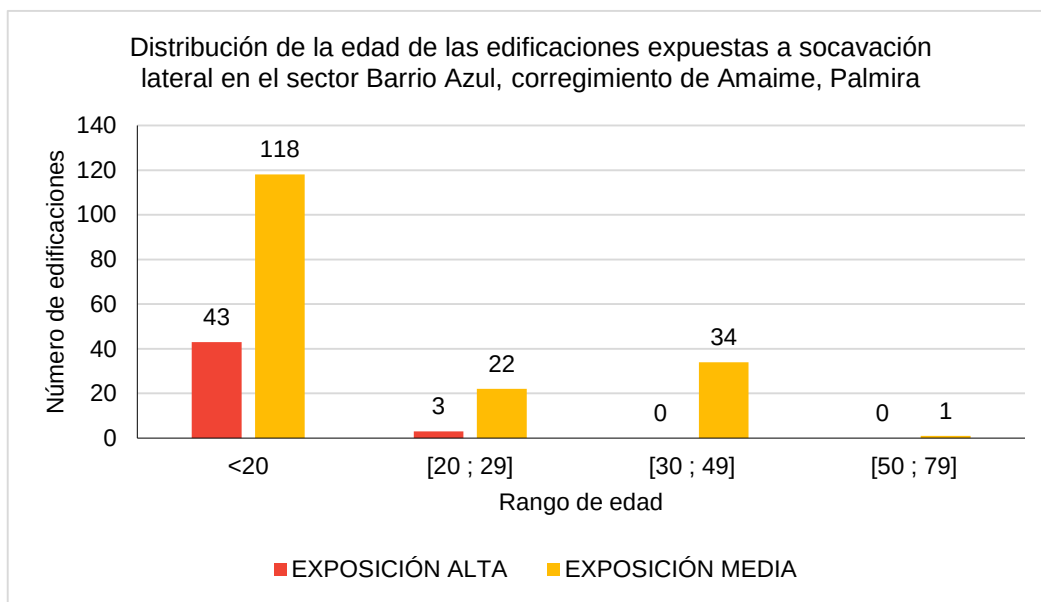


Figura 21. Distribución de la edad de las edificaciones expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

- **Altura de la edificación**

De manera general, las edificaciones expuestas ante el fenómeno de socavación lateral en su gran mayoría son de uno (1) y dos (2) pisos. Para las de un piso, 39 edificaciones están en exposición alta y 153 en media. En edificaciones con 2 pisos, siete se encuentran en exposición alta y 175 en media (Tabla 28 y Figura 22).

Tabla 28. Número de edificaciones según su altura expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Número de pisos	Exposición alta	Exposición media	Total
1	39	153	192
2	7	22	29
Total	46	175	221

Fuente: elaboración propia

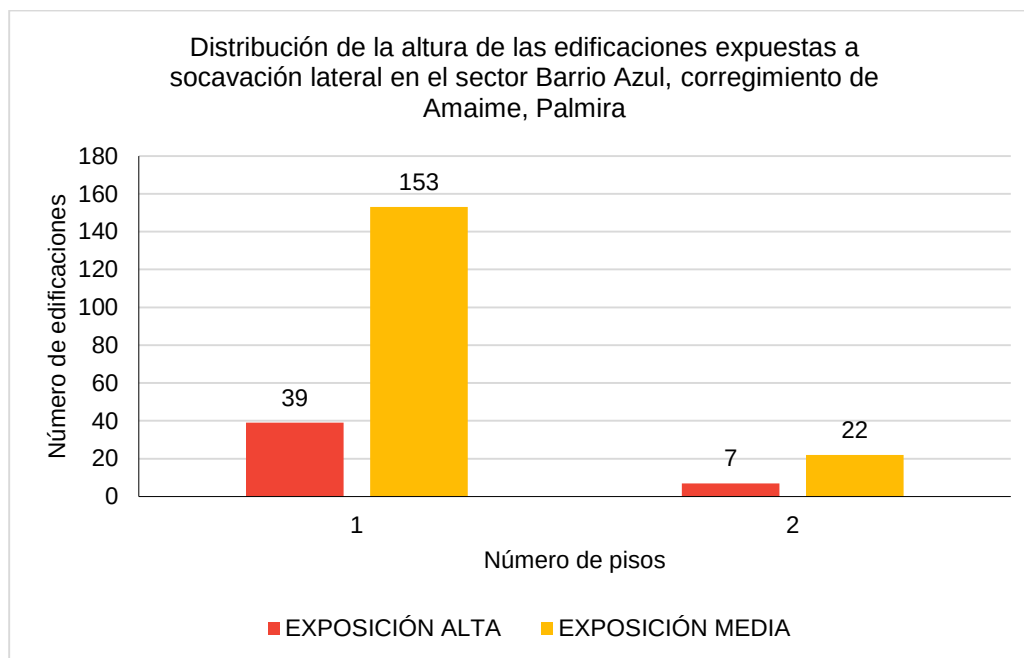


Figura 22. Distribución de la altura de las edificaciones expuestas a socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

En la Figura 23 muestra la distribución espacial de los elementos estructurales expuestos en exposición alta y media ante el fenómeno de socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime.

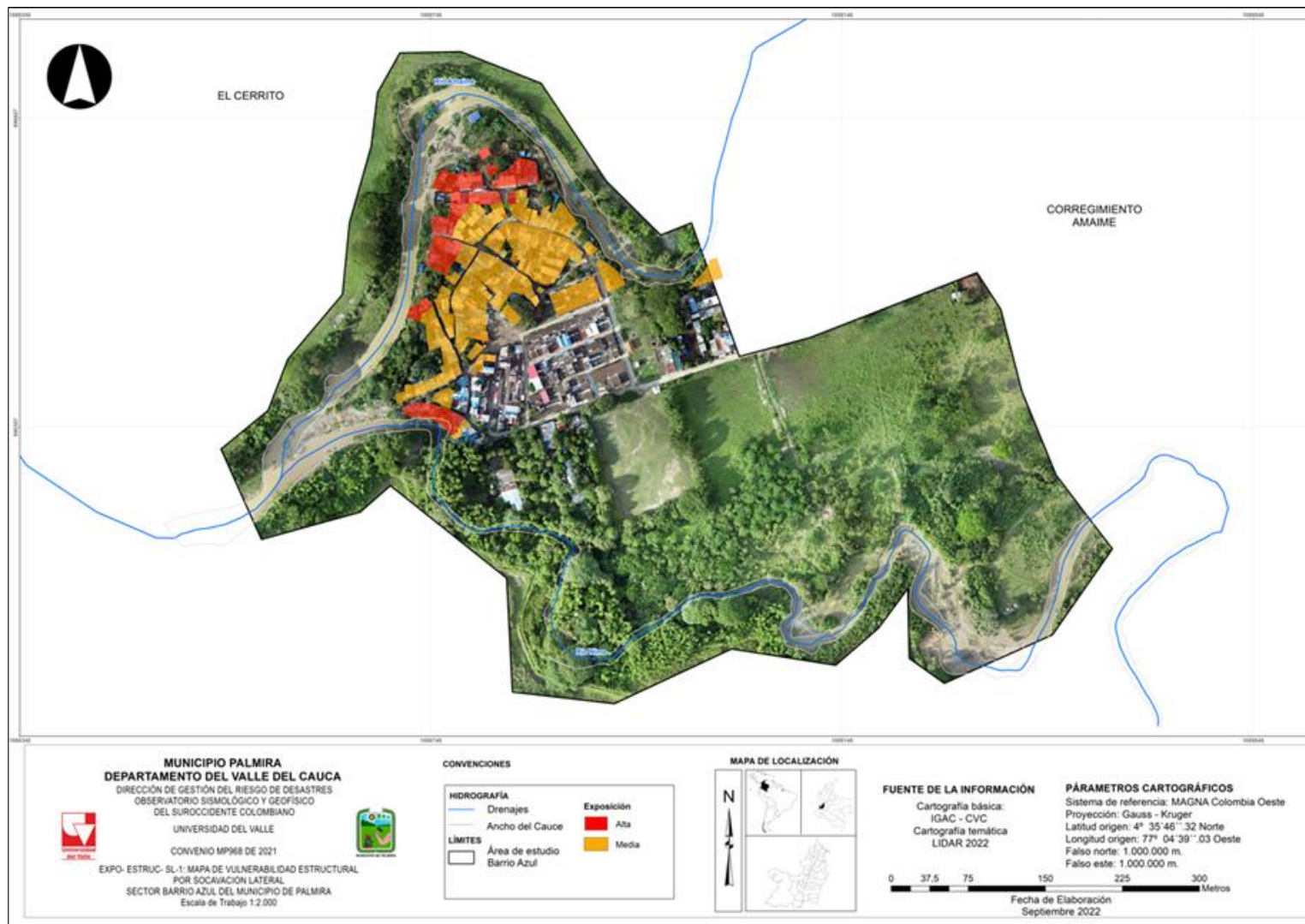


Figura 23. Distribución espacial de elementos estructurales expuestos ante socavación lateral para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

2.8.3. Fragilidad

Factor de resistencia estructural

El análisis de las 221 edificaciones arrojó de manera general un factor de resistencia bajo teniendo en cuenta su tipología constructiva, su edad, su número de pisos y el estado de conservación.

En la Figura 24 se muestra la distribución espacial del factor de resistencia en las edificaciones por socavación lateral en el sector de Barrio Azul.

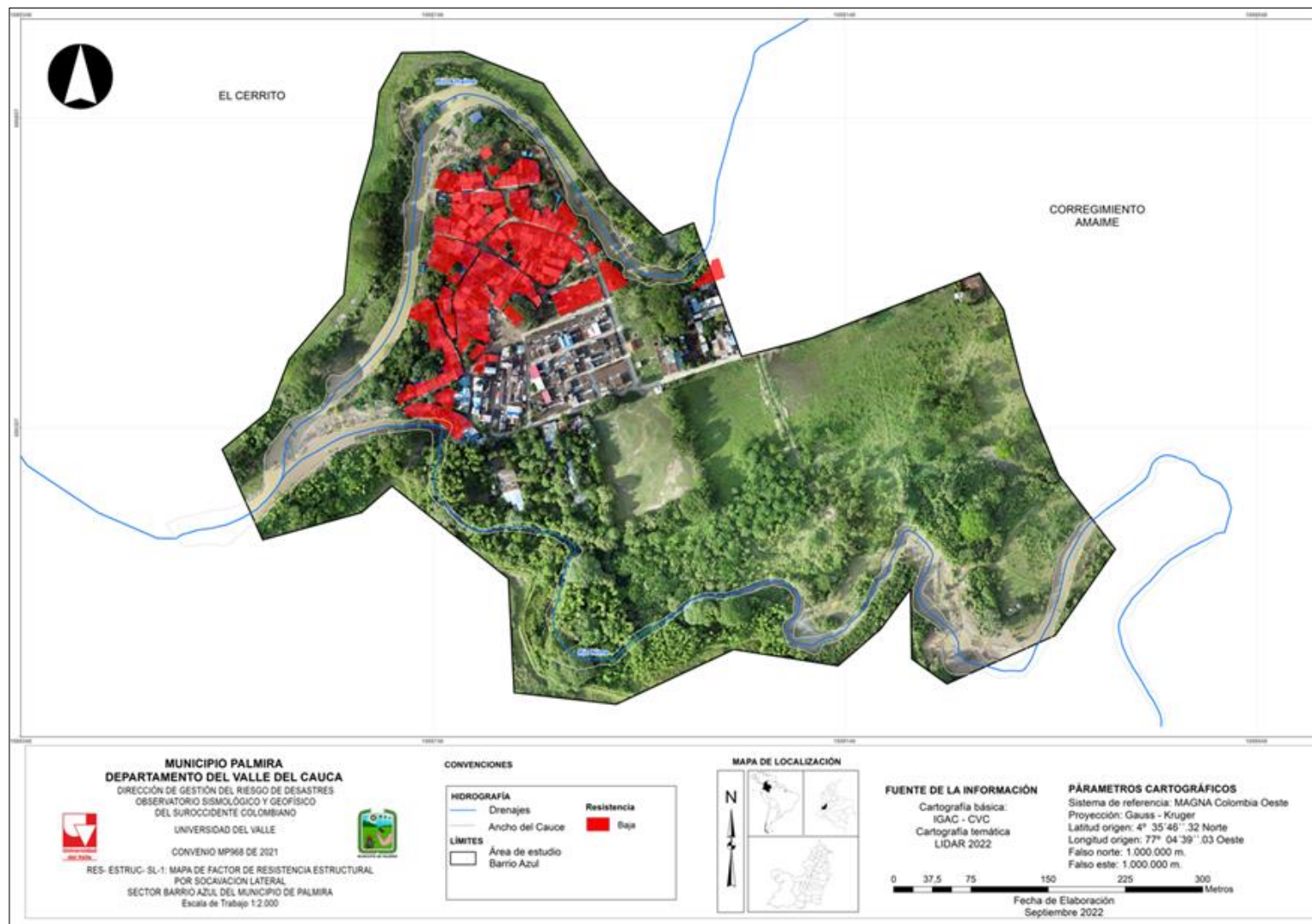


Figura 24. Factor de resistencia estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

Factor de resistencia corporal

El factor de resistencia corporal, tal como se presentó en la metodología, está planteado en función a la resistencia de la estructural. Teniendo en cuenta lo anterior, los 701 habitantes encuestados arrojaron un factor de resistencia bajo. La Figura 25 muestra la distribución espacial.

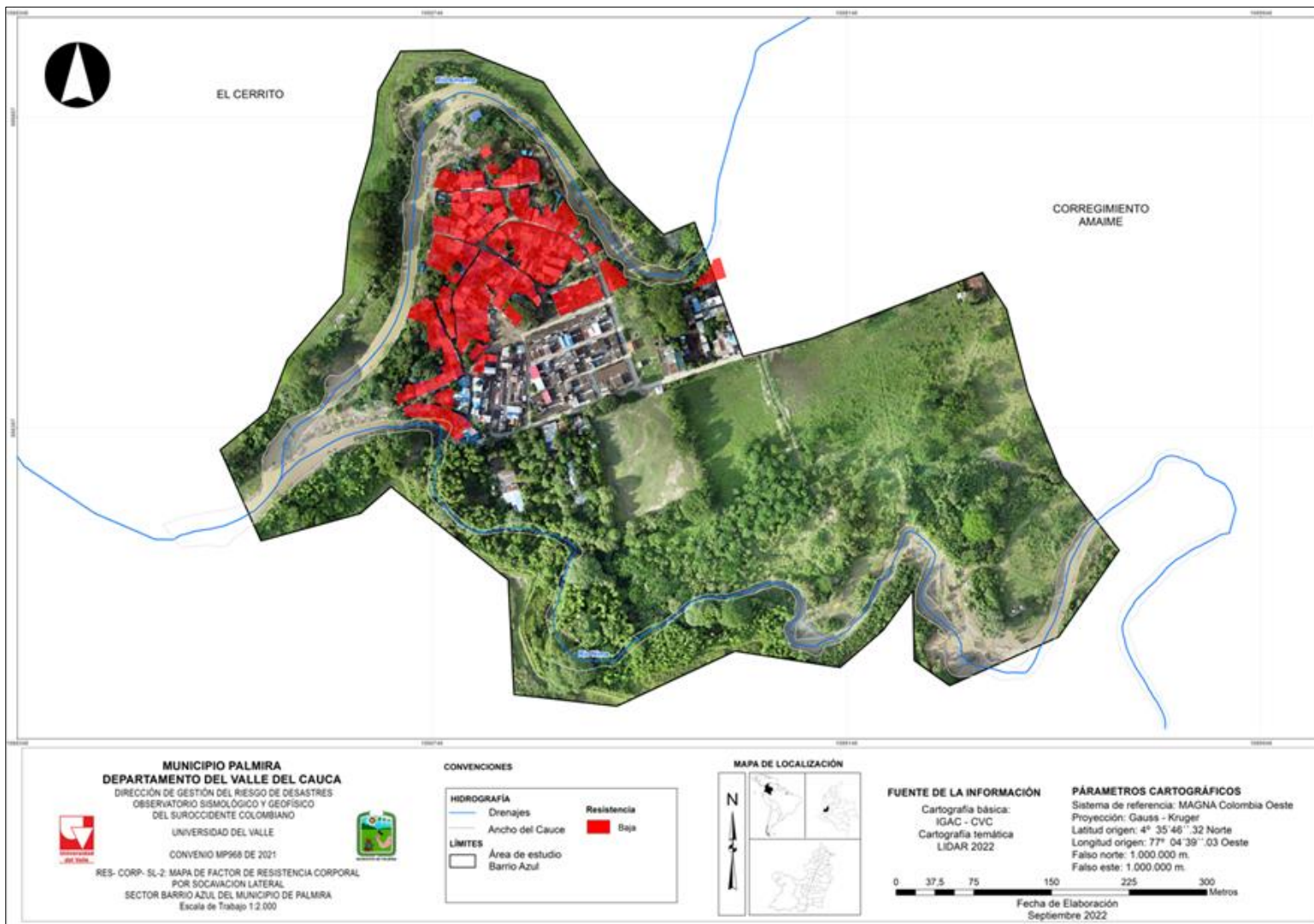


Figura 25. Factor de resistencia corporal ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

2.8.4. Cálculo y zonificación de vulnerabilidad por el fenómeno de socavación lateral

A continuación, se presentan los resultados de vulnerabilidad estructural y vulnerabilidad corporal ante el fenómeno de socavación lateral.

Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad estructural clasificada en alta, media y baja, en la Tabla 29 se describe el número de edificaciones presentes en cada nivel. En vulnerabilidad alta se encuentran 205 edificaciones ocupando un área de 19544,79 m² del área total de la zona de estudio y en vulnerabilidad baja 16 edificaciones con un área 1015,60 m² (Figura 26).

Tabla 29. Vulnerabilidad estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Nivel de vulnerabilidad	Edificaciones	Porcentaje (%)	Área (m ²)
Alta Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar mayor contacto con la amenaza, condiciones delicadas de fragilidad estructural y corporal, acompañados de una nula capacidad de resistencia frente a situaciones adversas.	205	95,06	19544,79
Baja Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de exposición y fragilidad estructural como corporal baja en la zona de estudio, cuyas condiciones de infraestructura son adecuadas y su resistencia es aceptable.	16	4,94	1015,60
TOTAL	221	100	20560,39

Fuente: elaboración propia

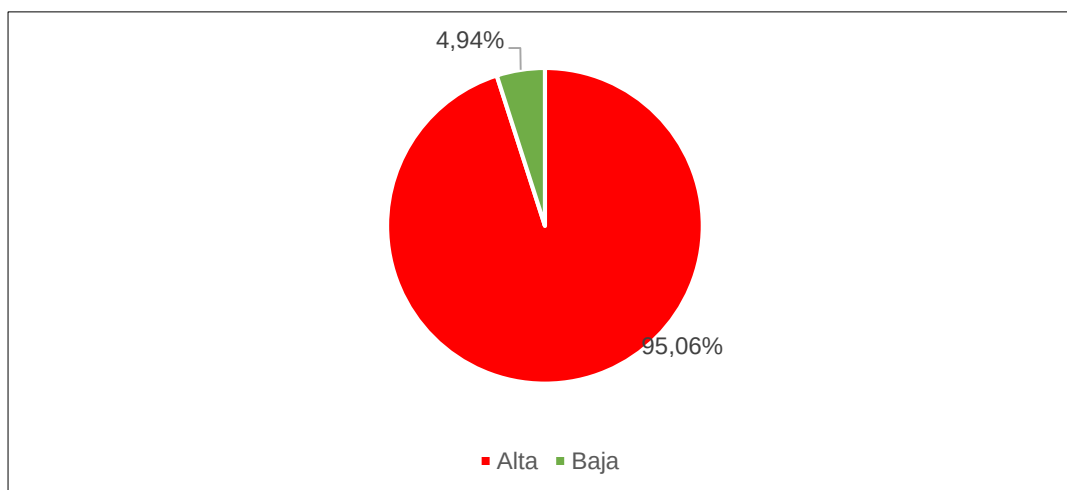


Figura 26. Distribución porcentual de la vulnerabilidad estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

En la Figura 27 se espacializa la vulnerabilidad estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime. Se muestra que las 16 edificaciones en vulnerabilidad baja pertenecen al barrio El Refugio, mientras que las 205 en vulnerabilidad alta se localizan en el sector Barrio Azul.

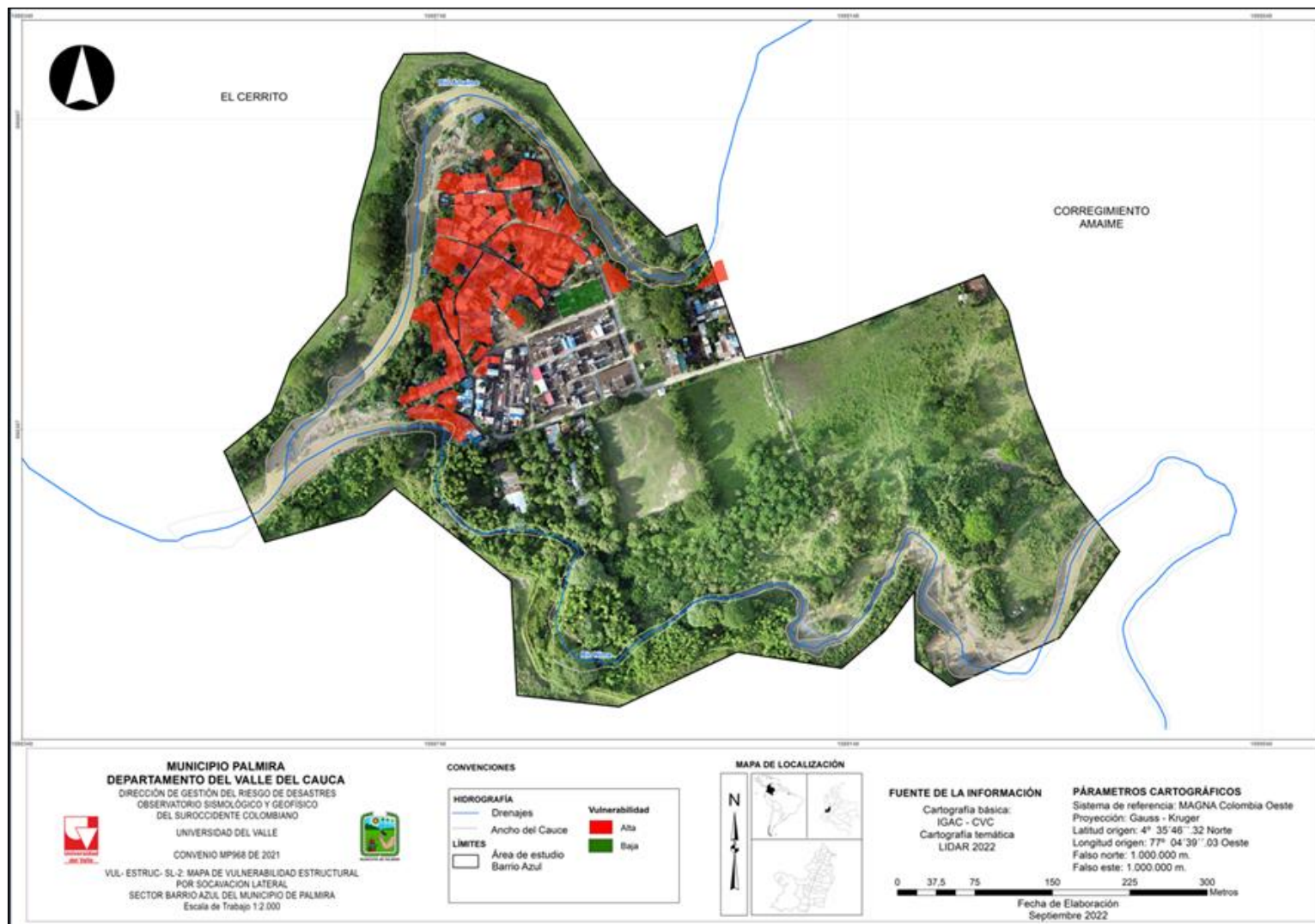


Figura 27. Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural por socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

- **Vulnerabilidad corporal**

En la Tabla 30 y la Figura 28 se muestra el análisis de vulnerabilidad corporal. Se consideró la exposición y el factor de resistencia ante socavación lateral de la población habitante dentro de las estructuras. Del total de 701 habitantes expuestos, 634 se encuentran en vulnerabilidad alta (representan el 90,44%) y 67 (el 9,56%) en vulnerabilidad baja.

Tabla 30. Vulnerabilidad corporal ante socavación lateral en el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Nivel de vulnerabilidad	No. De habitantes	Porcentaje de población
Alta Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar mayor contacto con la amenaza, condiciones delicadas de fragilidad corporal, acompañados de una nula capacidad de resistencia con posibilidad de muerte o lesiones serias.	634	90,44%
Baja Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de exposición y fragilidad corporal baja con Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes.	67	9,56%
Total	701	100,0

Fuente: elaboración propia

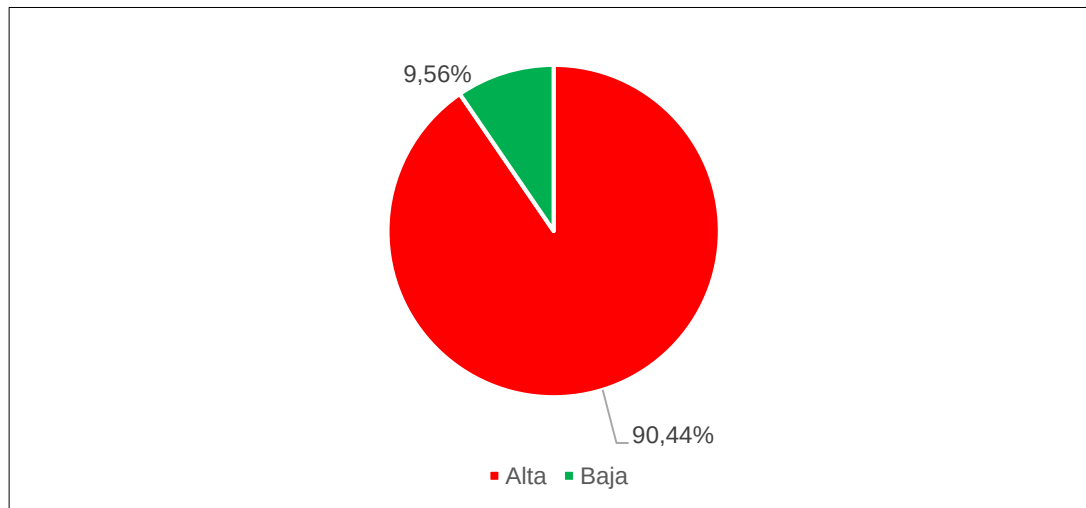


Figura 28. Distribución porcentual de la vulnerabilidad corporal ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

En la Figura 29 se muestra la distribución espacial de la vulnerabilidad corporal ante el fenómeno de socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira.

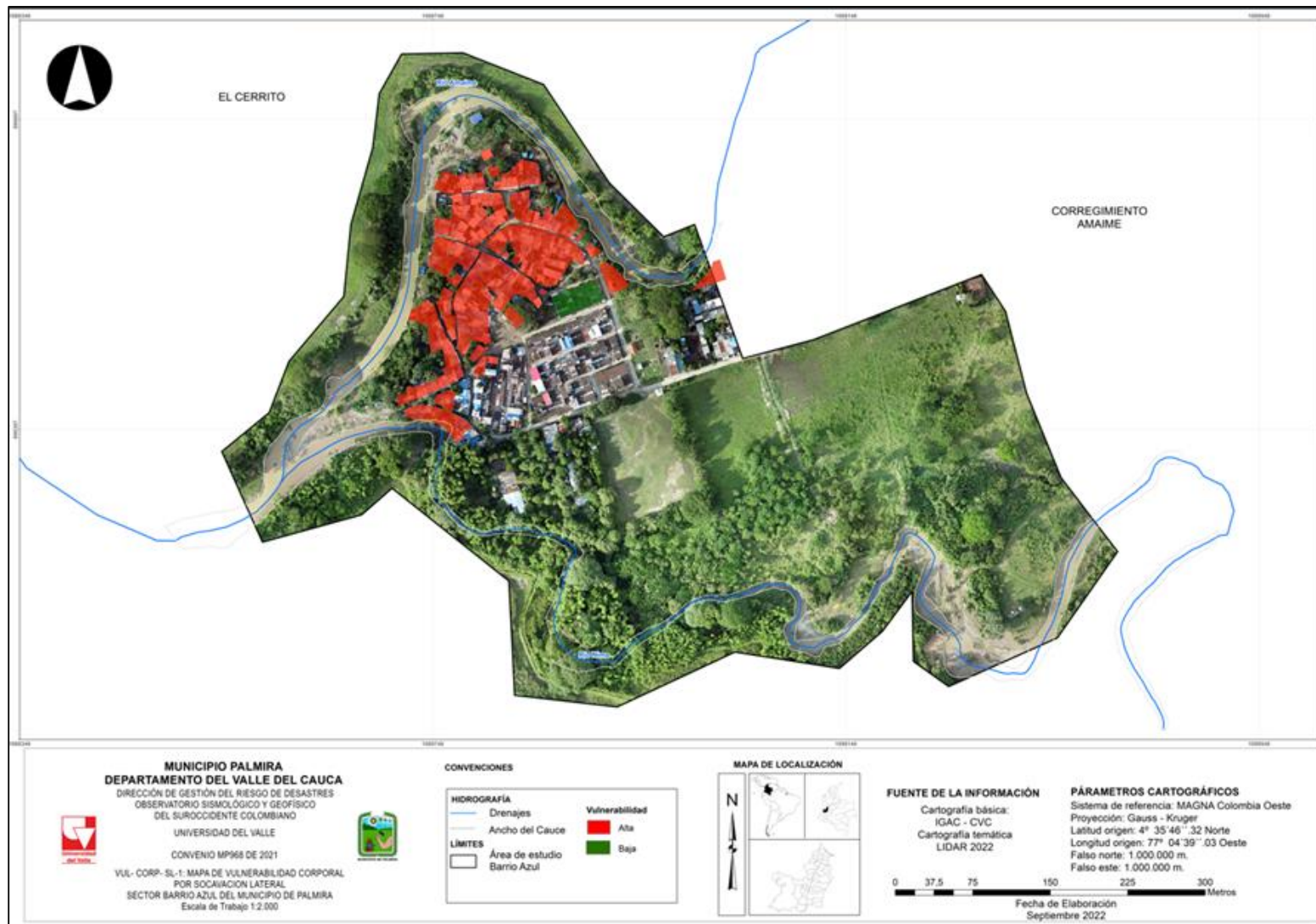


Figura 29. Distribucion espacial de la vulnerabilidad corporal por socavacion lateral en sen sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

3. CAPITULO III. ESCENARIOS DE AFECTACION INUNDACION Y SOCAVACION LATERAL EN BARRIO AZUL, CORREGIMIENTO DE AMAIME

3.1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de los escenarios de afectación para el sector de Barrio Azul en el corregimiento de Amaime, municipio de Palmira, por los fenómenos de inundación y socavación lateral es importante por el gran aporte al conocimiento del origen y comportamiento de los escenarios de riesgo en los que, sin duda, constituyen el primer paso para establecer acciones tendientes a reducir y evitar pérdidas humanas y materiales como consecuencia de la acción de dichos fenómenos.

Los fenómenos naturales no se constituyen por sí mismos en un riesgo, sino que se transforman en la interacción con una comunidad expuesta. La presencia de personas y bienes materiales en áreas sujetas a procesos naturales potencialmente desastrosos dan lugar a que se generen daños y pérdidas relativas; esto significa que en la medida en que se produzca un aumento los elementos expuestos (nuevas construcciones y crecimiento poblacional), habrá un incremento considerable en los posibles daños.

$$V = E * F$$

Dónde:

V: es Vulnerabilidad

E: representa la Exposición

F: corresponde a la Fragilidad

En este capítulo se realiza la evaluación y zonificación de los escenarios de afectación de los elementos expuestos ante el fenómeno de inundación y socavación lateral en Barrio Azul, corregimiento de Amaime, municipio de Palmira. Este se realiza en el marco del convenio interadministrativo MP968 de 2021, con el fin de aportar los estudios básicos y estudios detallados para la incorporación de la gestión del riesgo en el ordenamiento territorial.

El capítulo que se desglosa a continuación se presentan los objetivos, conceptos sobre el riesgo, los respectivos escenarios de afectación para inundación y socavación lateral, al igual que un escenario global de afectación para el sector de barrio Azul, y un escenario de afectación alta mitigable y no mitigable con el respectivo cálculo de pérdidas económicas del escenario de afectación y costos de reubicación del escenario alto no mitigable.

3.2. Objetivo general

Realizar la evaluación y zonificación de los escenarios de afectación de los elementos expuestos ante el fenómeno inundación y socavación lateral en Barrio Azul, corregimiento de Amaime, municipio de Palmira.

3.3. Objetivo específico

- Estimar y zonificar los niveles de afectación (riesgo) por inundación y socavación lateral en Barrio Azul, corregimiento de Amaime, municipio de Palmira.
- Definir las zonas de riesgo alto mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral en Barrio Azul, corregimiento de Amaime, municipio de Palmira.
- Estimar las posibles pérdidas económicas ante un evento de inundación y socavación lateral en Barrio Azul, corregimiento de Amaime, municipio de Palmira.

3.4. Alcance

Se tiene como alcance realizar la zonificación de los escenarios de riesgo, definir las zonas de riesgo alto mitigable y no mitigable, y establecer las posibles pérdidas ante los fenómenos de inundación y socavación lateral a escala de detalle (1:2000), siguiendo los lineamientos del Decreto 1807 del 2014 (compilado en el Decreto 1077 del 2015).

3.5. Conceptualización de riesgo

3.5.1. Riesgo

El riesgo es el daño que se espera, producto de la relación o coexistencia entre la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de los elementos expuestos a tales amenazas, es el resultado que se calcula en función de una amenaza específica y las condiciones de vulnerabilidad que esa región posea para enfrentarlas (Rivero et al., 2017).

Según la Ley 1523 del 2012, el riesgo de desastres “corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos;

por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad”.

3.5.2. Escenarios de afectación (evaluación del riesgo)

La Ley 1523 de 2012, considera que la evaluación del riesgo “implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. 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 y sus probabilidades”.

El Riesgo, o daño, destrucción o pérdida esperada obtenida de la convolución de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y en un cierto período de tiempo (Spence 1990 citado por Cardona, 1991).

La diferencia fundamental entre la amenaza y el riesgo está en que la amenaza está relacionada con la probabilidad de que se manifieste un evento natural o un evento provocado, mientras que el riesgo está relacionado con la probabilidad de que se manifiesten ciertas consecuencias, las cuales están íntimamente relacionadas no sólo con el grado de exposición de los elementos sometidos sino con la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento (Fournier, 1985 citado por Cardona, 1991).

- **Riesgo Alto No Mitigable**

La Resolución 5794 de 2011, “por medio de la cual se establece el procedimiento para recibir, manejar y custodiar los inmuebles ubicados en zonas catalogadas de alto riesgo no mitigable”, en el Art. 3, literal e), establece que las Zonas de Alto Riesgo No Mitigable se definen como aquellos sectores en donde por sus características de amenaza y vulnerabilidad, existe una alta probabilidad de que se presenten pérdidas de vidas humanas, bienes e infraestructura, por lo que la mitigación no es viable por condiciones técnico-económicas.

- **Riesgo Alto Mitigable**

Corresponde a las áreas delimitadas en zonas de riesgo alto que por sus características de amenaza y vulnerabilidad puedan ser susceptibles a una intervención mediante la

implementación de obras de mitigación estructural y no estructurales que conduzcan a la reducción del riesgo.

3.6. Metodología para la evaluación de los escenarios de afectación

3.6.1. Riesgo Específico

El nivel de afectación o riesgo específico se evalúa a partir de la interrelación de la amenaza y la vulnerabilidad, tal como lo describe la siguiente Ecuación (10):

$$R = A * V \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde R es el riesgo (afectación), A es la amenaza y V la vulnerabilidad.

A continuación, se describen los niveles de afectación trabajada.

Riesgo específico por inundación y socavación lateral

Para la zona de estudio los escenarios de afectación para inundación y socavación lateral se clasificaron en alto, medio y bajo tanto para las estructuras como para los elementos corporales.

Afectación alta: la zona se caracteriza por presentar unas condiciones de amenaza altas para los elementos expuestos, además de una vulnerabilidad alta caracterizada por viviendas inadecuadas y en mal estado, y una población con poca o nula capacidad de respuesta. Los daños que pueden presentarse son destrucción parcial o total de las viviendas y pérdidas de vidas humanas en el sitio.

Afectación media: la zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza moderada, al igual que unos niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural relativamente moderados. En estas zonas deben realizarse pequeñas obras de mitigación para eliminar el nivel de riesgo; así mismo, deben desarrollarse programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de la población y la adecuación de las viviendas que presentan problemas estructurales considerables.

Afectación baja: La zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza relativamente bajos al igual que unas condiciones de vulnerabilidad bajas. Los daños que pueden presentarse en las viviendas son ligeros (no estructurales), sin representar afectación en estabilidad de las mismas.

La Tabla 31 presenta las condiciones del riesgo o nivel de afectación que pueden sufrir tanto los elementos estructurales como corporales.

Tabla 31. Clasificación del riesgo para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Clasificación del riesgo	Valor de riesgo	Descripción riesgo estructural
ALTA	0,70-1,00	La zona se caracteriza por presentar unas condiciones de amenaza altas para los elementos expuestos, además de una vulnerabilidad alta caracterizada por viviendas inadecuadas y en mal estado, y una población con poca o nula capacidad de respuesta. Los daños que pueden presentarse son destrucción parcial o total de las viviendas y pérdidas de vidas humanas en el sitio.
MEDIA	0,40-0,70	La zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza moderada, al igual que unos niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural relativamente moderados. En estas zonas deben realizarse obras de mitigación para eliminar el nivel de riesgo; así mismo, deben desarrollarse programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de la población y la adecuación de las viviendas que presentan problemas estructurales considerables.
BAJA	0,00-0,40	La zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza relativamente bajos al igual que unas condiciones de vulnerabilidad bajas. Los daños que pueden presentarse en las viviendas son ligeros (no estructurales), sin representar afectación en estabilidad de las mismas.

Fuente: elaboración propia

3.6.2. Riesgo Total

El riesgo total se entiende como la probabilidad de tener un valor específico de pérdidas económicas, daños o consecuencias sociales en un sitio donde se puede presentar un fenómeno amenazante ante la presencia de elementos expuestos durante un tiempo determinado. Se obtiene al multiplicar riesgo específico (es decir, la amenaza o probabilidad de ocurrencia del fenómeno con la vulnerabilidad de los elementos expuestos) por el coste que representa la reparación o reposición de los elementos expuestos que resultarían afectados; expresado mediante la siguiente Ecuación (11).

$$R = A * V * E_{(Coste)} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

R = corresponde al riesgo

V – Vulnerabilidad

$C(E)$ – Costos o valor de las pérdidas de los elementos expuestos

A – Amenaza, representa la probabilidad de ocurrencia del evento (nivel de intensidad o magnitud), dentro de un periodo de tiempo determinado, evaluada de la siguiente manera:

$$P=1-(1-1T)t$$

Donde:

T = periodo de retorno (100 años)

t = vida útil de la estructura

De acuerdo con la fórmula planteada anteriormente, T hace referencia al periodo de retorno. Para inundaciones T es igual 100 y para Socavación Lateral 100 años lo que indica que existe la probabilidad que ocurra el evento en estudio, es decir, una inundación o un proceso de socavación lateral que ocasione daños graves. Por otro lado, se encuentra el valor t el cual hace referencia al periodo de vida útil de la estructura (Tabla 32), debido a que los materiales con los que están contruidos las diferentes estructuras establecidas en riesgo bajo, medio o alto son afectados en diferente proporción.

Tabla 32. Probabilidad por vida útil de la tipología de construcción y nivel de vulnerabilidad estructural para la infraestructura social

Cálculo de las posibles pérdidas económicas		
Tipología de construcción	Vida útil	Probabilidad por vida útil del tipo de construcción
Mampostería confinada	70	0,51
Mampostería no reforzada	50	0,39
Madera, tapia, bahareque	30	0,26
Otro (mezcla de materiales)	15	0,14
Nivel de vulnerabilidad estructural		Rango de vulnerabilidad estructural
Alta		0,71-1,00
Media		0,40-0,70
Baja		0,00-0,40

Fuente: elaboración propia

* NOTA: La infraestructura social hace referencia al conjunto de obras públicas, instalaciones, instituciones, sistemas y redes que sostienen el funcionamiento de un territorio o cualquier otro tipo de organización social.

3.6.3. Escenario de afectación alta mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral

Para determinar las zonas de riesgo mitigable y no mitigable ante los fenómenos analizados, se tienen en cuenta criterios normativos, técnicos, históricos y económicos, tal como se describe a continuación (Figura 30).

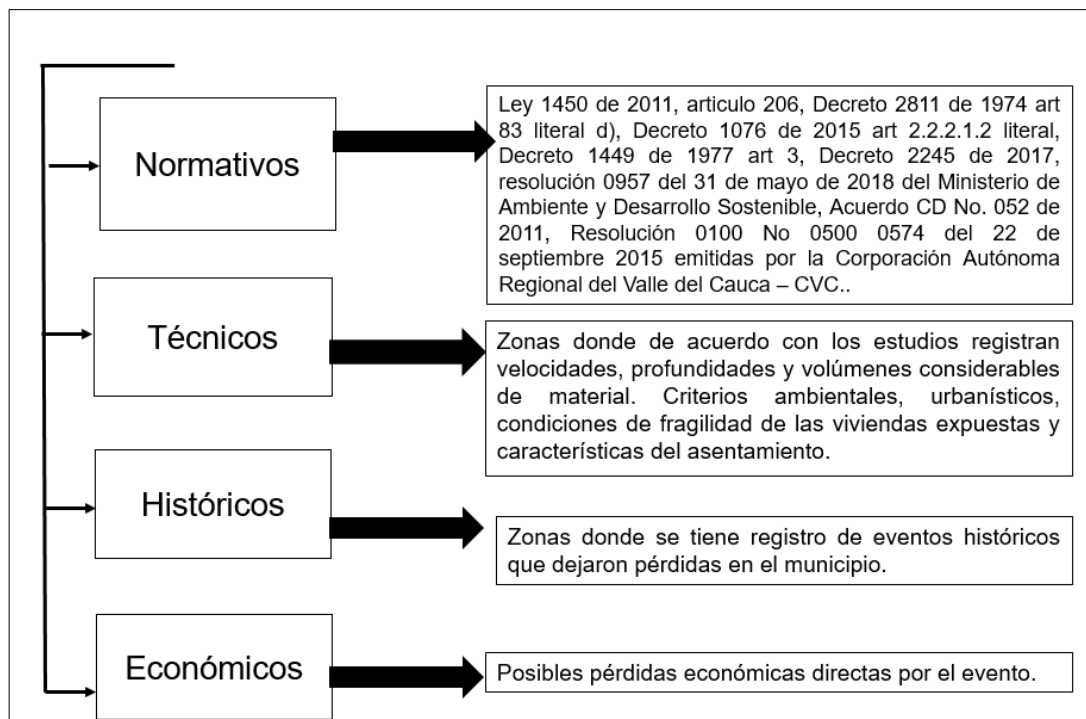


Figura 30. Criterios para la delimitación del riesgo alto mitigable y no mitigable para el sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

3.7. Escenario de afectación ante inundación para barrio azul, corregimiento de Amaime

Los resultados de la afectación estructural por inundación en el sector del Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira, se muestran en la Tabla 33. Se relaciona nivel de afectación, número de edificaciones y el área (m²).

Se obtuvo que hay 272 edificaciones en afectación alta, representando un área de 29135,19 m², siendo el 72,21% de las edificaciones analizadas, dichas edificaciones se encuentran distribuidas en El Refugio con 70 edificaciones, en el Triunfo con cuatro edificaciones y en el sector de Barrio Azul un total de 198 edificaciones.

En afectación media, existen 104 edificaciones con un área de 10066,90 m², donde nueve edificaciones están en Barrio Azul, en el barrio El Refugio, 76 edificaciones y 19 edificaciones son del El Triunfo. Y en afectación baja se encuentran 17 edificaciones representando el 2,85% de la afectación, toda localizadas en el barrio El Triunfo (Figura 31 y Figura 32).

Tabla 33. Nivel de afectación alta mitigable no mitigable ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Afectación	Número de edificaciones	Porcentaje (%)	Área (m2)
Alta La zona se caracteriza por presentar unas condiciones de amenaza altas para los elementos expuestos, además de una vulnerabilidad alta caracterizada por viviendas inadecuadas y en mal estado, y una población con poca o nula capacidad de respuesta. Los daños que pueden presentarse son destrucción parcial o total de las viviendas y pérdidas de vidas humanas en el sitio.	272	72,21	29135,19
Media La zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza moderada, al igual que unos niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural relativamente moderados. En estas zonas deben realizarse obras de mitigación para eliminar el nivel de riesgo; así mismo, deben desarrollarse programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de la población y la adecuación de las viviendas que presentan problemas estructurales considerables.	104	24,95	10066,91
Baja La zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza relativamente bajos al igual que unas condiciones de vulnerabilidad bajas. Los daños que pueden presentarse en las viviendas son ligeros (no estructurales), sin representar afectación en estabilidad de las mismas.	17	2,85	1147,98
TOTAL	393	100	40350,08

Fuente: elaboración propia

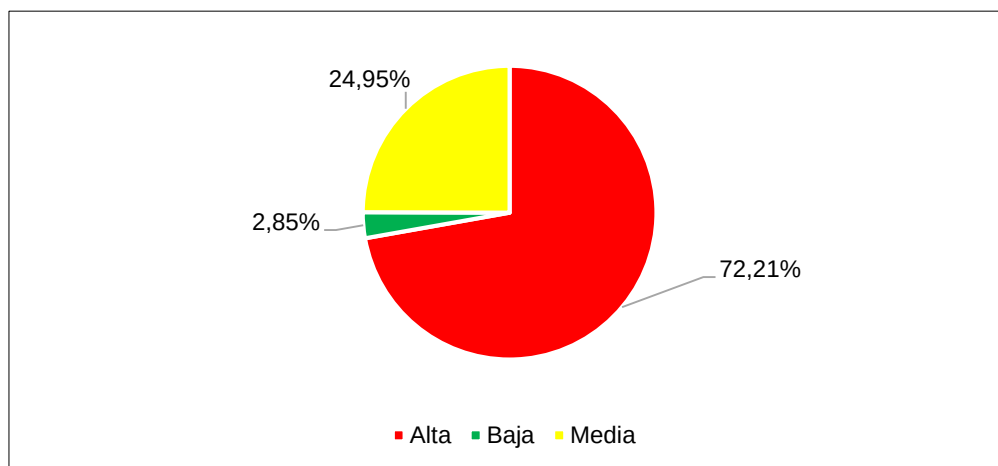


Figura 31. Distribución porcentual de la afectación estructural ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

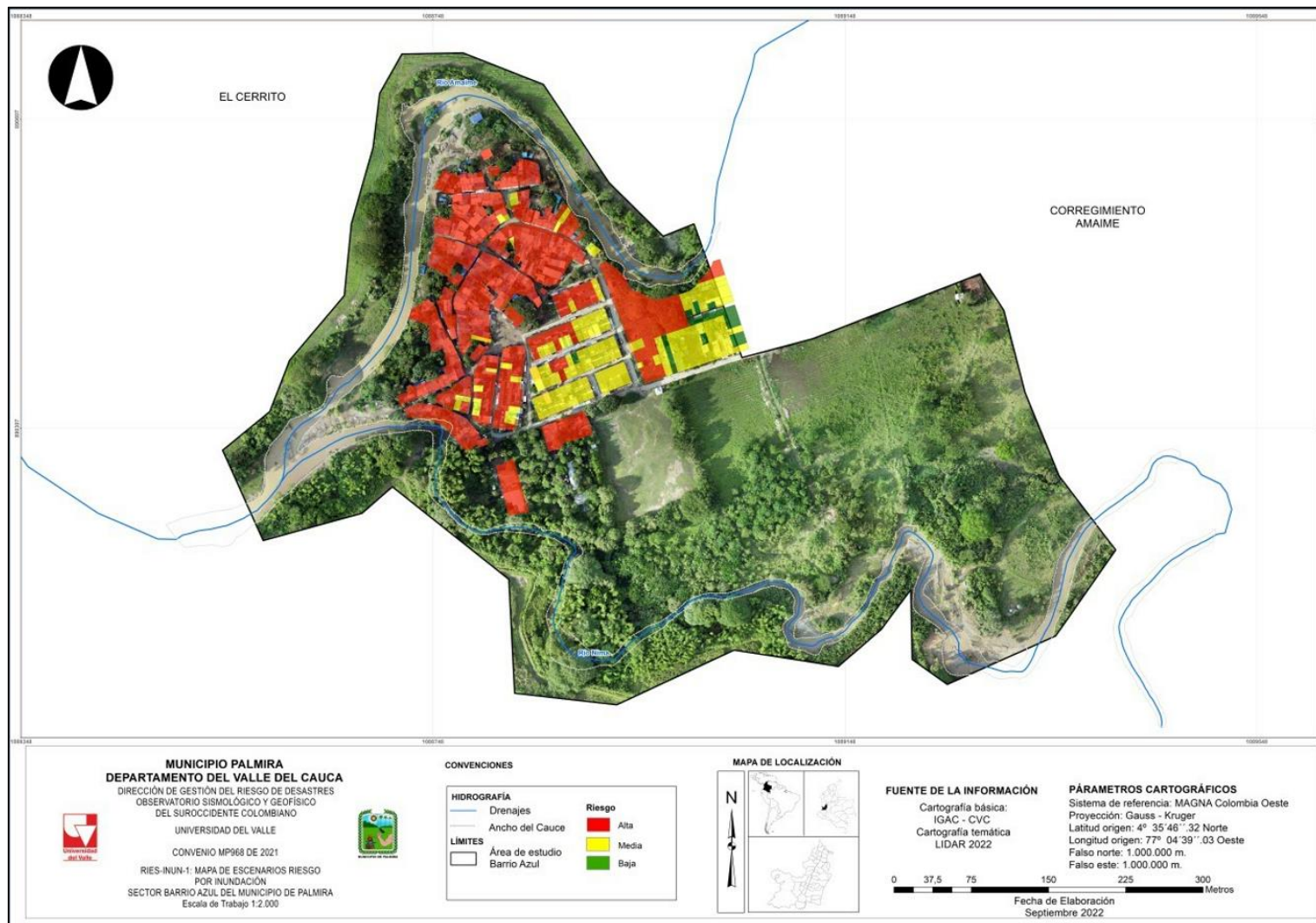


Figura 32. Distribución espacial de la afectación estructural ante inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

3.8. Escenario de afectación ante socavación lateral para barrio azul, corregimiento de Amaime

El escenario de afectación estructural para socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime se muestra en la Tabla 34. Se relaciona nivel de afectación, número de edificaciones y el área (m²).

Se obtuvo que la afectación estructural alta está representada por un total de 205 edificaciones con un área de 19544,79 m², representando el 95,06% de las edificaciones analizadas, donde 198 edificaciones se localizan en Barrio Azul, mientras que cuatro en el barrio El Triunfo y tres edificaciones en el barrio El Refugio. En afectación baja se encuentran 16 edificaciones, todas localizadas en el barrio El Refugio, representando el 4,94% de la afectación (Figura 33).

Tabla 34. Escenarios de afectación estructural por socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Afectación	Número de edificaciones	Porcentaje (%)	Área (m ²)
Alta La zona se caracteriza por presentar unas condiciones de amenaza altas para los elementos expuestos, además de una vulnerabilidad alta caracterizada por viviendas inadecuadas y en mal estado y una población con poca o nula capacidad de respuesta. Los daños que pueden presentarse son destrucción parcial o total de las viviendas y pérdidas de vidas humanas en el sitio.	205	95,06	19544,79
Baja La zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza relativamente bajos al igual que unas condiciones de vulnerabilidad bajas. Los daños que pueden presentarse en las viviendas son ligeros (no estructurales) sin que se vea afectada la estabilidad de las mismas.	16	4,94	1015,60
Total	221	100	20560,39

Fuente: elaboración propia

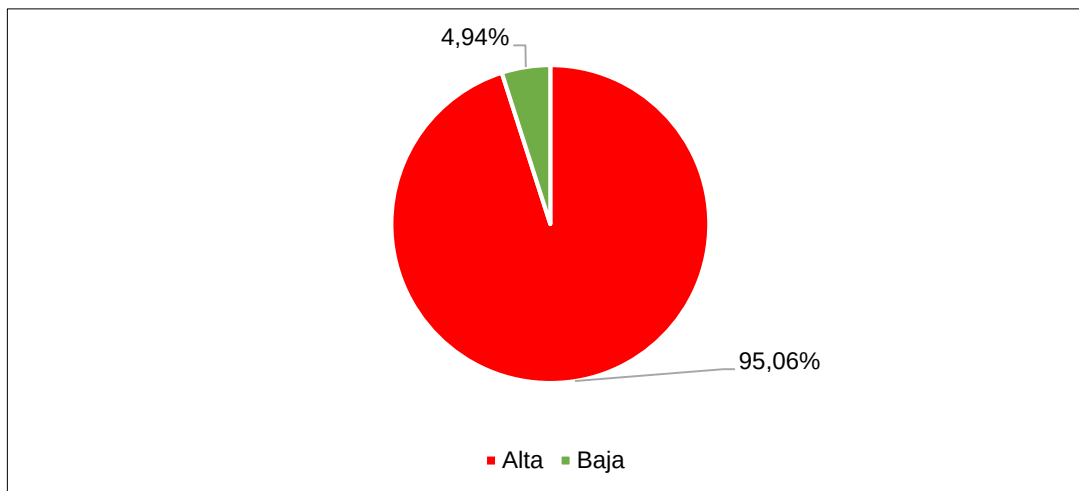


Figura 33. Distribución porcentual del escenario de afectación estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

La Figura 34 muestra la distribución espacial del escenario de afectación por socavación lateral en el sector de Barrio Azul. Las edificaciones con riesgo bajo están en el barrio El Triunfo, mientras que las edificaciones con afectación alta se distribuyen en su mayoría en el sector de Barrio Azul.

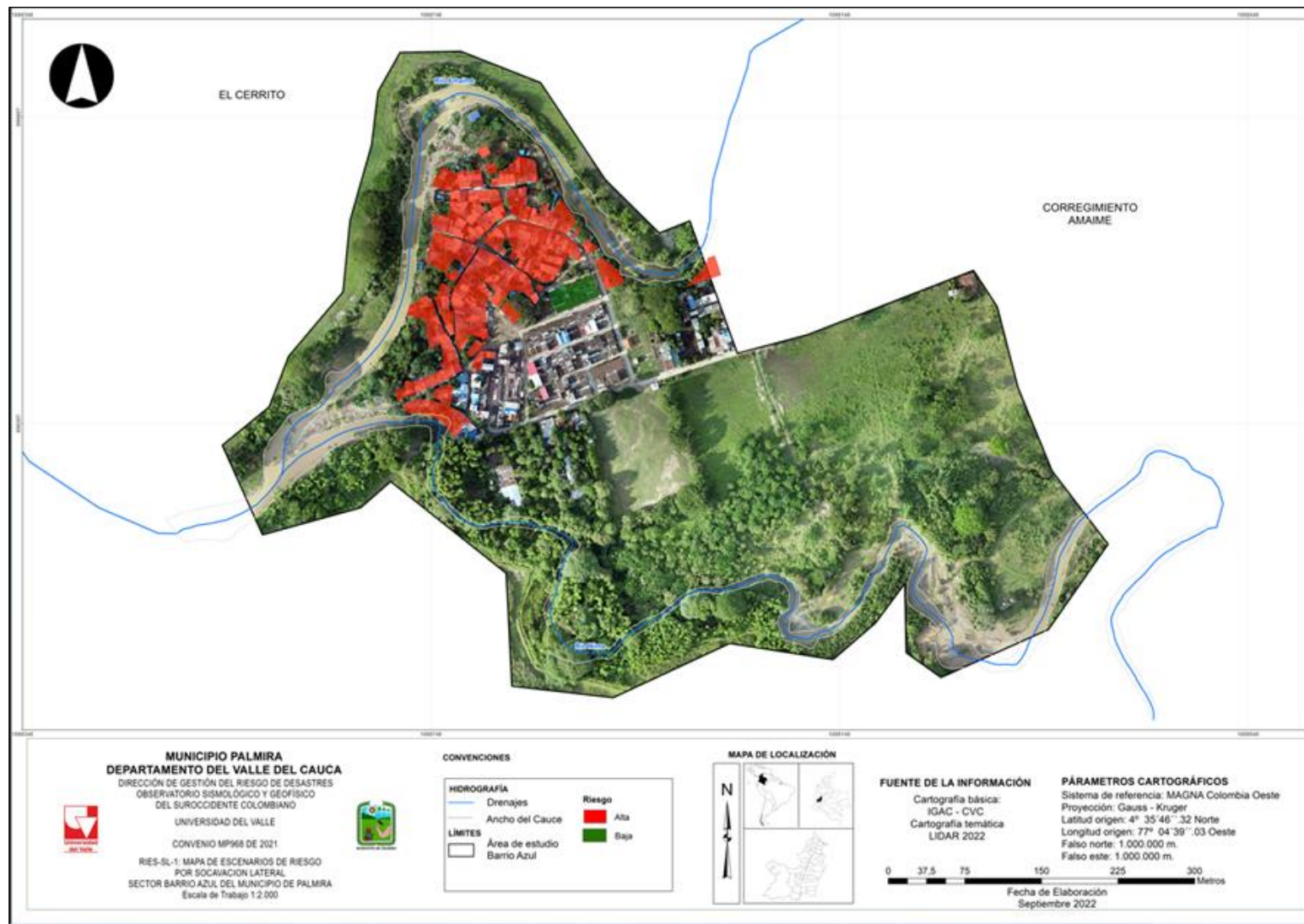


Figura 34. Distribución espacial del escenario de afectación estructural ante socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

3.9. Escenario de afectación global para el sector barrio azul corregimiento de Amaime, Palmira

Teniendo en cuenta que en el mismo sector se encuentra la influencia de dos fenómenos que confluyen de manera simultánea con las condiciones de vulnerabilidad de la población y de los elementos que la habitan, se construyó un mapa de afectación global que permita brindar un panorama general para la toma de decisiones y para la definición de las zonas de riesgo mitigable y no mitigable.

De las 393 edificaciones, 280 edificaciones están en afectación global alta, representando el 71% de las edificaciones analizadas, seguido 96 edificaciones en afectación media, con el 25% de las edificaciones y en afectación baja 17 edificaciones, representando el 4% del total de las edificaciones (Tabla 35 y Figura 35).

Tabla 35. Número de edificaciones según nivel de afectación global en el sector de Barrio Azul, Corregimiento de Amaime, Palmira

Nivel de afectación	Número de edificaciones	Porcentaje
Alta	280	71%
Media	96	25%
Baja	17	4%
Total	393	100%

Fuente: elaboración propia

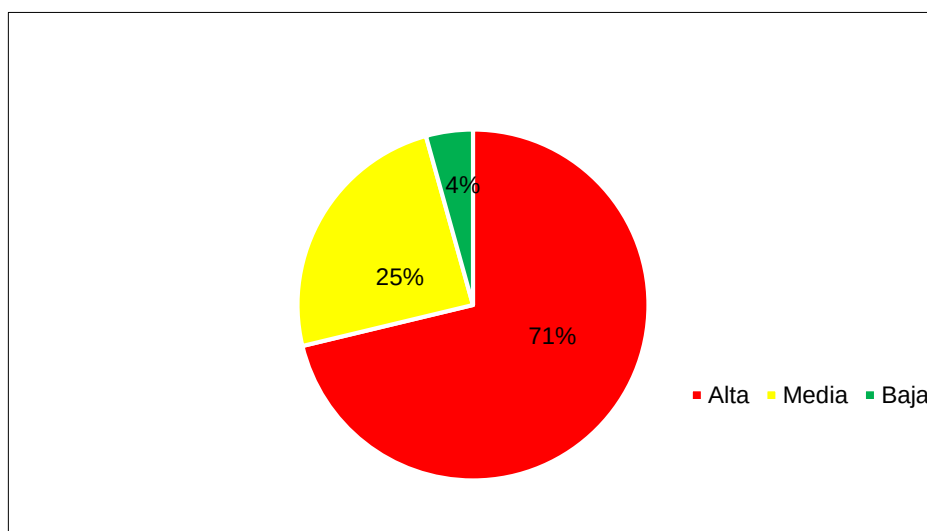


Figura 35. Distribución porcentual del número de edificaciones en el escenario de afectación global para el sector de Barrio de Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración propia

En relación con la distribución de los barrios, se obtiene que, en el sector de Barrio Azul, se encuentran 205 edificaciones en afectación alta y en afectación media, dos edificaciones. En el barrio El Refugio existen 70 edificaciones en afectación alta, seguido de 76 edificaciones en afectación media y una edificación en afectación baja; el barrio El Triunfo tiene cinco edificaciones en afectación alta, 18 edificaciones en afectación media y 16 edificaciones en afectación baja (Tabla 36).

Tabla 36. Número de edificaciones según nivel de afectación global por barrio, sector Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Barrio	Nivel de afectación		
	Alto	Medio	Bajo
Sector Barrio Azul	205	2	0
El Triunfo	5	18	16
El Refugio	70	76	1

Fuente: elaboración propia

En la Figura 36 se muestra la distribución espacial del escenario de afectación global para el sector de Barrio Azul. Donde la mayoría de las edificaciones con nivel alto de afectación para los dos fenómenos en estudio se distribuyen en Barrio Azul y El Refugio. Mientras que las edificaciones con nivel medio y bajo se distribuyen en El Triunfo y El Refugio.

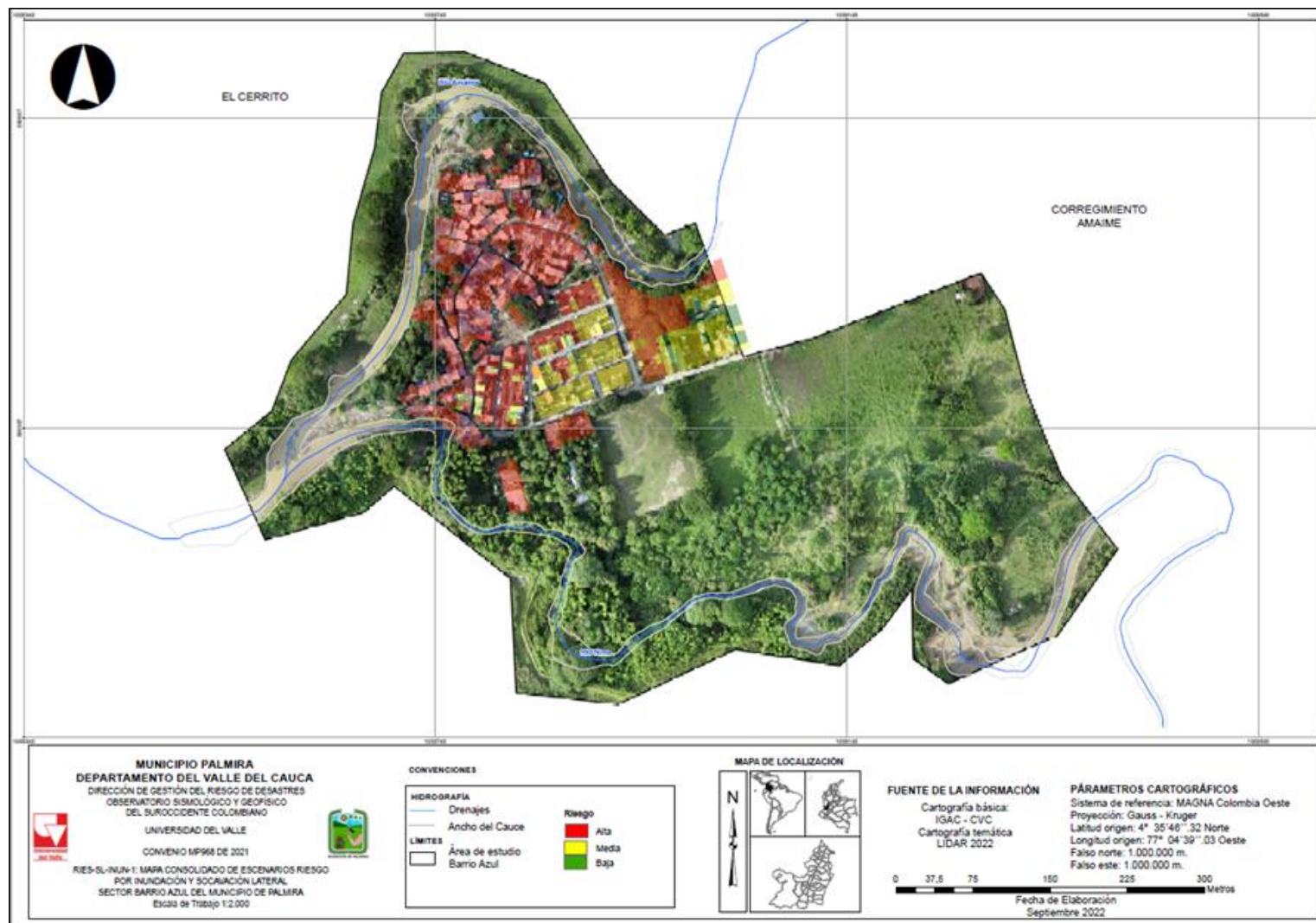


Figura 36. Escenario de afectación por inundación y socavación lateral en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

3.10. Afectación alta mitigable y no mitigable global

Con base en el análisis de los niveles de afectación global para ambos fenómenos, se definen las zonas de afectación alta mitigable y no mitigable con base en los criterios definidos. A continuación, se describe lo analizado en la definición de cada zona.

Históricos:

Tres eventos de inundaciones por el río Amaime, anteceden al sector de Barrio Azul (Figura 37):

- 18 de diciembre del 2010 que generó pérdida de playa y socavó el terreno.
- Dicho terreno cedió por la fuerte crecida de marzo 11 del 2011, dejando 10 viviendas afectadas y una sufrió graves averías.
- 8 de diciembre de 2011 se generó una fuerte inundación donde el río se llevó 13 viviendas, nueve fueron destruidas el mismo día, cinco sufrieron grandes daños y se fueron al piso al día siguiente.



Figura 37. Datos históricos por inundación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Fuente: elaboración con datos del periódico El País, 2011

Técnicos: se relacionan con los resultados de los estudios de geología, amenaza y vulnerabilidad; además, de criterios urbanísticos.

- **Urbanísticos:** el sector de Barrio Azul cuenta con dos tipos de área urbana geográficamente diferenciable mayormente destinada a residencias habituales: 1. La existencia de dos barrios conformados bajo la normativa, El Refugio y El Triunfo. 2. El sector conocido como Barrio Azul, que ha sido conformado de manera informal los últimos 15 años por población desplazada del conflicto interno, personas de bajos recursos y que viven del diario. En ese sentido,

realizar obras de mitigación en este tipo de zonas puede favorecer una mayor densificación en cuanto al número de viviendas y habitantes, y la conformación de más asentamientos de manera informal.

- **Geológicos:** las unidades geológicas en la zona de influencia de Barrio Azul corresponden a unidades de edad Cuaternario, principalmente depósitos aluviales no consolidados, tales como terrazas de erosión, cauces activos, planicies de inundación, barras e islas. Desde el punto de vista geomorfológico, en el sector de Barrio azul se identificaron dos (2) ambientes morfogenéticos, los cuales se encuentran distribuidos porcentualmente de la siguiente forma: fluvial (F) 90.44% y antropogénico con un 9.56% (ver Informe de Geología y Geomorfología para el sector de barrio azul a escala 1:2000).

El sector de Barrio Azul ha sido afectado en el pasado por procesos de desbordamiento de los ríos Amaime y Nima, las evidencias geomorfológicas y litológicas así lo demuestran; adicionalmente, la extracción artesanal de materiales de arrastre de los dos afluentes, río Nima y río Amaime, intensifica sus dinámicas naturales, origina procesos erosivos de las bancas y el lecho del río, tanto hacia aguas arriba (erosión remontante) como hacia aguas abajo (erosión progresiva) de los sitios de explotación, lo cual incrementa la erosión y el desplazamiento de las orillas y, por ende, su movilidad.

- **Amenaza por inundación:** los resultados de los estudios de amenaza por inundación evidencian una zona generalizada de amenaza alta derivada de los niveles de profundidades y velocidades que se pueden presentar en la zona. Al ser un comportamiento tan homogéneo de la amenaza alta, da cuenta de las condiciones críticas del sector ante el fenómeno.
- **Amenaza por socavación lateral:** teniendo en cuenta con las condiciones de amenaza de la zona y conforme al esfuerzo cortante crítico de los materiales de la banca, realizar obras que mitiguen el riesgo alto por socavación lateral implicaría que las viviendas cercanas a la banca del río tendrían que ser demolidas para poder tener espacio para realizar las obras de mitigación (muros), por ende, se tendría que reubicar esas viviendas y no sería viable realizar el proyecto. Otro aspecto para tener en cuenta es que las obras planteadas servirían para evitar erosión y posible colapso de la banca, pero no protegerán a las viviendas frente a las inundaciones.
- **Vulnerabilidad:** dadas las características de tipología constructiva y estado de conservación de las edificaciones que en su mayoría se encuentran en el sector de Barrio de Azul, cuenta con bajas condiciones de resistencia y una alta fragilidad ante los fenómenos analizados. Adicionalmente, dados los procesos

ocupación que se han dado en la zona, son viviendas que no cuentan de manera óptima con la infraestructura para el abastecimiento de los servicios públicos.

Normativo: relacionado con lo planteado en la normatividad en torno con los determinantes ambientales, específicamente en lo concerniente a las franjas forestales protectoras y rondas hídricas: Ley 1450 de 2011, artículo 206, Decreto 2811 de 1974 art 83 literal d), Decreto 1076 de 2015 art 2.2.2.1.2 literal, Decreto 1449 de 1977 art 3, Decreto 2245 de 2017, resolución 0957 del 31 de mayo de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 0100 No 0500 0574 del 22 de septiembre 2015 emitida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC.

En coherencia con la normatividad, para la definición de las zonas de afectación no mitigable se tiene en cuenta una franja de protección no inferior a 30 metros de ancho, a partir de la orilla y paralela a los cauces de los ríos.

Así mismo, el sector se localizaba en la confluencia de los ríos Nima y Amaime, llanura de inundación que no debería estar ocupada por usos residenciales. Citando al Decreto 2245 de 2017 que indica el acotamiento de las rondas hídricas teniendo en cuenta los polígonos de los componentes hidrológicos (mancha máxima de inundación para periodo de retorno de 15 años o 100 años), geomorfológicos y ecosistémicos, esta zona debe tener como función exclusiva, amortiguar crecientes y prestar servicios ambientales.

Económicos

Cálculo de posibles pérdidas en afectación global

Campos et al. (2012), señala la importancia de involucrar en la gestión del riesgo de desastres en Colombia, los registros de pérdidas y daños ocasionados por el impacto de los desastres para dimensionar el problema desde diferentes perspectivas. El análisis de pérdidas brinda elementos para la toma de decisiones y definición de prioridades económicas y sociales.

Acorde con la cantidad de edificaciones en afectación por inundación y socavación lateral en el sector Barrio Azul, se realizan las estimaciones de las posibles pérdidas o costos asociados. Las cuales estarán divididas en 6 partes: i) identificación de los elementos; ii) estimación del costo de la estructura de las edificaciones con uso de suelo no residencial iii) estimación del costo de la estructura de las edificaciones con uso de suelo residencial, iv) estimación del costo de daños en estructuras esenciales, v) asistencias gubernamental, vi) cálculo de posibles pérdidas económicas en infraestructura social localizadas en zona de afectación.

Identificación de los elementos

Puntualmente, la valoración se realizó para edificaciones de uso residencial, no residencial (comercial, cultural y mixto) y edificaciones esenciales (educación).

Edificaciones

De acuerdo con el censo que se realizó para la parte estructural y funcional del sector y presentado en Tabla 37 y Tabla 38, se encontró que las edificaciones en afectación están en su mayoría construidas en mampostería no reforzada, madera, tapia, bahareque y en sectores como Barrio Azul otros tipos de materiales son predominantes al momento de construir. En menor cantidad se encuentra en mampostería confinada en los tres barrios. Además, para todas las clasificaciones de afectación en su mayoría el uso de suelo en el sector ha sido destinado para la construcción de vivienda.

Tabla 37. Clasificación de elementos estructurales expuestos en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira

Tipos de estructuras			
Barrio	Tipo de material de construcción	Número de edificaciones Afectación Media	Afectación Alta
Barrio Azul	Mampostería confinada	0	0
	Mampostería no reforzada	2	48
	Madera, tapia y bahareque	0	79
	Otro	0	78
El Triunfo	Mampostería confinada	0	0
	Mampostería no reforzada	17	3
	Madera, tapia y bahareque	0	0
	Otro	1	2
El Refugio	Mampostería confinada	1	0
	Mampostería no reforzada	73	57
	Madera, tapia y bahareque	1	4
	Otro	1	9
Total de edificaciones		96	280

Fuente: elaboración propia

Tabla 38. Clasificación de elementos funcionales expuestos en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira

Barrio	Uso del suelo	Número de edificaciones	
		Afectación media	Afectación alta
Barrio Azul	Residencial	2	199
	Cultural	0	1
	Comercial	0	5
El Triunfo	Residencial	17	5
	Comercial	1	0
El Refugio	Residencial	73	68
	Comercial	2	1
	Educación	1	0

Barrio	Uso del suelo	Número de edificaciones	
		Afectación media	Afectación alta
	Mixto	0	1
Total de edificaciones		96	280

Fuente: elaboración propia

Infraestructura social

Los desastres afectan negativamente las condiciones sociales y económicas de la población, los daños en la infraestructura, elementos internos y la prestación del servicio que brinde la instalación que sufra el daño pueden llegar a ser significativos. Los fenómenos naturales afectan en igual medida a infraestructuras grandes o pequeñas, el daño que puede recibir las instalaciones está relacionado con las características de la construcción y su ubicación.

De acuerdo con la Organización Panamericana de Salud (2013) y su estudio frente a los fenómenos naturales a infraestructuras, los daños a la infraestructura se concentran en elementos estructurales y no estructurales.

Los daños que se pueden presentar en elementos no estructurales están directamente relacionados con el contacto con masas de agua generadas por lluvias, inundaciones, movimiento en masa y socavación lateral, entre las principales afectaciones se encuentran:

- Los servicios básicos indispensables internos (agua, alcantarillado, energía eléctrica).
- Elementos de decorativos.
- Divisiones y muebles.
- Todo tipo de equipos (electrodomésticos, tecnológicos).

Los daños que los fenómenos naturales generan en la edificación con base a lo planteado anteriormente pueden dividirse principalmente en dos:

1. Los daños en los contenidos (electrodomésticos y mobiliarios) asociados a reposición de los bienes afectados.
2. El daño en la estructura asociado a costes de reparación de esta.

Para el cálculo del costo total de las diferentes edificaciones en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira, se realizó una búsqueda de diferentes edificaciones en venta para conocer el precio de mercado, las cuales deben cumplir con la característica principal que es la tipología de construcción de la edificación, el precio de mercado de las diferentes edificaciones permitirá promediar los costos dependiendo de la categoría de tipología de construcción, las cuales están divididas en 4 categorías: i) Otro, ii) Madera, tapia y bahareque, iii) Mampostería no reforzada y iv) Mampostería confinada.

En la Figura 38 se observa algunas edificaciones que se tuvieron en cuenta para el cálculo del costo de construcción de las diferentes tipologías de las edificaciones, la diferenciación de los valores de cada edificación de la misma categoría depende en gran parte por construcciones internas de la edificación y la valoración (materiales, ubicación, tiempo de construcción, recuerdos, legalización, entre otros) que tenga la persona sobre esta; por lo tanto, el costo que se le publica en el mercado serían un costo aproximado de cada edificación y puede estar limitado por las condiciones de cada edificación del sector de las cuales no se tiene información oficial, es necesario el cálculo del promedio teniendo en cuenta las edificaciones con características semejantes y que reúnan todos los posibles limitantes que no es posible detallar y que representa el sector en general para aproximarnos a las posibles pérdidas en caso de un fenómeno natural.



Figura 38. Edificaciones pertenecientes a la muestra realizada para el cálculo del costo total promedio a precios de mercado

Fuente: Facebook Marketplace, 2022

En la Tabla 39 se puede observar una muestra de 5 edificaciones por cada tipología de construcción para un total de 20 edificaciones.

En la categoría de otro tipo de material de construcción se establece un costo promedio de \$5.200.000 millones de pesos por edificación, para la categoría madera, tapia y bahareque se establece un costo promedio de \$ 13.900.000 millones de pesos por edificación, para la categoría de mampostería no reforzada se establece un costo promedio de \$ 28.600.000 millones de pesos por edificación y finalmente para la categoría de mampostería confinada se establece un costo promedio de \$ 76.000.000 millones de pesos por edificación.

Tabla 39. Costo total promedio aproximado con base a precios de mercado teniendo en cuenta la tipología de construcción de la edificación

Edificación	Tipología de la construcción			
	Otros	Madera tapia y bahareque	Mampostería no reforzada	Mampostería confinada
1	\$2.000.000	\$9.000.000	\$15.000.000	\$58.000.000
2	\$4.000.000	\$8.000.000	\$35.000.000	\$95.000.000
3	\$10.000.000	\$18.000.000	\$18.000.000	\$60.000.000
4	\$3.000.000	\$14.500.000	\$37.000.000	\$75.000.000
5	\$7.000.000	\$20.000.000	\$38.000.000	\$92.000.000
Costo promedio	\$5.200.000	\$13.900.000	\$28.600.000	\$76.000.000

Fuente: elaboración propia a partir del precio de mercado de edificaciones con tipología de construcción semejante a la zona de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira

El cálculo de pérdidas para las edificaciones es necesario tener en cuenta el costo promedio de la edificación según la tipología de construcción y determinar los daños internos mediante la tipificación de una vivienda promedio y su contenido, para las edificaciones con uso de suelo no residencial se tendrá en cuenta solamente el costo promedio de la edificación según la tipología de la construcción debido a falta de información propia de los establecimientos que no corresponden a uso de suelo residencial y para el caso de las edificaciones esenciales es necesario establecer posibles medidas para mitigar el impacto del fenómeno, adicionalmente, calcular el equipamiento que tenga la edificación esencial, en caso de no tener equipamiento se tendrá en cuenta solo el costo de rehabilitación con base al plan de acción realizado por el Ministerio de Educación.

Estimación del costo de la estructura de las edificaciones con uso de suelo no residencial

En el contexto del sector de Barrio Azul, se encuentran ubicadas las siguientes edificaciones con uso de suelo no residencial: para Barrio Azul 6 edificaciones en afectación alta, El Triunfo 1 edificación en afectación media y El Refugio 3 edificaciones en afectación media y 2 edificaciones en afectación alta.

Se estimó un costo total aproximado de afectación de la estructura de las edificaciones con uso de suelo no residencial de \$ 451.219.538 millones de pesos representado en la Tabla 40 teniendo en cuenta el costo total promedio de construcción de acuerdo con la tipología de la edificación.

Tabla 40. Costo Total de las edificaciones con uso de suelo no residencial en afectación por inundación y socavación lateral en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Edificaciones con uso de suelo no residencial			
Barrio	Nivel de afectación	Cantidad de edificaciones	Costo total por nivel de afectación (\$)
Barrio Azul	ALTO	6	\$ 133.500.000
	MEDIO	0	\$ 0
El Triunfo	ALTO	0	\$ 0
	MEDIO	1	\$ 28.600.000
El Refugio	ALTO	2	\$ 33.800.000
	MEDIO	3	\$ 255.319.538

Edificaciones con uso de suelo no residencial			
Barrio	Nivel de afectación	Cantidad de edificaciones	Costo total por nivel de afectación (\$)
TOTAL		12	\$ 451.219.538

Fuente: elaboración propia a partir del censo estructural y costo total promedio con base a la tipología de construcción de edificaciones en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira

Estimación del costo de la estructura de las edificaciones con uso de suelo residencial

En el contexto del sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira, se encuentran ubicadas las siguientes edificaciones con uso de suelo residencial con afectación: para Barrio Azul, 2 edificaciones en afectación media y 199 edificaciones en afectación alta; en El Triunfo, 16 edificaciones en afectación baja, 17 edificaciones en afectación media y 5 edificaciones en afectación alta, y para el barrio El Refugio una edificación en afectación baja, 73 edificaciones en afectación media y 68 edificaciones en afectación alta.

Se estimó un costo total aproximado de afectación de la estructura de las edificaciones con uso de suelo residencial de \$7.155.100.000 millones de pesos representado en la Tabla 41, teniendo en cuenta el costo total promedio de construcción de acuerdo con la tipología de la edificación.

Tabla 41. Costo Total de las edificaciones con uso de suelo residencial en afectación por inundación y socavación lateral en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Edificaciones con uso de suelo residencial			
Barrio	Nivel de afectación	Cantidad de edificaciones	Costo total por nivel de afectación (\$)
Barrio Azul	ALTO	199	\$ 2.743.000.000
	MEDIO	2	\$ 57.200.000
El Triunfo	ALTO	5	\$ 96.200.000
	MEDIO	17	\$ 462.800.000
El Refugio	ALTO	68	\$ 1.698.800.000
	MEDIO	73	\$ 2.097.100.000
Total		364	\$ \$ 7.155.100.000

Fuente: elaboración propia a partir del censo estructural y costo total promedio con base a la tipología de construcción de edificaciones en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira

Contenido (electrodoméstico y mobiliario) promedio en hogares

A partir de la información disponible en la encuesta de calidad de vida del DANE para el Valle del Cauca (2016), más la información que se pudo obtener en el trabajo de campo donde las personas que nos permitieron la entrevista interna, se generalizó para las edificaciones que no permitieron el ingreso o no estaban presentes el día de la entrevista, se determinó el listado promedio de mobiliario y electrodomésticos por hogar, el cual se resume en la Figura 39.

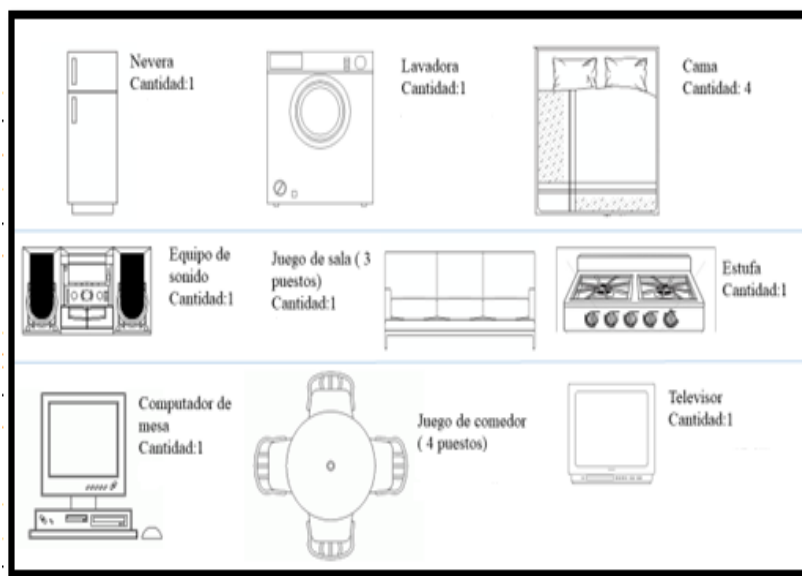


Figura 39. Tipificación del contenido de una vivienda promedio en Colombia
Fuente: elaboración propia con información DANE (2016)

A continuación, se procede a estimar el valor económico aproximado del contenido en las edificaciones con uso de suelo residencial:

Valor aproximado del contenido en edificaciones con uso de suelo residencial

En la Tabla 41 se estima el valor económico de los contenidos por vivienda. Inicialmente, se determina el valor a nuevo del mobiliario y electrodomésticos de una vivienda a través de la multiplicación del valor comercial promedio de los artículos de acuerdo con la cantidad de estos en cada vivienda. Se considera que el contenido de las viviendas tiene un determinado tiempo de vida útil, para los electrodomésticos la vida útil será establecida por el promedio de vida proyectado desde la Organización de Consumidores y Usuarios y para los muebles de hogar 10 años con base a información suministrada por varios empresarios del sector de los muebles en Colombia.

Se estipula la depreciación en línea recta que supone una depreciación constante, teniendo en cuenta el valor comercial promedio del artículo y su vida útil, dicha depreciación arroja el cambio de precio que sufre durante el transcurso de los años. Es importante establecer el tiempo promedio de tenencia como la vida útil media para cada artículo, ya que se tiene en cuenta los años de tenencia de artículos nuevos y antiguos en posesión de los habitantes del sector. Así se obtiene al final un valor promedio teniendo en cuenta la depreciación de \$ 4.358.750 pesos por edificación residencial.

Tabla 41. Valor aproximado del contenido en las edificaciones con uso de suelo residencial

Contenidos por vivienda	Cant.	Valor comercial promedio	Vida útil (años)	Depreciación por año	Tiempo promedio tenencia	Valor aproximado por contenido con depreciación (\$)
Nevera	1	\$1.050.900	12	\$87.575	6	\$525.450
TV a color	1	\$699.900	12	\$58.325	6	\$349.950
Lavadora	1	\$1.359.900	10	\$135.990	5	\$679.950
Computador	1	\$1.199.000	6	\$199.833	3	\$599.500
Equipo de sonido	1	\$389.900	8	\$48.738	4	\$194.950
Comedor	1	\$650.000	10	\$65.000	5	\$325.000
Sala	1	\$1.065.000	10	\$106.500	5	\$532.500
Estufa	1	\$542.900	12	\$45.242	6	\$271.450
Cama	4	\$1.760.000	10	\$176.000	5	\$880.000
Valor total aproximado de contenido (\$)						\$8.717.500
Valor total aproximado con depreciación de contenido (\$)						\$4.358.750

Fuente: elaboración propia con información del DANE (2016). Precios 2022: Alkosto, Almacenes la 14, Almacenes Éxito, Bodega del mueble, Only muebles

Estimación del costo total aproximado por daños del contenido en edificaciones con uso de suelo residencial

Se procedió a multiplicar el valor total aproximado con depreciación de cada artículo por el número de edificaciones con uso de suelo residencial en afectación, el costo total aproximado asociado a la pérdida de contenido corresponde a \$ **1.557.867.500** millones de pesos, el cual se detalla en la Tabla 42.

Tabla 42. Costo total aproximado por daños de contenido en edificaciones con uso de suelo residencial en afectación por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Barrio	Nivel de afectación	Número de edificaciones	Costo total aproximado en daños del contenido por nivel de afectación (\$)
Barrio Azul	ALTO	199	\$ 867.391.250
	MEDIO	2	\$ 8.717.500
El Triunfo	ALTO	5	\$ 21.793.750
	MEDIO	17	\$ 74.098.750
El Refugio	ALTO	68	\$ 296.395.000
	MEDIO	73	\$ 318.188.750
Costo total aproximado (\$)			\$ 1.557.867.500

Fuente: elaboración propia

Posibles pérdidas por daños en las instituciones educativas

El cálculo para las posibles pérdidas por daño a las instituciones educativas se estima considerando, el daño de la estructura y el daño en el contenido, en el caso del sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira se encuentra 1 predio destinado al uso educativo en afectación, localizado en el barrio El Refugio, se realizó una estimación del costo de daño mediante alternativas posibles para su reparación mediante planes de acción realizados por el Ministerio de Educación y no se realizó el cálculo del equipamiento (contenido) debido a la falta de información oficial.

Estimación del costo de daños en la estructura de la Institución Educativa en funcionamiento

Utilizando como base los desastres naturales en el país en los años 2010 y 2011, el Ministerio de Educación cuantificó el número de escuelas afectadas y el gasto en la reparación de la estructura de cada una de ellas por municipio, a través de un plan de acción compuesto por tres fases:

- Fase 1 – *Ayuda humanitaria*: se realizó la implementación de aulas temporales.
- Fase 2 – *Rehabilitación*: consistió en el mantenimiento correctivo, la reparación estructural y la realización de obras de mitigación de las sedes educativas afectadas.
- Fase 3 – *Reubicación*: Reposición y reubicación de sedes educativas.

Para el Valle del Cauca, la mayor parte de las escuelas afectadas sólo requirieron de la fase de rehabilitación. Por esta razón se determinó que, los centros educativos ubicados en la zona de estudio necesitarían de recursos para una etapa de rehabilitación.

De esta manera, en la Tabla 43 se calcula el valor de la posible afectación en la institución educativa mediante la fase 2 del plan de acción para la rehabilitación de la edificación, teniendo en cuenta la conversión de precios pasados mediante el IPC a precios actuales.

Tabla 43. Costo total aproximado de la estructura de la institución educativa (precios de 2021).

Costos estimados por sede educativa en fase 2 a precios actuales (ipc) (\$)	Número de instituciones educativas	Costo total aproximado de la estructura educativa (\$)
\$ 198.119.538	1 (I.E SEMILLA DE LA ESPERANZA)	\$ 198.119.538

Fuente: elaboración propia con datos del Ministerio de Educación Nacional (2011)

Finalmente, el posible costo de la reparación de la estructura alcanza un total de \$ 198.119.538 millones de pesos tal como se observa en la Tabla 44.

Tabla 44. Costo total aproximado por Institución Educativa en funcionamiento en afectación por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Nivel de afectación	Sede educativa	Costo aproximado de rehabilitación	Costo aproximado por nivel de afectación (\$)
Medio	1 (I.E Semilla de la Esperanza)	\$ 198.119.538	\$ 198.119.538
Costo total aproximado de daño en sede educativa (\$)		\$ 198.119.538	\$ 198.119.538
Costo total aproximado de daño en sede educativa (usd)		US\$ 43.258	US\$ 43.258
(1 usd = 4.580 \$ cop)			

Fuente: elaboración propia con base en la Lista de precios de Homecenter (2019) y Ministerio de Educación Nacional (2011)

Resumen de costos aproximados de daño en la infraestructura social total

Finalmente, el resumen de costos aproximados de daño en la infraestructura social total se tendrá en cuenta las edificaciones con uso de suelo no residencial (estructura), edificaciones con uso de suelo residencial (estructura y contenido) y predios-edificaciones esenciales (rehabilitación), tal como se observa en la Tabla 45.

Tabla 45. Resumen de costos aproximados de daño en la infraestructura social afectada

<i>Resumen de costos aproximados de daño en la infraestructura social</i>	<i>Costo aproximado de daño (\$)</i>
Costo aproximado de daño en edificaciones con uso de suelo no residencial con afectación	\$ 451.219.538
Costo aproximado de daño en edificaciones con uso de suelo residencial con afectación	\$ 8.712.967.500
Costo aproximado de daño en edificaciones esenciales con afectación	\$ 198.119.538
COSTO TOTAL APROXIMADO DE DAÑO EN LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL (\$)	\$ 9.362.306.570
COSTO TOTAL APROXIMADO (USD) (1 USD = \$: 4.580 COP)	\$ 2.044.172

Fuente: elaboración propia

Asistencia Gubernamental

El análisis de la asistencia gubernamental se estimó la ayuda del gobierno en alimentación y aseo y subsidios de arrendamiento a la población damnificada ante la ocurrencia de un desastre natural.

Posibles costos por asistencias del gobierno a damnificados

Un componente importante de los costos asociados a los desastres naturales del área de estudio corresponde a las diferentes ayudas que brindan las instituciones estatales, privadas y sin ánimo de lucro ante las emergencias. Para realizar una aproximación a los gastos que estas instituciones asumirían, se tomaron como base los recursos que Colombia Humanitaria, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y que la Secretaría de Infraestructura Departamental del Valle del Cauca destinaron para los diferentes municipios del Valle del Cauca afectados por la ola invernal de 2010 – 2011. Este monto se actualiza a través del IPC.

De esta manera, la Tabla 46 muestra los diferentes tipos de inversiones que dichas instituciones ejecutarían para mitigar una emergencia, lo cual representa el gasto del gobierno para situaciones de este tipo teniendo en cuenta el contexto del sector de barrio Azul, y adicionalmente, se tendrá en cuenta el monto estipulado para construcción de albergue de \$ 2.400.000 el cual también se actualizará a través del IPC y se nombrará asistencia a viviendas para cálculos posteriores.

En la Tabla 47 se resume los gastos teniendo en cuenta el nivel de afectación y el número de edificaciones. Haciendo la excepción de dos edificaciones cuyo uso es educativo y el otro uso cultural.

Tabla 46. Montos designados por el Gobierno Nacional para asistencia alimentaria y aseo a damnificados durante situaciones de desastres (precios 2021).

Total familia	Alimento/mes (\$)	Aseo/mes (\$)	Total (\$)
De 1 a 3 personas	\$348.352	\$58.059	\$406.410
De 4 a 6 personas	\$435.440	\$72.573	\$508.013
Más de 6 personas	\$478.984	\$87.088	\$566.071

Fuente: elaboración propia con datos de Colombia Humanitaria (2011), sobre la base de la "Ola Invernal" de 2010-2011

Tabla 47. Costos aproximados por asistencia a familias posiblemente afectadas (precios 2021)

Nivel de afectación	Número de edificaciones	Asistencia alimento y aseo por familia (\$)	Asistencia a viviendas por familia (\$)	Valor aproximado de asistencia alimento y aseo (\$)	Valor aproximado asistencia vivienda (\$)
ALTO	279	\$ 508.013	\$ 3.483.517	\$ 141.735.627	\$ 971.901.243
MEDIO	95	\$ 508.013	\$ 3.483.517	\$ 48.261.235	\$ 330.934.115
Costo total aproximado (\$)				\$ 189.996.862	\$ 1.302.835.358

Fuente: elaboración propia con datos de Colombia Humanitaria (2011), sobre la base de la "Ola Invernal" de 2010-2011 viviendas

Resumen de costos aproximados derivados de la asistencia gubernamental

Finalmente, en la Tabla 48 se encuentra el resumen del costo total aproximado derivado de la asistencia gubernamental, serán solamente los costos probables en asistencia de vivienda, alimentario y aseo brindada por el Gobierno en caso de presentarse un evento de inundación o socavación lateral en el sector de Barrio Azul.

Tabla 48. Resumen de los costos aproximados derivados de la asistencia del gobierno para edificaciones con uso de suelo residencial

Resumen de costos aproximados derivados de la asistencia del gobierno	Costo aproximado de asistencia del gobierno (\$)
Costo aproximado en asistencia alimentaria y aseo	\$ 189.996.862
Costo aproximado en asistencia a vivienda	\$ 1.302.835.358
Costo total aproximado de asistencia del gobierno (\$)	\$ 1.492.832.220
Costo total aproximado (USD) (1 USD = \$ 4.580 COP)	US\$ 325.945

Fuente: elaboración propia

Posibles pérdidas económicas en infraestructura social localizadas en zona de afectación

Con base a la metodología para el cálculo del riesgo realizada por González (2002) es posible calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$R = P \times V \times C$$

Donde, P representa la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica, el valor de P se representa:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t$$

De acuerdo con la fórmula planteada anteriormente, T hace referencia al periodo de retorno, el cual indica que cada T años existe la probabilidad que ocurra el evento en estudio en este caso, T tomara el valor de 100.

El valor t cual hace referencia al período de vida útil de la estructura, debido a que los materiales con las que están construidas las estructuras son afectadas en diferente proporción.

Seguidamente en la ecuación, se encuentra la vulnerabilidad representada por la V , es de vital importancia tenerla en cuenta debido a que nos indica la vulnerabilidad de los elementos expuestos a la acción en proceso.

Por último, se encuentra los costos representados por la C , el cual indica los costes o el valor de las pérdidas generadas por el desastre natural, tanto en la infraestructura como los gastos gubernamentales. En la Tabla 49 se muestra la especificación que se realizará en cada edificación permitiendo establecer la probabilidad de acuerdo con el material de construcción teniendo en cuenta la vida útil y los rangos de vulnerabilidad estructural que posee cada edificación. El producto de la probabilidad de ocurrencia, de la vulnerabilidad y el costo de los elementos y asistencia expuestos por cada edificación (contenido, estructura, ayudas gubernamentales) aproximan a las posibles pérdidas económicas en edificaciones residenciales, no residenciales y edificaciones esenciales (instituciones educativas), las cuales se resumen en la Tabla 50.

Tabla 49. Especificación de los cálculos de vulnerabilidad y probabilidad por edificación para la estimación de las posibles pérdidas económicas

Cálculo de las posibles pérdidas económicas		
Tipo de material de construcción	Vida útil	Probabilidad por vida útil del material de construcción
Mampostería confinada	70	0.51
Mampostería no reforzada	50	0.39
Madera, tapia y bahareque	30	0.26
Otro	15	0.14
Nivel de vulnerabilidad estructural	Rango de vulnerabilidad estructural	
ALTO	0,71 – 1,00	
MEDIO	0,41 - 0,70	
BAJO	0,00 - 0,40	

Fuente: elaboración propia

Tabla 50. Aproximación de posibles pérdidas económicas en edificaciones por nivel de afectación en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Edificaciones en afectación		
Nivel de afectación	Cantidad de edificaciones	Posibles pérdidas económicas en edificaciones por nivel de afectación (\$)
ALTO	280	\$ 1.795.690.831
MEDIO	95	\$ 823.225.366
Posibles pérdidas económicas totales (\$)		\$ 2.618.916.197
Instituciones Educativas en afectación		
Nivel de afectación	Cantidad de instituciones educativas	Posibles pérdidas económicas en instituciones educativas por nivel de afectación (\$)
Medio	1	\$ 39.812.357
Posibles pérdidas económicas totales (\$)		\$ 39.812.357

Fuente: elaboración propia

Finalmente, las posibles pérdidas económicas en infraestructura social se obtuvieron de la aproximación de posibles pérdidas económicas en edificaciones con uso de suelo residencial, no residencial y esencial, tal como se observa en la Tabla 51.

Tabla 51. Aproximación de posibles pérdidas económicas en infraestructura social en afectación

Posibles pérdidas económicas en edificaciones con uso de suelo residencial y no residencial (\$)	Posibles pérdidas económicas en edificaciones esenciales (\$)	Posibles pérdidas económicas en infraestructura social (\$)
\$ 2.618.916.197	\$ 39.812.357	\$ 2.658.728.554

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados y las condiciones específicas del sector, se considera pertinente definir la **no mitigabilidad** para la mayoría de las edificaciones localizadas en el sector de Barrio Azul. De esta forma, de las 393 edificaciones, 210 edificaciones son alta no mitigable y 72 son alta mitigable. Las 210 edificaciones por sus características constructivas y por tener mayor exposición frente a los dos fenómenos en estudio están localizadas en el sector de Barrio Azul. Mientras que las 72 edificaciones mitigables se distribuyen en los barrios El Refugio y El Triunfo (Tabla 52 y Figura 40).

Tabla 52. Número de edificaciones en afectación alta mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime

Nivel de afectación	Número de edificaciones
Alto no mitigable	210
Alto mitigable	72

Fuente: elaboración propia.

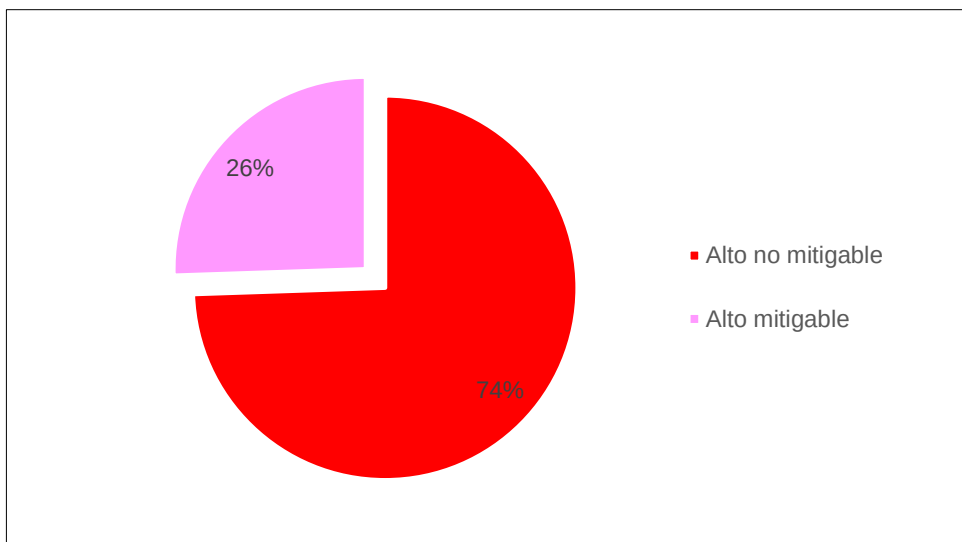


Figura 40. Distribución porcentual del nivel de afectación alta mitigable y alta no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia

Las Figura 41 y Figura 42 muestra la distribución espacial del escenario de afectación alta mitigable y no mitigable teniendo en cuenta los dos fenómenos.

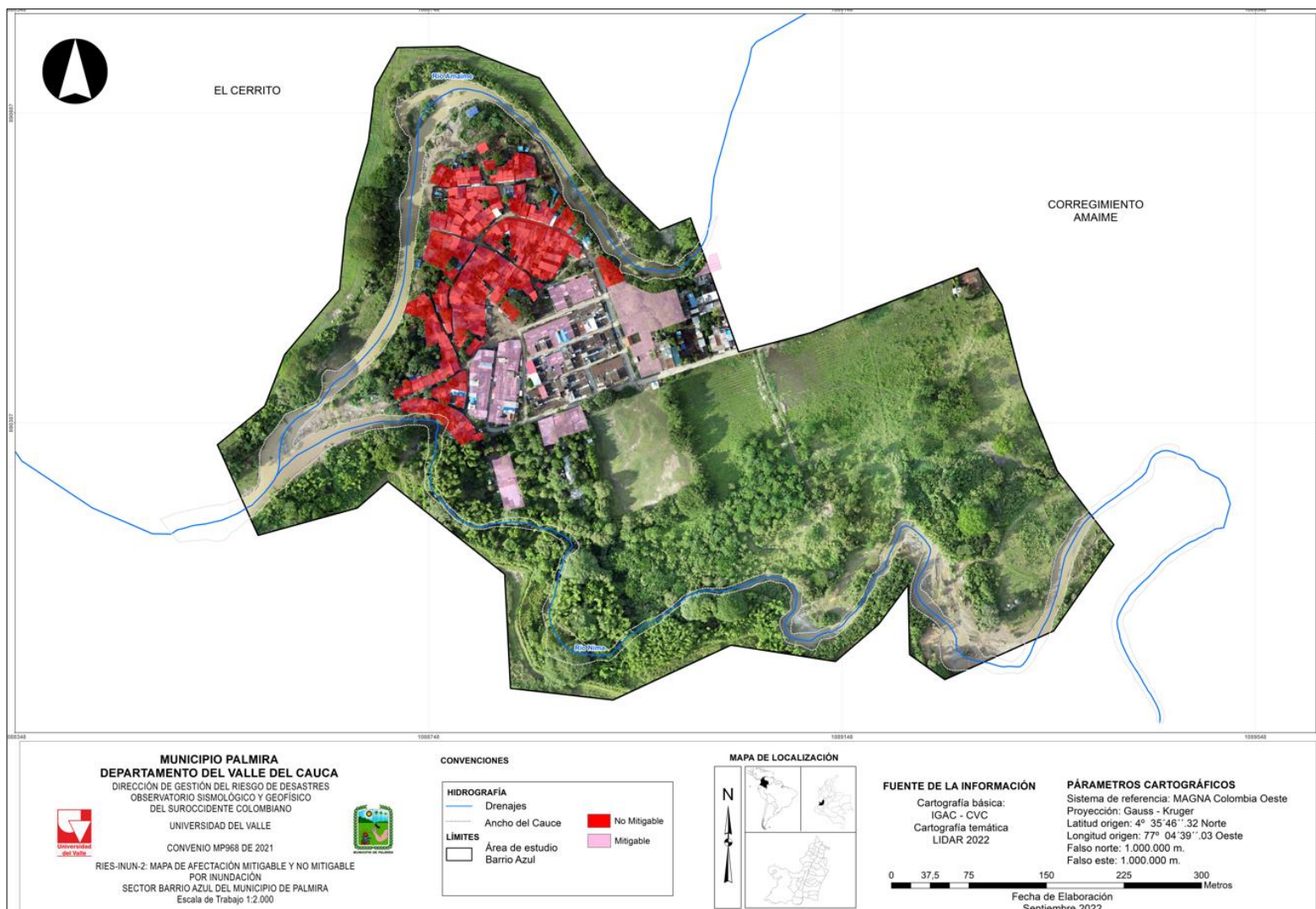


Figura 41. Afectación alta mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia.

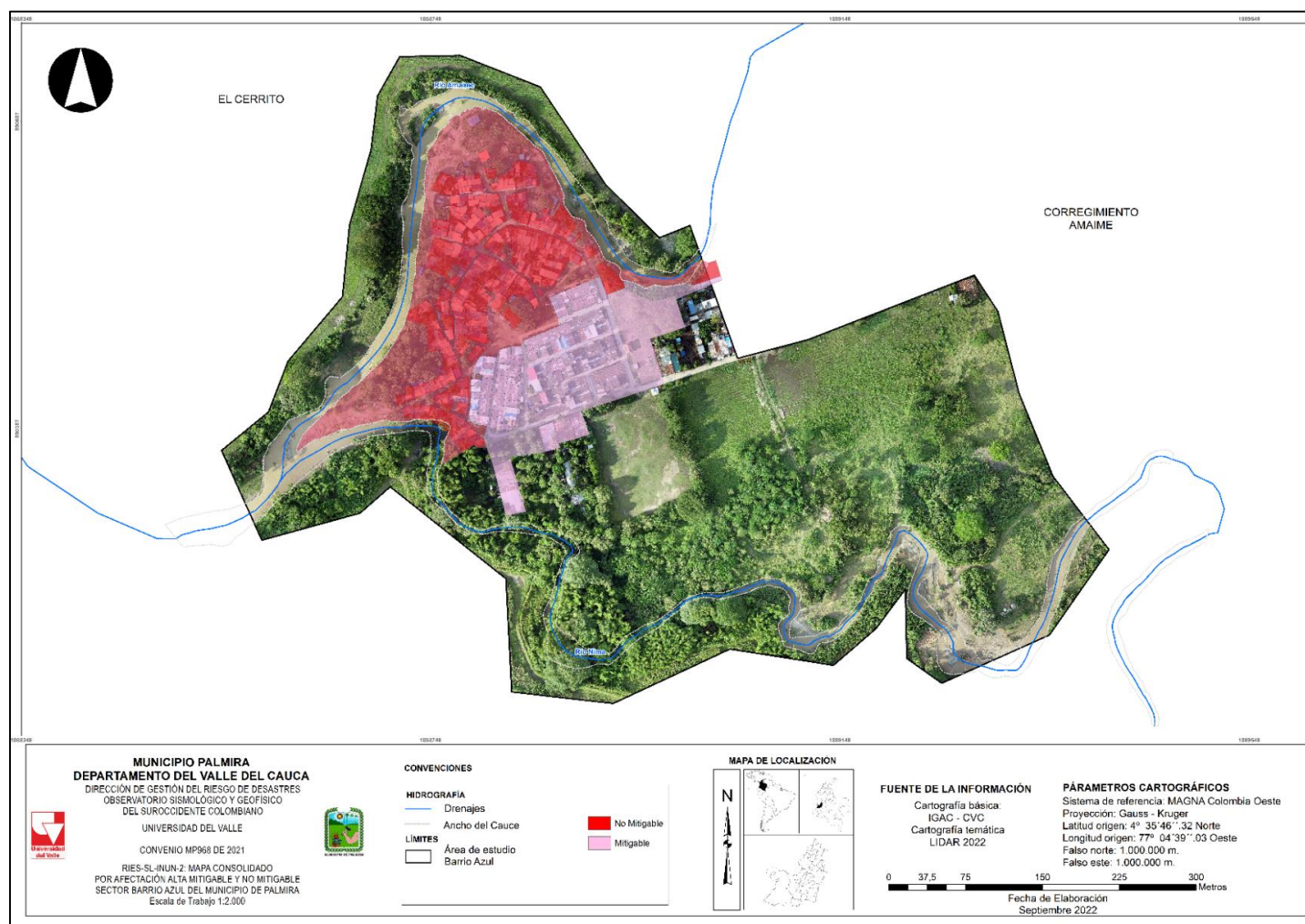


Figura 42. Afectación alta mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira
Fuente: elaboración propia.

3.10.1. Cálculo de las posibles pérdidas en afectación alta mitigable y alta no mitigable global

A continuación, con base en las edificaciones ubicadas en zonas de afectación alta (282) en el sector de Barrio Azul, se adelantará la caracterización de afectación alto mitigable y no mitigable; se realizará la clasificación de elementos estructurales y funcionales expuestos. Seguidamente, se estimará el costo de la estructura de las edificaciones, y finalmente, se establecerá las posibles pérdidas económicas en infraestructura, al final se realizará el cálculo de los costos totales aproximados en reubicación de edificaciones que estén en afectación alto no mitigable.

Clasificación de elementos estructurales y funcionales expuestos en edificaciones con afectación alto mitigable y no mitigable

De acuerdo con el censo que se realizó para la parte estructural y funcional del municipio y presentado en la Tabla 53 y Tabla 54, se realiza la clasificación de elementos estructurales y funcionales expuestos en afectación alto mitigable y no mitigable.

Tabla 53. Clasificación de elementos estructurales expuestos en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira

Tipos de estructuras			
Barrio	Tipo de material de construcción	Número de edificaciones	
		Nivel Afectación Alto Mitigable	Nivel Afectación Alto No mitigable
Barrio Azul	Mampostería confinada	0	0
	Mampostería no reforzada	0	50
	Madera, tapia y bahareque	0	79
	Otro	0	78
El Triunfo	Mampostería confinada	0	0
	Mampostería no reforzada	1	2
	Madera, tapia y bahareque	0	0
	Otro	1	1
El Refugio	Mampostería confinada	0	0
	Mampostería no reforzada	57	0
	Madera, tapia y bahareque	4	0
	Otro	9	0
Total de edificaciones		72	210

Fuente: elaboración propia

Tabla 54. Clasificación de elementos funcionales expuestos en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira

Funcionalidad de los elementos			
Barrio	Uso del suelo	Número de edificaciones	
		Nivel Afectación Alto Mitigable	Nivel Afectación Alto No mitigable
Barrio Azul	Residencial	0	201

Funcionalidad de los elementos			
Barrio	Uso del suelo	Número de edificaciones	
		Nivel Afectación Alto Mitigable	Nivel Afectación Alto No mitigable
El Triunfo	Comercial	0	5
	Cultural	0	1
	Residencial	2	3
Refugio	Residencial	68	0
	Comercial	1	0
	Mixto	1	0
Total de edificaciones		72	210

Fuente: elaboración propia

Estimación del costo de la estructura de las edificaciones en afectación alto mitigable y no mitigable

En el contexto del sector de Barrio Azul, se encuentran ubicadas 72 edificaciones en afectación alto mitigable y 210 edificaciones en afectación alto no mitigable, se estimó un área total construida en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable de 24.580 m² con un costo total aproximado de \$ 4.762.500.000 millones de pesos representado en la Tabla 55, teniendo en cuenta el costo total promedio de construcción de acuerdo con la tipología.

Tabla 55. Área (m²) Total Construida y Costo Total de las edificaciones en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Edificaciones en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable		
Afectación alta	Cantidad de edificaciones	Costo total (\$)
Mitigable	72	\$1.766.400.000
No mitigable	210	\$2.996.100.000
Costo total (\$)	282	\$4.762.500.000

Fuente: elaboración propia a partir del censo estructural y costo total promedio con base a la tipología de construcción de edificaciones en el sector de barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira

Posibles pérdidas económicas en edificaciones localizadas en zona de afectación alto mitigable y no mitigable

El producto de la probabilidad de ocurrencia, de la vulnerabilidad y el costo de los elementos expuestos por cada edificación (estructura), con base en la teoría establecida anteriormente por Gonzales (2002), aproximan a las posibles pérdidas económicas en edificaciones con nivel de afectación alto mitigable y no mitigable, las cuales se resumen en la Tabla 56.

Tabla 56. Aproximación de posibles pérdidas económicas en edificaciones en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable

Edificaciones en afectación alto mitigable y no mitigable		
Nivel de afectación alto	Cantidad de edificaciones	Posibles pérdidas económicas en edificaciones en nivel de afectación alto mitigable y no mitigable (\$)
MITIGABLE	72	\$ 654.272.525
NO MITIGABLE	210	\$ 1.161.653.280
Posibles pérdidas económicas totales (\$)		\$ 1.815.925.805

Fuente: elaboración propia

Costos de posible reubicación de edificaciones en nivel de afectación alto no mitigable

De acuerdo al Decreto No. 411.020.0480 de 2016 planteado por la Alcaldía de Santiago de Cali, el cual se tomará como referencia, establece el procedimiento para la implementación de compensaciones en el proceso de reasentamiento del plan Jarillón de Cali, se tiene en cuenta el Artículo Décimo Quinto, el artículo establece “Las unidades sociales que habiten y que se encuentren en ocupación permanente de un bien de uso público ubicado dentro de las zonas declaradas de alto riesgo por un desastre natural, consideradas dentro del Plan Jarillón de Cali, podrán tener derecho al traslado definitivo a una vivienda de interés social prioritario como reposición, la cual tiene un valor de setenta (70) SMLMV, previo el cumplimiento de los requisitos legales.”

Para el año en curso, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, mediante el Decreto 949 de 2022, modifica el artículo 2.2.2.1.5.2.2 del Decreto número 1077 de 2015 Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en relación con los proyectos y/o programas de renovación urbana a partir de los cuales se determina el valor máximo de la vivienda de interés social y la vivienda de interés prioritario. Define que la vivienda de interés social podrá tener un precio superior a los ciento treinta y cinco salarios mínimos mensuales legales vigentes (135 smmlv), sin que este exceda los ciento setenta y cinco salarios mínimos mensuales legales vigentes (175 smmlv), y que la vivienda de interés prioritario en renovación urbana podrá tener un precio superior a los noventa salarios mínimos mensuales legales vigentes (90 smmlv), sin que este exceda los ciento diez salarios mínimos mensuales legales vigentes (110 smmlv).

Para el cálculo de los costos se toma los 90 smmlv, que se muestra en la Tabla 57 se establece un posible costo de asistencia del gobierno en reubicación de las edificaciones.

Tabla 57. Costo aproximado de asistencia del gobierno ante el traslado definitivo en edificaciones con nivel de afectación alto no mitigable por inundación y socavación lateral en el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime, Palmira

Nivel de afectación	Número de edificaciones	Costo vivienda interés social prioritario	Salario mínimo legal mensual (2022)	Costo aproximado del traslado a viviendas de interés social prioritario
Alto	210	90 smlmv	\$ 1.000.000	\$ 18.900.000.000
Costo total				\$ 18.900.000.000
Costo total (usd) (1 usd = \$ 4.580 cop)				US\$ 4.126.638

Fuente: elaboración propia con base al decreto No. 411.020.0480 de 2016 de la Alcaldía de Santiago de Cali

4. CONCLUSIONES

El trabajo de campo para el levantamiento de las edificaciones expuestas a los dos fenómenos permitió levantar 393 edificaciones. Donde 221 edificaciones se analizaron para el fenómeno de socavación lateral y las 393 para el fenómeno de inundación.

Se obtuvo que la mayoría de las edificaciones se localizan en el Sector de Barrio Azul con 207, seguido del barrio El Refugio con 147 edificaciones y, por último, el barrio El Triunfo con 39 edificaciones.

En lo que compete a las condiciones de fragilidad estructural el análisis para los dos fenómenos arrojó de manera general un factor de resistencia bajo teniendo en cuenta su tipología constructiva, su edad, su número de pisos y el estado de conservación de las edificaciones.

Teniendo en cuenta las condiciones de exposición y las condiciones de fragilidad mencionadas anteriormente para el fenómeno de inundación, la vulnerabilidad estructural de las 393 edificaciones, 207 dieron vulnerabilidad alta, 104 edificaciones vulnerabilidad media y 17 edificaciones arrojaron vulnerabilidad baja. Para la vulnerabilidad por socavación lateral las 221 edificaciones, 205 dieron en vulnerabilidad alta y 16 edificaciones en vulnerabilidad baja.

Se hizo un mapa de afectación global que diera respuesta al análisis de las edificaciones expuesta a los dos fenómenos en estudio. Dicho análisis arrojó 282 edificaciones en afectación alta, 96 en afectación media y 17 en afectación baja. Y a partir de este, se definen las zonas de alta mitigable y no mitigable. En afectación alta no mitigable tenemos 210 edificaciones localizadas a las orillas de los ríos Nima y Amaime, específicamente Barrio Azul. Mientras que 72 edificaciones son mitigables distribuidas en los barrios El Triunfo y El Refugio.

Para el sector de Barrio Azul, corregimiento de Amaime-Palmira en el momento que se materialice el escenario de inundación y socavación lateral provocaría un costo aproximado de daño para las edificaciones ubicadas en nivel de afectación alto de \$ 2.743.000.000 millones de pesos en Barrio Azul, \$ 96.200.000 millones de pesos en El Triunfo y \$ 1.698.800.000 millones de pesos en El Refugio, es necesario tomar medidas anticipadas, entre las cuales se destaca el hecho de la reubicación.

Al analizar posibles costos de reubicación de las edificaciones en afectación alto no mitigable se tendría un costo aproximado de \$ 18.900.000.000 millones de pesos para el escenario global, aunque el valor de reubicación es más alto que el costo aproximado de

daño en infraestructura al materializarse cualquiera de los dos fenómenos debido a las características específicas que tiene el sector de Barrio Azul, es una medida que soluciona el problema de raíz con solo una inversión, el costo aproximado de daño en infraestructura no incluye algunos daños y pérdidas incuantificables que pueden cerrar cada vez más la diferencia entre el costo de reubicación y el costo de daño de la infraestructura a largo plazo.

Es importante aclarar el cálculo de las posibles pérdidas económicas teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia del fenómeno natural y la vulnerabilidad estructural de la edificación, las posibles pérdidas económicas para edificaciones en afectación por inundación y socavación lateral fueron de \$ 2.686.176.966 millones de pesos, a pesar de que es un valor mucho menor que las pérdidas totales calculadas inicialmente que fueron de \$ 9.998.722.826 millones de pesos para ambos fenómenos, se debe tener en cuenta de que al materializarse el evento esta cifra puede acercarse a los valores iniciales ya que la probabilidad se vuelve 1, el evento sucedió, por lo tanto, solo afectaría la vulnerabilidad estructural en los costos que se estipularon.

5. REFERENCIAS

- Alcaldía de Santiago de Cali (2016). Decreto N° 411.0.20.0480 del 29 de agosto de 2016, por el cual se establece el procedimiento para la implementación de compensaciones en el proceso de reasentamiento del plan Jarillón de Cali. Cali. Colombia.
- Alcaldía de Santiago de Cali (2019). Altos de Santa Elena. Tomado de: <https://www.cali.gov.co/vivienda/publicaciones/143211/altos-de-santa-elena>.
- Asociación Colombiana de ingeniería Sísmica (AIS). (2010) Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Campos, A., Holm-Nielsen, N., Díaz, C., Rubiano, D., Costa, C., Ramírez, F. y Dickson, E. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Recuperado de <http://gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/archivos/GESTIONDELRIESGOWEB.pdf>
- Caram, M. and Pérez, S. A. (2006). Entre el riesgo ambiental y el riesgo social: buscando una salida a la tenencia irregular. Revista argentina de sociología, 4(6):50–64.
- Cardona Arboleda, O. D. (1991). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. In *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo* (pp. 10-10). <https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>
- Congreso de la República de Colombia. (24 de abril de 2012). Ley de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Ley 1523 de 2012). DO: 48.411
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) (2015). Resolución 0100 N° 0500 0574 de 2015 “Por la cual se expiden determinantes ambientales a escala departamental en estructura ecológica y amenazas y riesgos para los procesos de planificación territorial en el área de jurisdicción de la CVC”. Valle del Cauca, Colombia
- Corporación Autónoma Regional Valle del Cauca (CVC) (Octubre 5, 2011). Por medio el cual se Subroga el Acuerdo 23 de septiembre 12 de 1979 por el cual se dictan normas generales relativas a ubicación de diques riberaños de cauces de aguas de uso público”. En Línea: https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/Normatividad_Gnl/Acuerdo%20CD%20052%20de%202011-Oct-05.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE-(2016). Encuesta de calidad de vida. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2016>

Decreto 949 de 2022. Por el cual se modifica el artículo 2.2.2.1.5.2.2 del Decreto número 1077 de 2015 Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en relación con los proyectos y/o programas de renovación urbana a partir de los cuales se determina el valor máximo de la vivienda de interés social y la vivienda de interés prioritario. Diario Oficial No. 52.052 de 1 de junio de 2022. En línea: https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/decreto_0949_2022.htm

Dirección General de Programación Multianual del Ministerio de Economía y Finanzas DGPM-MEF. (2007). Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo. Documento 1, Serie Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres. Lima: (DGPM-MEF y PDRS-GIZ).

Du, J., Yin, K., Lacasse, S., & Nadim, F. (2014). Quantitative vulnerability estimation of structures for individual landslide: application to the Metropolitan Area of San Salvador, El Salvador. *Electron J Geotech Eng*, 19, 1251-1264.

Du, J., Yin, K., Nadim, F., & Lacasse, S. (2013). Quantitative vulnerability estimation for individual landslides. In *Proceedings of the 18th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Paris* (pp. 2181-2184).

FOPAE (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias). 2011. Cartilla básica de sat (Sistemas de Alerta Temprana) ante inundaciones. Bogotá: FOPAE.

Fournier, d'Albe E. M.,(1985). "The Quantification of Seismic Hazard for the Purposes of Risk Assessment", International Conference on Reconstruction, Restauration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas, Skopje, November 1985.

GEMMA. 2007. "Movimientos en masa en la región Andina: una guía para la evaluación de amenazas." *Geológica Multinacional*, no. 4. Consultado el 7 de noviembre de 2017. <https://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/442884/GuiaEvaPeligros.pdf>

Gómez, José Javier (2001). Vulnerabilidad y medio ambiente. In *International Seminario Internacional: Las Diferentes Expresiones de la Vulnerabilidad Social en América Latina y el Caribe*, CEPAL, Santiago de Chile.

González Mora, R. (2006). *Vida Útil Ponderada de Edificaciones*. Costa Rica.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid: Pearson Educación.
http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/SRR/decreto_1807_19_%20septiembre_2014.pdf <http://www.minvivienda.gov.co/NormativaInstitucional/1077%20-%202015.pdf>

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid: Pearson Educación.

Humanitaria, C. (2011). Informe de Colombia Humanitaria sobre Resoluciones, Instructivos y otros. Recuperado de: [acceso: 30 de enero de 2011].

- Hungr, Oldrich, S. G. Evans, M. J. Bovis, y J. N. Hutchinson. 2001. "A Review of the Classification of Landslides of the Flow Type." *Environmental and Engineering Geoscience* 7 (3): 221-238. doi: 10.2113/gsegeosci.7.3.221.
- INGEOMINAS, 2001. Geología de las planchas 44 Sincelejo y 52 Sahagún, escala 1:100.000. Memoria Explicativa. Sincelejo.
- Kaminski, S., Lawrence, A. & Trujillo, D. (2016). Guía de Diseño para la Vivienda de Bahareque Encementado. Informe técnico de INBAR N° 38.
- Li, Z., Nadim, F., Huang, H., Uzielli, M., & Lacasse, S. (2010). Quantitative vulnerability estimation for scenario-based landslide hazards. *Landslides*, 7(2), 125-134.
- Magaña, V., Méndez, J.M., Morales, R., Millán, C. (2004). Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. En J. Martínez y A. Fernández. Cambio climático: una visión desde México. (pp. 203-213). México: INE-SEMARNAT.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, D. C., Colombia.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Decreto N°2245 del 29 de diciembre de 2017. "Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas". Bogotá DC. Colombia. Recuperado de: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/Decreto_2245_29-12-2017-Ronda_Hidrica-a1.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo. 2014. Guía técnica para la formulación de los POMCAS. no. 104. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo. 2014. Guía técnica para la formulación de los POMCAS. no. 104. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (2011). Informe de Colombia Humanitaria sobre Resoluciones, Instructivos y otros. Recuperado de: https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/instructivo_colombia_humanitaria.pdf
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio de Colombia (2015). Decreto 1077 de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda,

Ciudad y Territorio” Consulta Recuperado de:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216>

Ministerio de Vivienda, Salud y Territorio de Colombia (2014). Decreto 1807 del 19 septiembre de 2014. "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". Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=59488>

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). Resolución 0957 del 01 de junio de 2018 "Por la cual se adopta la Guía Técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones". Bogotá DC. Colombia.

En línea:

https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientesds_0957_2018.htm

Organización Panamericana de la Salud -OPS- (2013). Conceptos y guía de análisis de impacto en salud para la Región de las Américas. Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Washington, DC.

Rivero, A. C. R., Pacheco, A. D. J. M., García, P. G. C., & Vera, M. N. Z. (2017). Amenaza, vulnerabilidad y riesgo ante eventos naturales. Factores socialmente construidos. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 2(6).

Rojas, O., Mardones, M., Arumí, J. L., & Aguayo, M. (2012). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, (57), 177-192

Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2016). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. *Bogotá, DC, Colombia*.

Spence, R. J. S. (1990). Seismic risk modelling-A review of methods. contribution to" Velso il New Planning", University of Naples, Papers of Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge. Obtenido en formato electrónico en Centro Territorial de Gestión de la Información del MICONS, Santiago de Cuba.

Tardío, G. (2013). Metodología de integración del análisis de erosión de lecho y orillas con el análisis de estabilidad de taludes. Aplicaciones a la ingeniería y restauración fluvial. *Revista Montes*, 112, 14–19.

UNDRR (Oficina de Naciones Unidas para Reducción del Riesgo de Desastre) 2001. FRAMEWORK FOR ACTION, For the Implementation of the International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). <https://www.eird.org/fulltext/marco-accion/framework-english.pdf>.

- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2017). Pérdidas económicas, pobreza y desastres 1998-2017. Recuperado de <https://www.eird.org/americas/docs/perdidas-economicas-pobreza-y-desastres.pdf>
- Uzielli, M., Nadim, F., Lacasse, S., & Kaynia, A. M. (2008). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. *Engineering Geology*, 102(3-4), 251-256.
- Varnes, D. J. (1978). Slope Movement Types and Processes. Special report, 176, 11-33.
- Ven Te Chow, Maidment, D., & Mays, L. (1994). 2_Chow Ven Te - Hidraulica De Canales Abiertos.PDF