

FORTALECIMIENTO AL PROYECTO DE
FORMULACIÓN ADOPCIÓN E
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE
ORDENAMIENTO TERRITORIAL POT DEL
MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA,
SANTANDER.

CONTRATO No. 3349-17

INFORME EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR
INUNDACIÓN Y MOVIMIENTO EN MASA EN
BARRANCABERMEJA.

Barrancabermeja, Santander, Colombia - Febrero 2018



BARRANCABERMEJA
ES POSIBLE

Gestores del Proyecto

Darío Echeverri Serrano

Alcalde Municipio de Barrancabermeja 2016-2019,
Municipio de Barrancabermeja

Elizabeth Lobo Gualdrón

Asesora de Planeación
Oficina Asesora de Planeación, Barrancabermeja

Autores

Gabriel Alberto Bayona Fetecua

Geólogo, Universidad EAFIT • Magíster en Ciencias de la Tierra. Universidad EAFIT • Director de Proyecto, SAGGES S.A.S. • info@sagges.com.

Juan Camilo Hinestroza Farfán

Ingeniero Civil, Universidad EAFIT • Magíster en Ingeniería: Riesgo Sísmico, Universidad EAFIT • Especialista en Ingeniería sísmo-resistente, Universidad EAFIT • Coordinador de Área.

Laura Andrea Silva Gelves,

Ingeniera Civil, Universidad Industrial de Santander • Coordinadora de ingenieros en campo, SAGGES S.A.S.

Jhon Tylor Herrera Rodriguez,

Ingeniero Civil, Universidad Industrial de Santander • Ingeniero Civil, SAGGES S.A.S

Fabio Arley Barreto Iriarte,

Ingeniero Civil, Universidad Industrial de Santander • Ingeniero Civil, SAGGES S.A.S.

Jazmith Dominguez Rincón,

Ingeniera Civil, Universidad Industrial de Santander • Ingeniera Civil, SAGGES S.A.S.

Colaboradores

Ana Beatriz Acevedo Jaramillo

Ingeniera civil • Maestría y Doctorado en Reducción del Riesgo Sísmico, ROSE SCHOOL – Universidad de Pavía, Italia • Asesor Externo. Universidad EAFIT.

Mario Fernando Restrepo

Ingeniero Civil, Universidad EAFIT • Magíster en Ingeniería y Sostenibilidad, Universidad EAFIT • Coordinador de Ingeniería

Jaime Norberto Guarín Ocampo

Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de Colombia - Medellín • Magíster En Emergencias Y Desastres, Universidad de Antioquia • Especialista En Geotecnia Y Estabilidad De Taludes, Universidad de Medellín • Coordinador de ingeniería Geotecnia, SAGGES S.A.S.

Andrés Felipe Duque Pérez

Ingeniero Civil, Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia • Magíster En Ingeniería - Aprovechamiento De Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín• Coordinador de ingeniería hidrología, SAGGES S.A.S.

Marggy Andrea Villa Robles

Comunicación Social Organizacional, Universidad Autónoma De Bucaramanga • Especialista Docencia Universitaria, Universidad Cooperativa De Colombia• Coordinadora de trabajo y gestión social, SAGGES S.A.S.

Yurany Davidson Jaraba,

Profesional En Trabajo Social, Instituto Universitario De La Paz UNIPAZ•Trabajadora y Gestora social, SAGGES S.A.S.

Claudia Stella Chama Romero,

Profesional En Trabajo Social, Instituto Universitario De La Paz UNIPAZ • Trabajadora y Gestora social, SAGGES S.A.S.

Raúl Gómez Puentes,

Profesional Economista, Universidad Industrial de Santander •Técnico Profesional En Contabilidad Y Finanzas,Servicio Nacional de Aprendizaje SENA • Analista y Gestor Social, SAGGES S.A.S.

Tito Javier Peñuela Carreño,

Profesional Administrador De Empresas, Universidad Autónoma De Manizales • Gestor social, SAGGES S.A.S.

Yen Ramon Llain Alvarez,

Tecnólogo En Seguridad Industrial Y Salud Ocupacional, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA • Gestor social, SAGGES S.A.S.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN		1-10
2. AMENAZAS Y MAGNITUDES		2-11
2.1. AMENAZA POR INUDACIÓN		2-11
2.1.1. MAGNITUDES DE INUNDACIÓN DE SISTEMAS LÓTICOS Y LÉNTICOS CON PERIODOS DE RETORNO DE 500 AÑOS		2-12
2.2. AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA		2-14
2.2.1. MAGNITUDES DE MOVIMIENTOS EN MASA CON PERIODOS DE RETORNO DE 500 AÑOS		2-15
3. MODELO DE EXPOSICIÓN		3-16
3.1. CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS EXPUESTAS.		3-16
3.1.1. DESCRIPCIÓN DE TIPOLOGIAS ESTRUCTURALES		3-18
3.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.		3-26
3.2.1. ENCUESTAS DIGITALES		3-26
3.2.2. ENCUESTAS DE CAMPO		3-28
3.2.3. INFORMACIÓN SECUNDARIA		3-31
3.3. ÁREA CONSTRUIDA.....		3-32
3.3.1. INVASIONES Y LOTES NO CONSTRUIDOS.		3-32
3.3.2. UNIFORMIDAD DE PREDIOS		3-32
3.4. NUMERO CONSTRUCCIONES (EDIFICIOS)		3-34
3.5. COSTOS DE REPOSICIÓN DE BIENES EXPUESTOS.		3-35
3.6. ZONAS HOMOGENEAS.		3-36

3.6.1. DISTRIBUCIÓN EN ALTURA.....	3-36
3.6.2. ESTRATO	3-36
3.6.3. USO PREDOMINANTE DEL BARRIO	3-37
3.1. RESULTADOS DEL MODELO DE EXPOSICIÓN.....	3-37
3.1.1. CÁLCULO DE CANTIDAD DE EDIFICIOS	3-37
3.1.2. CALCULO DE ÁREA CONSTRUIDA	3-39
3.1.3. CANTIDAD DE VIVIENDAS Y POBLACIÓN.....	3-39
3.1.4. RESULTADOS	3-40
4. CURVAS DE FRAGILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIÓN DE SISTEMAS LOTICOS 4-47	
4.1. FRAGILIDAD DE EDIFICACIONES.....	4-47
4.1.1. FACTOR DE FRAGILIDAD POR TIPO DE ESTRUCTURA (Stip).	4-47
4.1.2. FACTOR DE FRAGILIDAD POR ALTURA DE LA ESTRUCTURA (Salt).	4-48
4.1.3. FACTOR DE FRAGILIDAD POR CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA (SCON).....	4-48
4.1.4. FACTOR DE FRAGILIDAD POR EDAD DE LA ESTRUCTURA (SED).....	4-49
4.2. FRAGILIDAD DE PERSONAS.....	4-49
5. CURVAS DE VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN DE SISTEMA LENTICOS	5-51
6. CÁLCULO DE INTENSIDAD	6-52
6.1. INDICES DE INTESIDAD DE MOVIMIENTOS LENTOS.....	6-52
6.2. INDICES DE INTENSIDAD DE MOVIMIENTOS RAPIDOS	6-54
7. CURVAS DE VULNERABILIDAD FÍSICA.....	7-56
8. ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	8-61
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	9-65

10. REFERENCIAS	10-66
11. ANEXOS.....	11-66

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Densidades promedio de formaciones geológicas	2-16
Tabla 3.1 Clasificación de bienes expuestos	3-17
Tabla 3.2 Clasificación de estructuras.....	3-17
Tabla 3.3 Matriz de clasificaciones de tipologías estructuras según el año de construcción.....	3-26
Tabla 3.4 Cantidad de encuestas por barrio.	3-29
Tabla 3.5 Información provista por Planeación	3-31
Tabla 3.6 Porcentaje obtenido de área construida para cada Barrio. (%c).....	3-33
Tabla 3.7 índice de construcciones (edificios) para los tres barrios de análisis. (Ic)	3-35
Tabla 3.8 Costo de reposición por estrato	3-36
Tabla 3.9 Tipos de Distribuciones en Altura para la Zona de Estudio.....	3-36
Tabla 3.10 Código de Estrato	3-37
Tabla 3.11 Uso predominante	3-37
Tabla 3.12 Distribución de taxonomías de la zona homogénea E1,2/A1/RES	3-37
Tabla 3.13 Distribución de taxonomías de la zona homogénea E3,4/A2/RES	3-38
Tabla 3.14 Resultado de Modelo de exposición para el Barrio Rafael Rangel.....	3-40
Tabla 3.15 Resumen de resultados del Modelo de exposición.....	3-41
Tabla 3.16 Modelo de exposición de cada barrio.....	3-41
Tabla 4.1 Factor de Fragilidad por Tipo de estructura.....	4-47
Tabla 4.2 Factor de fragilidad por Altura de la estructura	4-48

Tabla 4.3 Factor de fragilidad por conservación de la estructura	4-48
Tabla 4.4 Factor de fragilidad por edad de la estructura	4-49
Tabla 4.5 Vida útil de las estructuras	4-49
Tabla 6.1 Índice de intensidad de deformación del suelo	6-53
Tabla 6.2 Relación de asentamientos las características geometrías de las tipologías estructurales. 6-53	
Tabla 6.3 Índice de intensidad de presión dinámica.	6-54
Tabla 6.4 Presión Admisible o limite que soportan las diferentes tipologías	6-54
Tabla 6.5 Índice de enterramiento o profundidad de deslizamiento	6-56
Tabla 7.1 Descripción de zonas de exposición a deslizamientos	7-57
Tabla 7.2 Clasificación de vulnerabilidad de edificios.	7-59
Tabla 7.3 Descripción de clasificación de la vulnerabilidad de edificios	7-60
Tabla 7.4 Clasificación de la vulnerabilidad de personas	7-60
Tabla 11.1 Zona homogénea E1,2/A1/INV	11-66
Tabla 11.2 Zona homogénea E1,2/A1/RES	11-66
Tabla 11.3 Zona homogénea E3,4/A2/RES	11-67
Tabla 11.4 Zona homogénea E5,6/A1/RES	11-68
Tabla 11.5 Zona homogénea E3,4/A2/MIX	11-68
Tabla 11.6 Zona homogénea E1,2/A1/OTRO	11-69
Tabla 11.7 Zona homogénea E1,2/A1/MIX	11-69
Tabla 11.8 Zona homogénea E3,4/A1/RES	11-69
Tabla 11.9 Zona homogénea E1,2/A1/VIS	11-70
Tabla 11.10 Zona homogénea AT1	11-70

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Amenaza por Inundación.....	2-11
Figura 2.2	Profundidades de sistemas lóticos.....	2-12
Figura 2.3	Profundidades de sistemas lénticos.....	2-13
Figura 2.4	Velocidades de flujo de sistemas lóticos	2-14
Figura 2.5	Zonificación de amenaza por movimientos en masa.	2-15
Figura 3.1	Mampostería reforzada.....	3-20
Figura 3.2	Muros de Bahareque.....	3-22
Figura 3.3	Muros vaciados en concreto reforzado.....	3-22
Figura 3.4	Pórtico en concreto.....	3-23
Figura 3.5	Pórtico de acero.....	3-23
Figura 3.6	Pórtico en acero arrostrado.....	3-24
Figura 3.7	Prefabricado en concreto.....	3-25
Figura 3.8	Sistema combinado	3-25
Figura 3.9	Distribución geográfica de encuestas en zona urbana.....	3-27
Figura 3.10	Distribución geográfica de encuestas en zona rural.....	3-28
Figura 3.11	Inconvenientes de campo y recomendaciones.....	3-31
Figura 3.12	Barrio con manzanas y predios uniformes (LU) Barrio La Esperanza, , Comuna 5 ..	3-33
Figura 3.13	Barrio con manzanas y predios irregulares. (LIR) Barrio Alcázar, Comuna 5.....	3-34
Figura 3.14	Barrio con manzanas y predios irregulares. (LMIR) Barrio Miraflores, Comuna 5...	3-34
Figura 3.15	Distribución porcentual del costo de reposición total para cada tipología en la ciudad .	3-40
Figura 4.1	Curva de fragilidad de personas.....	4-50



Figura 4.2 Vulnerabilidad de personas en porcentaje de víctimas	4-51
Figura 5.1 Curva de Vulnerabilidad de Mampostería reforzada	5-52
Figura 7.1 Zona de exposición	7-57
Figura 7.2 Vulnerabilidad en función de la intensidad y fragilidad	7-59
Figura 8.1 Vulnerabilidad de edificios por Inundación.....	8-61
Figura 8.2 Vulnerabilidad de personas por Inundación.	8-62
Figura 8.3 Vulnerabilidad de edificios por Movimientos en Masa.....	8-63
Figura 8.4 Vulnerabilidad de personas por Movimientos en masa	8-64
Figura 8.5 Vulnerabilidad de personas por Movimientos en masa (Escala 1:5000)	8-65

VULNERABILIDAD DE EDIFICIOS Y PERSONAS POR AMENAZAS DE INUNDACIÓN Y MOVIMIENTO EN MASA EN BARRANCABERMEJA

OBJETIVO GENERAL

Este estudio tiene como finalidad evaluar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones y de las personas al estar expuestos a amenazas de inundación y movimientos en masa. El presente estudio está basado a la Guía Metodología del Servicio Geológico Colombiano para estudios de amenaza vulnerabilidad y riesgo por movimientos de masa, además incorpora otras metodologías para el cálculo de vulnerabilidad por inundación.

Objetivos específicos

- ✓ Llevar a cabo un trabajo de campo para determinar las condiciones físicas de las edificaciones de la ciudad, a partir de una muestra representativa de los polígonos que se localizan en zonas de alto y mediano riesgo.
- ✓ Realizar inspecciones remotas que complementen el trabajo realizado en campo y de esta forma abarcar un mayor número de edificaciones, que permitan obtener indicadores más exactos.
- ✓ Realizar un modelo de exposición de edificaciones y personas de la ciudad.
- ✓ Realizar mapas de zonificación de la vulnerabilidad por inundación y movimientos en masa.

1. INTRODUCCIÓN

El cálculo de riesgo está compuesto por tres variables principales: Amenaza, la cual es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural, ya sea movimiento en masa o inundación; exposición, que indica los elementos susceptibles de sufrir daños debidos deformaciones del suelo y fuerzas de agentes externos como viento, agua, colisiones de materiales y desplazamientos generados por un sismo; y vulnerabilidad, la cual es la capacidad de las estructuras sobrellevar y disipar estos fenómenos.

Para evaluar la vulnerabilidad es necesario conocer los elementos y personas expuestas a sufrir daños debidos a las amenazas naturales. El presente estudio tiene entonces el objetivo de analizar cuáles son los elementos expuestos de la ciudad de Barrancabermeja, lo que implica realizar un inventario de edificaciones según sus características de resistencia, material, número de pisos, altura, geometría y antigüedad. Es necesario conocer también como se distribuye la población de la ciudad con el fin de determinar cuáles podrían ser las víctimas asociadas a los diferentes escenarios.

Usando curvas de fragilidad y vulnerabilidad propuestas por diferentes autores es posible asociar las diferentes características de los elementos expuestos y población con unos estados límite de daño y perdidas asociados a posibles intensidades de la amenaza.

El presente documento tiene como finalidad el cálculo del modelo de exposición y la vulnerabilidad únicamente. La empresa WALMART S.A.S dio como insumo la evaluación de las diferentes intensidades asociadas a la amenaza, con lo que fue posible determinar la zonificación de la vulnerabilidad de Barrancabermeja.

El cálculo de la vulnerabilidad es un insumo para llegar a cálculos los diferentes niveles de riesgo a los que la ciudad se enfrenta por las amenazas geológicas y de inundación.

Las curvas de fragilidad y vulnerabilidad usadas en el presente estudio esta basadas en la Guía Metodológica para estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimiento en masa (Guia,2016), y en herramientas propuestas por el proyecto CAPRA (Evaluación probabilística del riesgo). CAPRA es una iniciativa que busca fortalecer la capacidad institucional para evaluar, entender y comunicar el riesgo de desastres con el fin último de integrar la información de riesgo de desastre generada en las políticas y programas de desarrollo. Este proyecto, liderado por la Universidad de los Andes y otros, provee herramientas tales como el software “ERN-Vulnerabilidad” que incluye una amplia base de datos de curvas de fragilidad y vulnerabilidad para diferentes intensidades asociadas a deslizamientos, inundaciones, sismos, entre otros.

2. AMENAZAS Y MAGNITUDES

En vista que el estudio de amenazas por inundación y movimiento en masa fueron provisto como insumo para la realización del presente estudio, únicamente se expondrá los resultados de la zonificación de la amenaza más no se entrará en detalle sobre el método de cálculo de esta misma.

2.1. AMENAZA POR INUNDACIÓN

El municipio de Barrancabermeja posee una extensión de 1.154 kilómetros cuadrados, se encuentra situada en una planicie sobre la margen derecha del Río Magdalena a una altura sobre el nivel del mar de 75,94 Metros, igualmente está rodeada de cuerpos de agua como ríos, humedales y ciénagas que hace que la ciudad sea muy vulnerable a sufrir inundaciones en épocas de lluvias.

La vulnerabilidad por inundación está en función de la amenaza y la exposición. Para realizar la zonificación de la vulnerabilidad se usaron los valores de intensidad de profundidad y velocidad de flujo asociados a periodos de retorno de 500 años. La Figura 2.1 muestra la zonificación de la amenaza por inundación, donde se muestra que gran porcentaje de territorio de la ciudad se encuentra localizado en amenaza alta.

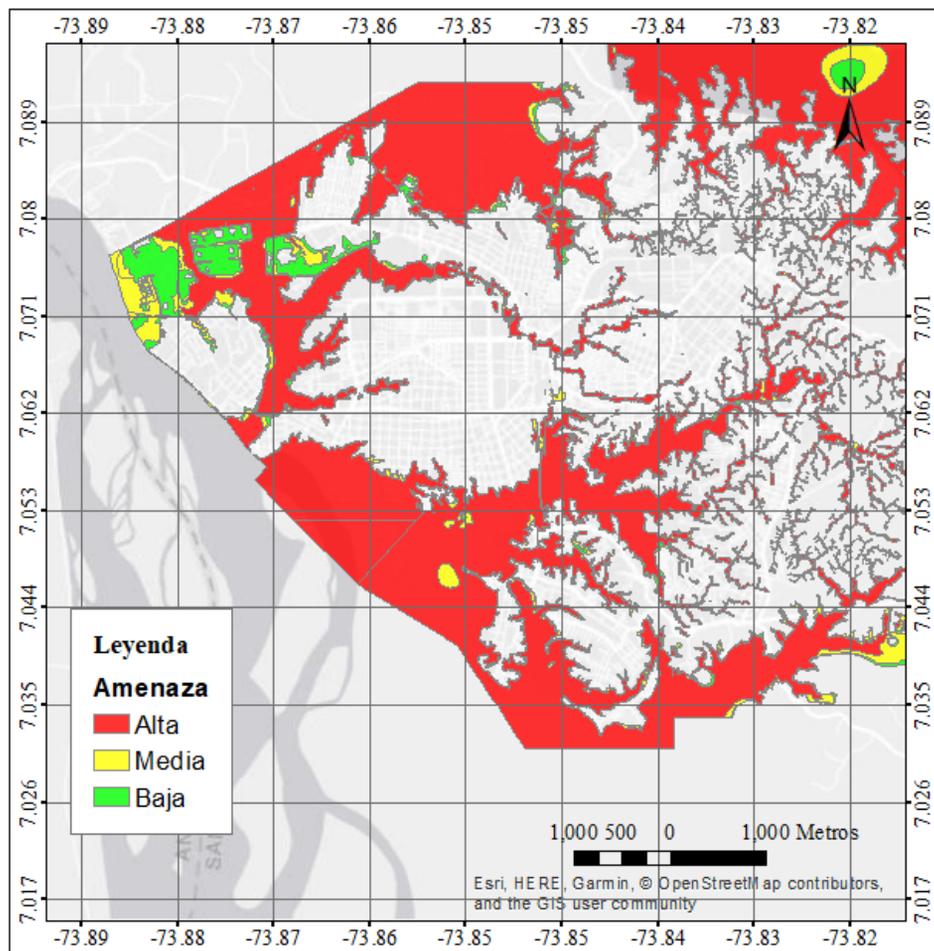


Figura 2.1 Amenaza por Inundación

2.1.1. MAGNITUDES DE INUNDACIÓN DE SISTEMAS LÓTICOS Y LÉNTICOS CON PERIODOS DE RETORNO DE 500 AÑOS

2.1.1.1. PROFUNDIDADES.

La profundidad de inundación es un factor determinante al momento de calcular la vulnerabilidad de una ciudad ya que, como se ha visto en experiencias de inundaciones, entre mayor sea el nivel de lámina de agua de la inundación, mayores serán las pérdidas económicas y sus víctimas.

La Figura 2.2 y Figura 2.3 siguientes exhiben las diferentes profundidades (en metros) asociadas a los sistemas lóticos y lénticos respectivamente.

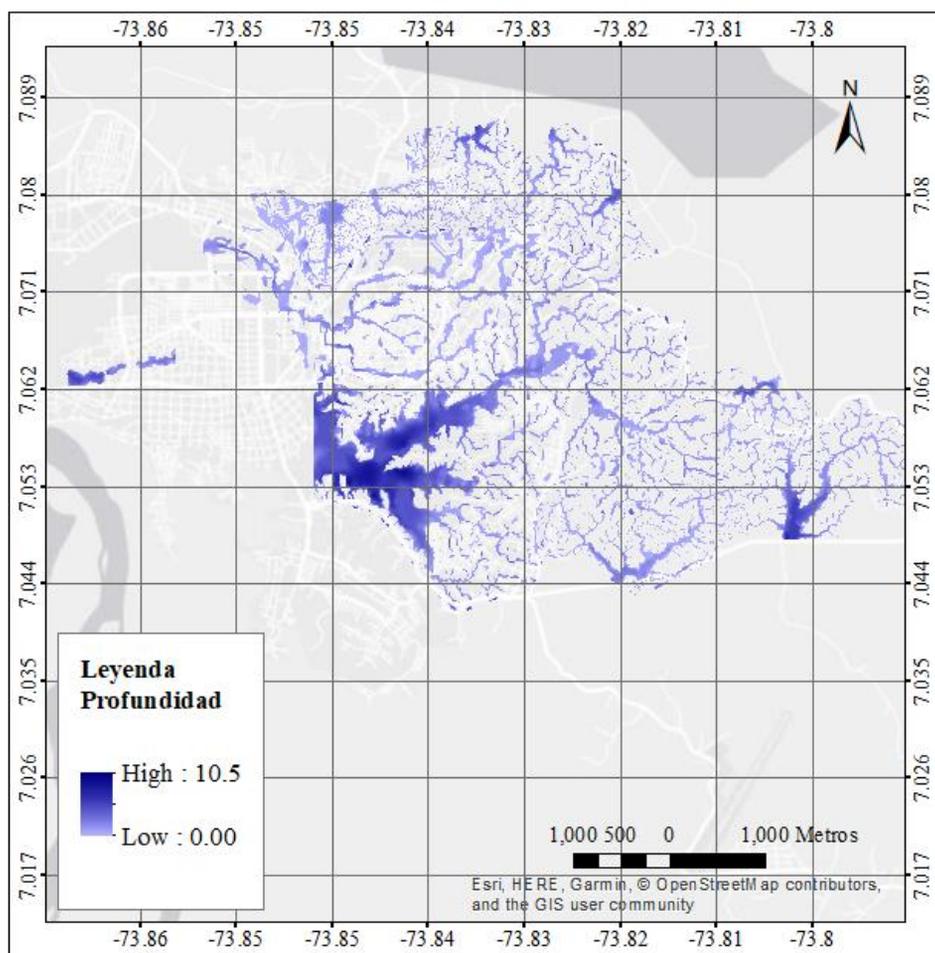


Figura 2.2 Profundidades de sistemas lóticos

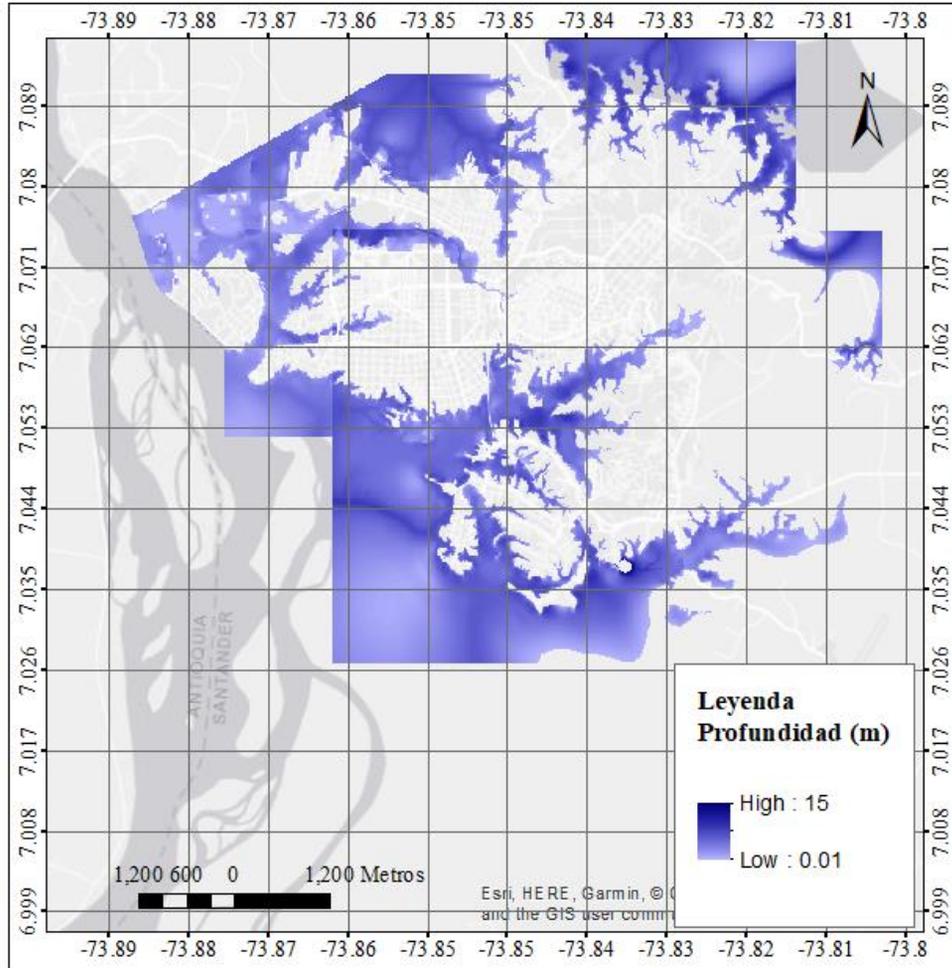


Figura 2.3 Profundidades de sistemas lénticos

2.1.1.2. VELOCIDADES

La velocidad del flujo de la inundación permite conocer los efectos causados en las estructuras por los empujes dinámicos asociados a la velocidad y densidad de fluido. La Figura 2.4 exhibe las velocidades asociadas a los flujos de los sistemas lóticos localizados en la ciudad de Barrancabermeja.

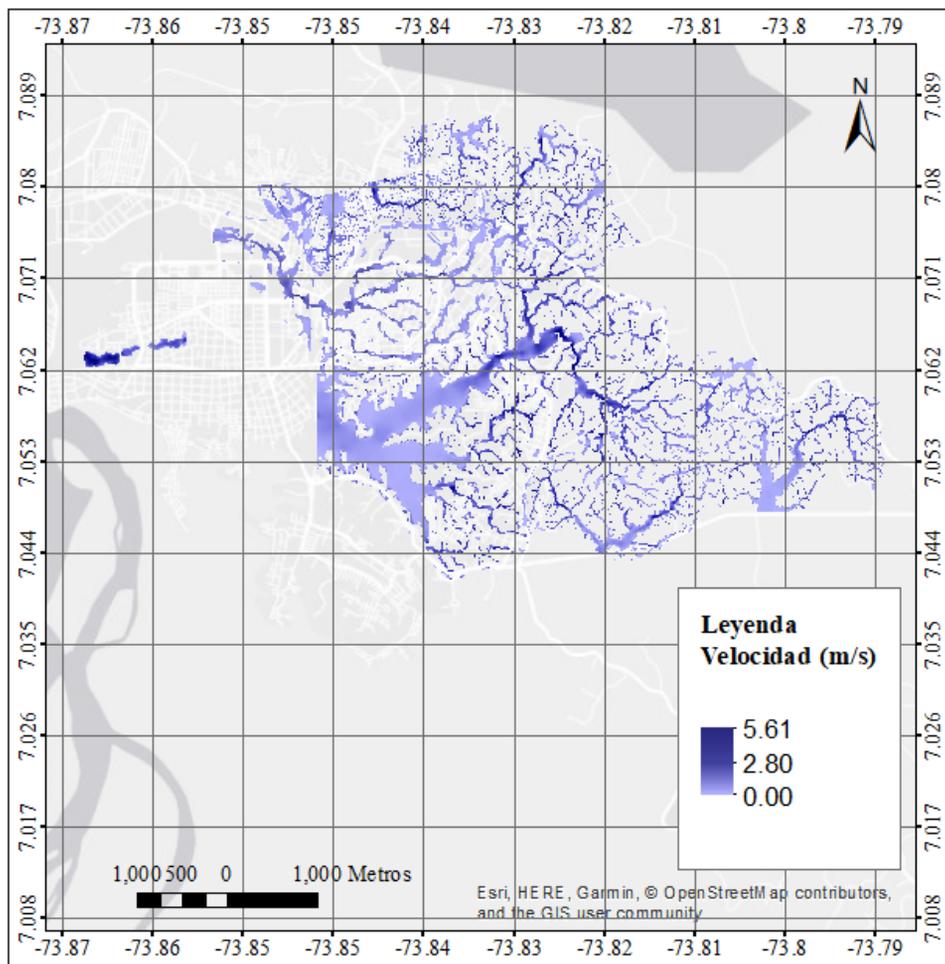


Figura 2.4 Velocidades de flujo de sistemas lóticos

2.2. AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA

Barrancabermeja se caracteriza por poseer una topografía predominantemente plana de su territorio urbano. El estudio de amenaza por movimientos en masa arrojó que la ciudad presente amenaza deslizamientos lentos que transportan volúmenes de tierra de hasta 38 m³ en el caso más desfavorable.

Debido a las características geológicas de la zona urbana, no se encontró amenazas por caídas de roca, únicamente por deformaciones y deslizamientos.

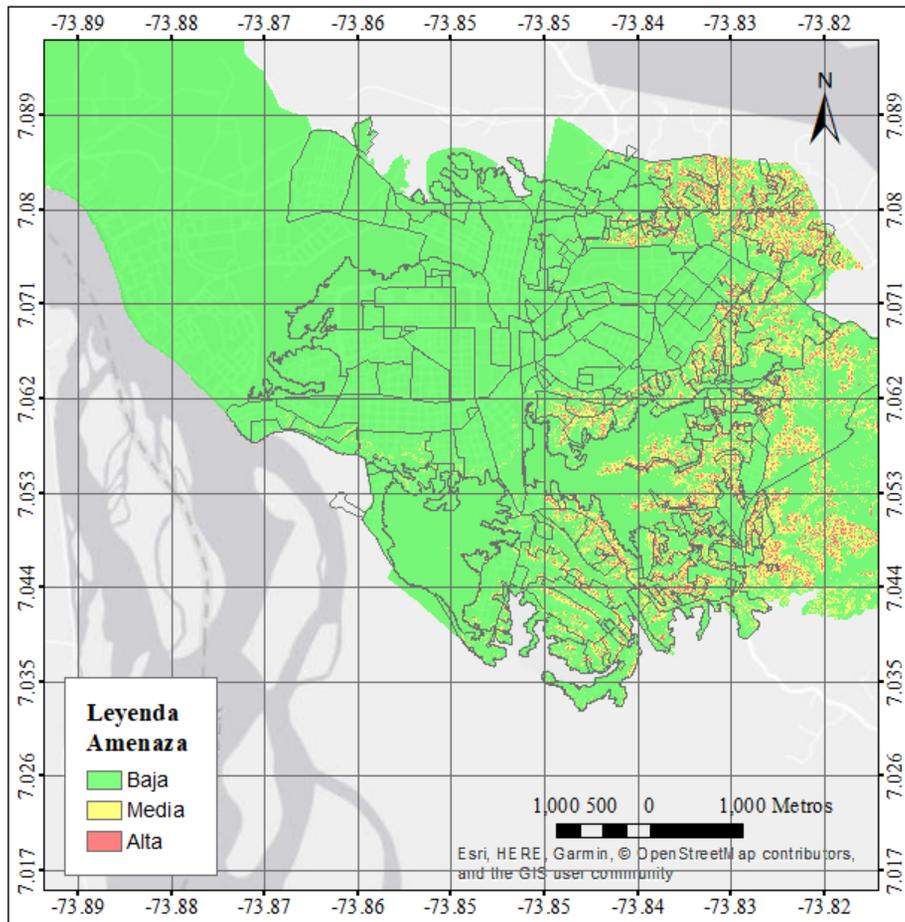


Figura 2.5 Zonificación de amenaza por movimientos en masa.

2.2.1. MAGNITUDES DE MOVIMIENTOS EN MASA CON PERIODOS DE RETORNO DE 500 AÑOS

2.2.1.1. VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA.

La velocidad de deformación influye en el cálculo de la vulnerabilidad, pues define la energía con la que un deslizamiento impactará una estructura. Los movimientos se catalogan en lentos y rápidos.

Los movimientos de deformación lenta poseen velocidades inferiores o iguales a 0.5mm/s mientras que los rápidos superan el valor mencionado. De manera generalizada, se concluyó que para la zona urbana de la ciudad de Barrancabermeja es válido catalogar los movimientos como lentos con velocidades iguales o menores a 0.5mm/s.

2.2.1.2. DENSIDAD DE MATERIALES.

De manera generalizada, se asignaron diferentes densidades de material según el tipo de formación geológica. Se asumió un valor promedio de 2.5ton/m³. La Tabla 2.1 muestra los valores de densidad obtenidos para cada formación.

Tabla 2.1 Densidades promedio de formaciones geológicas

Formación		Tipo de roca	densidad Ton/m ³
Real	Inferior	Conglomerados	2,5
	Superior	Arcillas, limos y arenas	2,6
Mesa	cong.	Conglomerados	2,4
	Arc.	Arcillas-Areniscas cuarzosas	2,5
Colorados		Arcillas	2,6
Esmeralda		Areniscas	2,5

2.2.1.3. VOLUMEN DE MASA MOVILIZADA

En los casos más críticos, los deslizamientos desprenden 38 metros cúbicos por cada metro longitudinal de corona, en superficies de falla de 15 metros de altura. La distancia de recorrido puede variar entre los 30 y 50 metros de longitud.

3. MODELO DE EXPOSICIÓN

El modelo de exposición tiene como finalidad describir la distribución geográfica de los bienes y habitantes expuestos, evaluar el costo necesario para reponer construcciones dañadas por efectos de fenómenos naturales y evaluar la población que sería afectada. Para realizar el modelo de exposición es necesario conocer muy bien la zona de estudio, la cultura constructiva de la ciudad e identificar las condiciones socioeconómicas de la población.

3.1. CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS EXPUESTAS.

La clasificación de la estructura de los edificios expuestos es esencial para entender el nivel de resistencia contra cargas laterales y gravitacionales de las construcciones y poder definir los posibles mecanismos de falla que se representarían por medio de curvas de fragilidad. Para ello se deben catalogar teniendo presente las propiedades de los materiales, tipo de sistema estructural y su capacidad de disipar energía (Ductilidad).

La Tabla 3.1 muestra la clasificación de los bienes expuestos, estos se dividen en dos grandes grupos: Las edificaciones y las líneas vitales. Se aclara que para el presente estudio solo se analizó la vulnerabilidad de edificaciones y personas.

Tabla 3.1 Clasificación de bienes expuestos

CLASIFICACIÓN		IDENTIFICACIÓN	USO - COMPONENTES
Bienes Físicos	Edificaciones	Indispensables-Grupo IV (norma NSR-10)	Salud (pública/privada)
		Atención a la comunidad - Grupo III (norma NSR-10)	Seguridad
			Emergencia
			Educación
		Ocupación especial - Grupo II (norma NSR-10)	Institucionales
	Gubernamentales		
	Centros comerciales		
	Ocupación normal - Grupo I (norma NSR-10)	Industria	
	Líneas Vitales	Red vial	Residencial y comercio
			Vías
Puentes vehiculares			
Puentes peatonales			
Servicios públicos		Líneas de acueducto, alcantarillado y gas (tuberías)	
	Redes eléctricas y comunicaciones		

Para catalogar las estructuras se usó la nomenclatura propuesta por el SGC en la Guía, (2016). La Tabla 3.2 siguiente muestra las tipologías estructurales más representativas para la ciudad de estudio junto con los códigos correspondientes.

Tabla 3.2 Clasificación de estructuras

Código	Tipo de edificación	Descripción
--------	---------------------	-------------

Código	Tipo de edificación	Descripción
A	Edificaciones reforzamiento especial	Edificaciones de concreto y acero diseñadas y construidas con requerimientos superiores a los convencionales o con la exigencia máxima de los códigos de diseño. Se incluyen las edificaciones de los grupos de importancia III y IV, definidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10, que se construyeron después de 1998, con pórticos en concreto reforzado, sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc.
B	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.
C	Mampostería reforzada	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.
D	Estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas	Edificaciones con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado (mampostería no reforzada). También hace referencia a aquellas construcciones de las categorías A, B y C que poseen elementos de otros materiales no competentes, como por ejemplo mampostería no reforzada, adobe, bahareque, madera, tapia pisada, etc., con mayor componente de elementos de los grupos A, B y C.
E	Estructuras ligeras	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.
F	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

3.1.1. DESCRIPCIÓN DE TIPOLOGIAS ESTRUCTURALES

A continuación, se procederá a describir cada una de las tipologías analizadas en el estudio:

3.1.1.1. Construcción Improvisada.

Muchas de ellas son obras de autoconstrucción; es decir, las han edificado las personas que tienen los mínimos conocimientos en ingeniería. En su gran mayoría son construidos con materiales livianos, tales como madera y láminas (ver Fotografía 3.1)



Fotografía 3.1 Construcción improvisada

3.1.1.2. Mampostería confinada

Se clasifica como mampostería confinada aquella que se construye utilizando muros de mampostería rodeados con elementos de concreto reforzado, vaciados posteriormente a la ejecución del muro y que actúan monólicamente con éste. (NSR,2010)



Fotografía 3.2 Mampostería confinada

Fuente: <http://tiposdemamposteria.blogspot.com.co/>

3.1.1.3. Mampostería reforzada

El sistema de mampostería reforzada se fundamenta en la construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzadas internamente con

barras y alambres de acero, cumpliendo los requisitos de análisis, diseño y construcción apropiados establecidos en la NSR – 2010. Este sistema permite la inyección de todas sus celdas con mortero de relleno o inyectar sólo las celdas verticales que llevan refuerzo (verFigura 3.1).

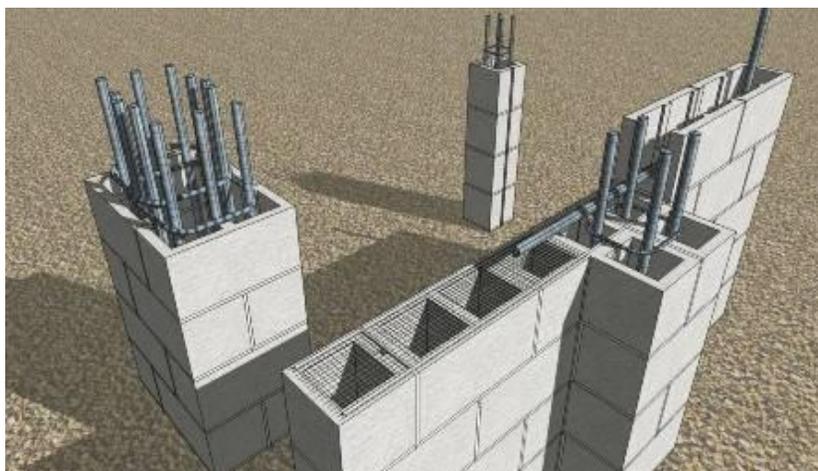


Figura 3.1 Mampostería reforzada

Fuente: <https://www.emaze.com/@AZZQFCCT/HISTORIA-DE-LA-MAMPOSTER%C3%8DA>
(abril, 2017)

3.1.1.4. Mampostería no reforzada

Se entiende como mampostería no reforzada como aquella que se encuentra unida solo con material cementante, pero que no hace uso de elementos que confinen ni refuercen la estructura.



Fotografía 3.3 Mampostería no reforzada apoyada sobre columnas y losa de concreto

3.1.1.5. Muros bahareque

El bahareque es un americanismo que significa “pared de cañas y/o maderas y tierras”; ha sido a lo largo de la historia una solución tecnológica al hábitat constructivo de muchas culturas. Las fundaciones típicas para este sistema se construyen a partir de cimientos continuos o corridos (ver Figura 3.2)



Figura 3.2 Muros de Bahareque

Fuente: <http://365palabras.blogspot.com/2013/02/bahareque.html>

3.1.1.6. Muros estructurales en concreto reforzado

Sistema estructural que hace uso de concreto reforzado con barras o mallas de acero. Fundamentalmente transmiten cargas verticales y no permite la restructuración de su forma, por lo que la flexibilidad con los espacios es limitada (ver Figura 3.3).



Figura 3.3 Muros vaciados en concreto reforzado

Fuente: <http://blog.360gradosenconcreto.com/generalidades-y-tipos-de-aditivos-para-el-concreto-segun-lan-ntc-1299/>

3.1.1.7. Pórtico de concreto reforzado

Son estructuras de concreto armado con la misma dosificación columnas -vigas peraltadas, o chatas unidas en zonas de confinamiento donde forman Angulo de 90° en el fondo o parte superior y lados laterales, es el sistema de los edificios porticados. El sistema porticado tradicional consiste en el uso

de columnas, losas y muros divisorios en ladrillo que pueden o no estar adosados a la estructura. (ver Figura 3.4).



Figura 3.4 Pórtico en concreto

Fuente: <http://pedramixconcretos.com.br/news/item/vantagens-das-estruturas-de-concreto/32?tmpl=component>

3.1.1.8. Pórticos de acero

Estructura compuesta de columnas y vigas; cuyo material de construcción es el acero estructural, tal como se observa en la Figura 3.5



Figura 3.5 Pórtico de acero

Fuente: <http://www.steelbuildingchina.es/7-1-1-steel-workshop-case.html>

3.1.1.9. Pórticos de acero arriostrado

Estructura compuesta de columnas y vigas en acero estructural, que se encuentran arriostrados por elementos diagonales que rigidizan la estructura frente a desplazamientos horizontales.



Figura 3.6 Pórtico en acero arriostrado

Fuente: <https://www.goratools.com/single-post/Dise%C3%B1o-Ductil-SCBF>

3.1.1.10. Prefabricados en concreto

Elemento o pieza que se fabrica en taller para luego ser transportado e instalado en el edificio. Son Utilizados principalmente en bodegas y naves industriales.



Figura 3.7 Prefabricado en concreto

Fuente: <http://www.arqhys.com/construccion/los-prefabricados.html>

3.1.1.11. Sistema combinado en concreto reforzado

El sistema dual es combinación de los sistemas de pórticos de concreto reforzado y los muros de concreto. Se utilizan en grandes rascacielos, en donde se combinan la acción de los muros perimetrales y céntricos o núcleo con los marcos y entramados.



Figura 3.8 Sistema combinado

Fuente: <http://blog.360gradosenconcreto.com/ventajas-usos-mas-frecuentes-los-sistemas-combinado-dual/>

La Tabla 3.3 muestra finalmente como se deben asignar los códigos a las diferentes tipologías, según el año de construcción.

Tabla 3.3 Matriz de clasificaciones de tipologías estructuras según el año de construcción

Sistema estructural	Grupo de uso >1998				Grupo de uso < 1998			
	IV	III	II	I	IV	III	II	I
Muros bahareque	D	D	E	E	D	D	E	E
Construcción Improvisada	F	F	F	F	F	F	F	F
Sistema combinado en concreto reforzado	A	A	B	B	B	B	B	B
Madera	D	D	E	E	D	D	E	E
Mampostería Confinada	C	C	C	C	C	C	C	C
Mampostería reforzada	C	C	C	C	C	C	C	C
Mampostería sin refuerzo o simple	D	D	D	D	D	D	D	D
Muros de Concreto	A	A	B	B	B	B	B	B
Pórticos de acero	A	A	B	B	B	B	B	B
Pórticos de acero arriostrado	A	A	B	B	B	B	B	B
Pórtico de concreto reforzado	A	A	B	B	B	B	B	B
Prefabricados en concreto	D	D	E	E	D	D	E	E
Muros en Tapia	D	D	E	E	D	D	E	E

3.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Para elaborar el modelo de exposición es necesario conocer muy bien la distribución de usos del suelo, estratos socioeconómicos, distribución de los edificios por alturas, sistemas estructurales predominantes, estados de conservación (Antigüedad y nivel de daños) y, sobre todo, conocer la cultura constructiva de la ciudad, entendiéndose cultura constructiva como los materiales y procedimientos típicos que usan los maestros de obra y los ingenieros de la zona.

La información se recopiló por medio de tres fuentes principales: Encuestas en campo, encuestas remotas o digitales y por medio de información secundaria de estudios y estadísticas anteriores. A continuación, se describirá cada una de las formas de recolección de la información:

3.2.1. ENCUESTAS DIGITALES

Las encuestas digitales o remotas se realizaron usando la herramienta Google Streetview, la cual permite recorrer gran porcentaje de las vías de la ciudad y consigo observar las edificaciones, tomar registros fotográficos y tener georreferencia de las encuestas.

En total se realizaron 4.500 encuestas remotas en donde se recolectó la siguiente información:

- **Tipología Estructural:** El tipo de estructura se determinó a partir de rasgos exteriores del edificio, permitiendo dar cuenta del tipo de material usado y el sistema estructural probable. Existen herramientas literarias que ayudan a determinar tipos de sistemas de resistencia a cargas laterales, basándose en la premisa de que la persona sea capaz de catalogar a partir de la observación de la fachada; por ejemplo, la guía FEMA-154 (2002) propone observar el espaciamiento y tamaño de las ventanas para deducir la estructura, otro factor importante es el material de construcción predominante.
- **Numero de niveles:** Se determina la cantidad de pisos que hay sobre el terreno.

- **Uso:** Se determina el tipo de uso del edificio (Residencial, comercial, mixto, institucional, gubernamental u otros.)
- **Coordenadas:** Se determina la longitud y latitud de centroide del área construida.
- **Registro Fotográfico:** Se deja registro fotográfico de la edificación encuestada. La foto deja constancia de la coordenada, el número de pisos, y permite inferir el uso y la tipología estructura.

En la Figura 3.9y Figura 3.10 ilustra la ubicación de las encuestas realizadas en zona urbana y rural respectivamente, tanto de manera remota como en campo.

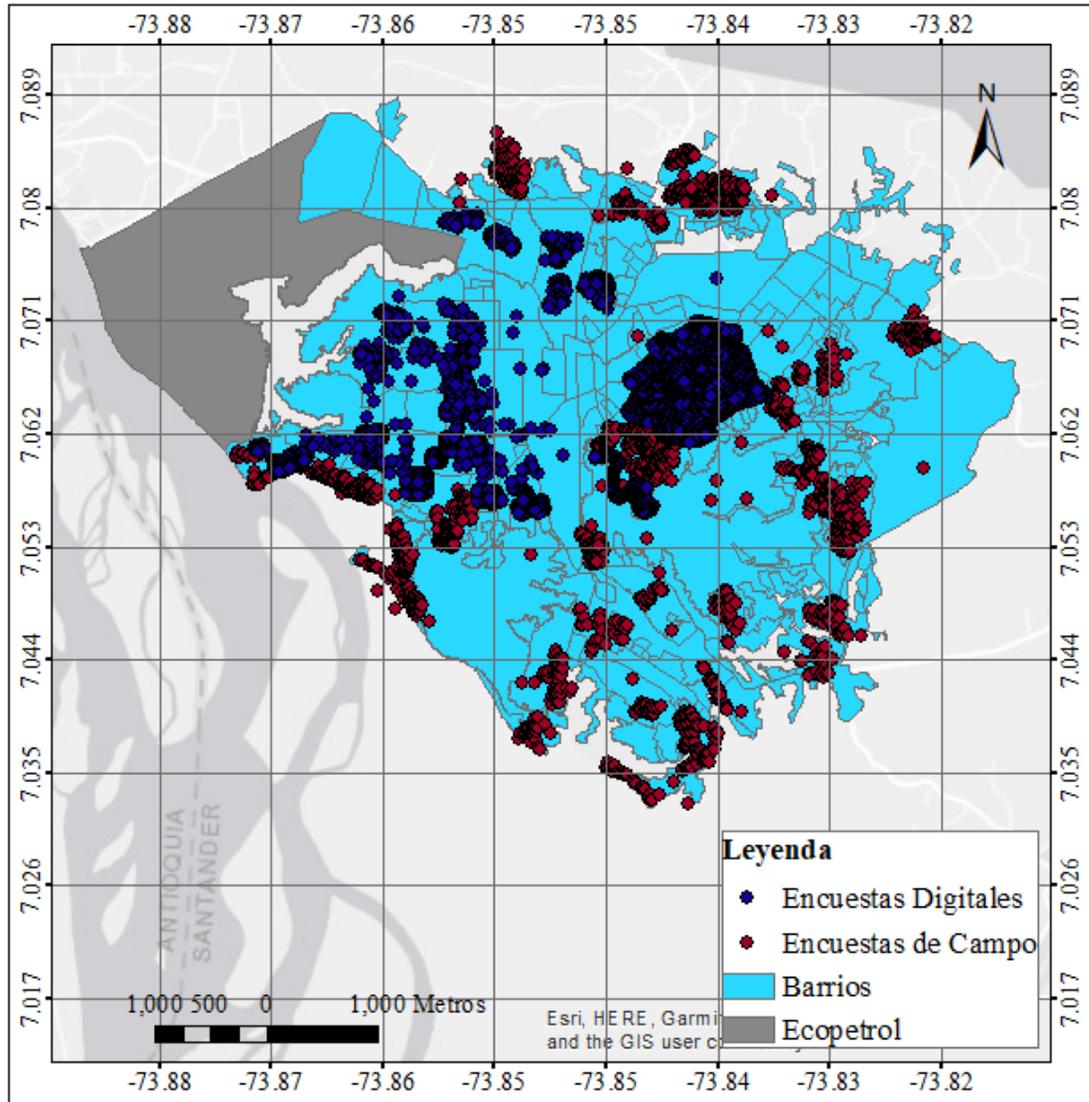


Figura 3.9 Distribución geográfica de encuestas en zona urbana.
 Fuente: Elaboración propia

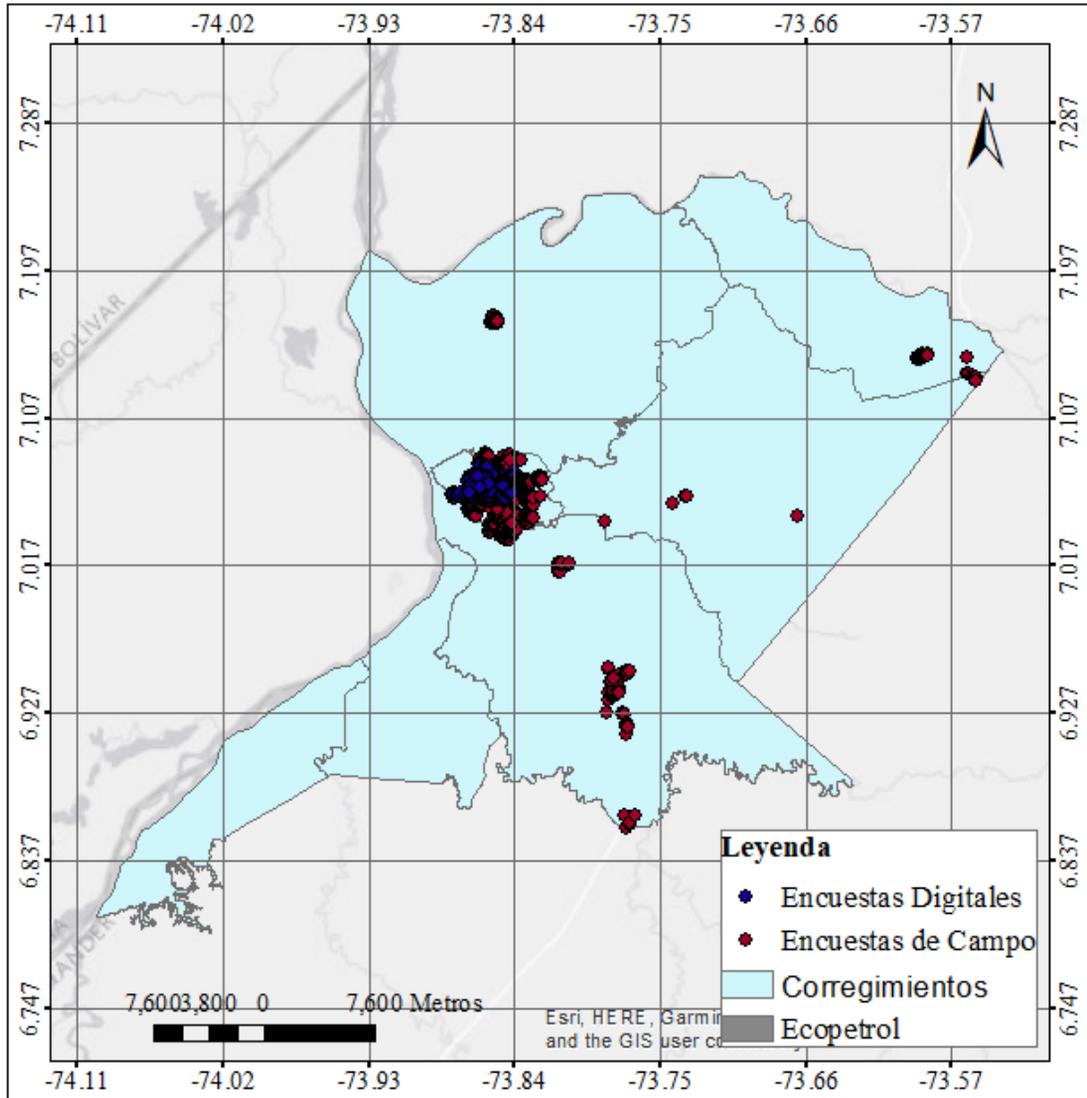


Figura 3.10 Distribución geográfica de encuestas en zona rural.
 Fuente: Elaboración propia

3.2.2. ENCUESTAS DE CAMPO

Para el desarrollo de riesgo por amenazas naturales se llevó a cabo un trabajo de campo riguroso que permitiera recabar información de una muestra representativa de las edificaciones existentes en el municipio. Las encuestas se realizaron usando el formato del Anexo B de la *“Guía Metodológica para estudios de evaluación del riesgo por Amenazas de Movimiento en Masa.”* (Guía, 2016)

A partir de lo anterior, se procedió a determinar las zonas de la ciudad que estuvieran en alto riesgo geológico y de inundación, y a partir de esto sacar una muestra representativa de cada polígono para proceder a recabar información primaria a partir de las encuestas desarrolladas. Una vez determinados las áreas a estudiar y conociendo la densidad del sector, se determinó realizar 2.400 repartidas en los Barrios que muestra laTabla 3.4.

Las estadísticas para el año 2014 refleja una cantidad total de 63.800 predios. Al sumar la cantidad de encuestas digitales y de campo se obtiene una muestra del 8.73% de las edificaciones de la ciudad, siendo esta muestra bastante representativa para el trabajo en cuestión.

Tabla 3.4 Cantidad de encuestas por barrio.

Barrio	# Encuestas	Barrio	# Encuestas
Miraflores	161	El Campin	25
22 de Marzo	154	Centro	23
Arenal	148	Oro Negro 1	22
Coviba	96	La fortuna	18
La Victoria	96	La paz	17
Buenvista	92	San Luis	14
9 de abril	88	Los nogales	13
Rafael Rangel	85	Campo 16	13
Caminos de San Silvestre	85	Cincuentenario	12
Santa Bárbara	84	Urbanización 2000	12
El Dorado	79	Campana	12
Chapinero	65	Centro	12
Villarelis 2	58	Sector comercial	11
El Llanito	57	El quemadero	11
Nuevo horizonte	56	Nuevo Milenio	10
Los Laureles	53	Campo 23	9
Jerusalén	49	El progreso	8
Campestre	47	María Eugenia	7
Kennedy	47	Urbanización los nogales	7
La Candelaria	46	Cincuentenario autoconstrucción.	6
Prado del campestre	44	Yuma	6
Las Nieves	44	La cira	6
El Paraíso	40	Arenal - Brisas del rio	5
Cardales	39	Pueblo regado	5
Los Pinos	39	Comuneros	3
Progreso I	38	Urbanización los comuneros	3
Limonar	38	Lagos de Venecia	2
El palmar	35	Los Columpios	2
La meseta de san Rafael	32	Tres unidos	2
El castillo	31	Las Granjas	1
Yarima	31	Simón Bolívar	1
Buenos aires 2	30	Buena vista	1
Madrigal	27		

Para la recolección de la información primaria, se partió de las encuestas desarrolladas según la platilla de levantamiento detallado propuesta por la Guía del SGC, para esto se hizo uso de las tecnologías de la información y la comunicación con el propósito de velar por la seguridad de la investigación, a la par de tenerlas en tiempo real y realizar seguimiento a la información allí plasmada. En este orden de ideas, se configuro una encuesta virtual, en donde los profesionales, tanto sociales como civiles, haciendo uso de un celular, Tablet, o cualquier elemento con conexión a internet pudieran llenar los datos de interés para el estudio.



Fotografía 3.4 Recolección de información en campo

Esta estrategia permitió la eficiencia del trabajo, ya que no era necesario la digitalización del formulario; asimismo, y con el propósito de prever posibles fallas con el servicio de internet, cada equipo (Social –ingeniero Civil) contaba con un paquete de encuestas físicas que pudiera dar soporte a la herramienta virtual por si en algún momento esta llegase a presentar inconvenientes.

El trabajo de campo tuvo una duración de 1 mes, en donde se veló por recabar la muestra representativa de cada uno los polígonos definidos. Para este proceso se contó con seis cuadrillas de profesionales, en donde cada equipo estaba integrado por un profesional civil y un profesional social, lo anterior con la finalidad darle tranquilidad a cada uno de los individuos que eran abordados.

El trabajo del profesional social iba encaminado a brindarle confianza a las personas que colaboraban con la encuesta, así como socializar la finalidad del estudio y la razón de este. En cuanto al profesional civil, su tarea iba encaminada a indagar las condiciones técnicas de la vivienda, y para esto era necesario un recorrido de la estructura para inspeccionar posibles daños a la estructura y sistema constructivo; otras de las funciones esenciales era averiguar la forma en como se había construido la edificación y su sistema de cimentación, por lo cual era fundamental tener un acercamiento con la persona de tal forma que permitiera conocer en detalle la vivienda.

Durante el desarrollo de trabajo de campo, los profesionales evidenciaron algunos inconvenientes e incertidumbres, estos son descritos en la Figura 3.11 y paralelamente se presentan recomendaciones ante dichas problemáticas,

INCONVENIENTES AL CLASIFICAR LAS ESTRUCTURAS	NIVEL DE INCERTIDUMBRE ESTRUCTURAL	RECOMENDACIONES
<p>Los inconvenientes mas frecuentes que se presentaron se describen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Interpretación de la tipología estructural en las edificaciones con acabados arquitectónicos. • Al momento de clasificar la estructura, cuando se realizó la encuesta a una persona que no presencié el proceso constructivo de la misma. • La presencia de diferentes sistemas estructurales en la edificación y el no poder identificar claramente cual de todos predomina. • La evaluación de la estructura, cuando esta se realizó de manera externa. 	<p>El nivel de incertidumbre depende del sector que se inspeccionó, según las condiciones socioeconómicas y la antigüedad de la construcción.</p> <p>En promedio se puede afirmar que el nivel de incertidumbre no superó el 15 %, al momento de evaluar las estructuras.</p> <p>En Barrancabermeja la mayoría de edificaciones no cuentan con supervisión profesional, predominando un mismo patrón de construcción, para el caso específico el sistema estructural es mampostería simple y construcción improvisada (madera, bahareque y fibrocemento), cabe resaltar que en pocas ocasiones se identificó sistemas en mampostería confinada y pórticos en concreto reforzado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contactar a personas fundadoras del barrio, con el fin que estos proporcionen información acerca de las metodologías de construcción del sector. ✓ Solicitar al residente de la edificación, el ingreso a las zonas donde finaliza la construcción de la edificación (patio, sótanos), con el objetivo de evidenciar claramente el sistema estructural, tipo de cubierta y cimentación en casos específicos. ✓ Recibir capacitaciones por profesionales en manejo de relaciones interpersonales, adquiriendo conocimientos e instrucciones por parte de ellos en cuanto al manejo de palabras y actitudes, ante diferentes situaciones que se pueden presentarse al momento de abordar al residente de la edificación, logrando una buena interacción con las personas y así obteniendo una mayor información de interés.

Figura 3.11 Inconvenientes de campo y recomendaciones.

3.2.3. INFORMACIÓN SECUNDARIA

Para el desarrollo del estudio fue fundamental tener información cartográfica de la ciudad. En la Tabla 3.5 se expone la información suministrada por Planeación para llevar a cabo el presente proyecto:

Tabla 3.5 Información provista por Planeación

Formato		Contenido	Variables
Comunas y Barrios	Shape.shp	Contiene todos los polígonos de las comunas y barrios de la ciudad.	Perímetro y área.
Predios	Shape.shp	Contiene algunos de los polígonos de los lotes construidos y vacíos de la ciudad.	Perímetro y área.

	Formato	Contenido	Variables
Equipamientos	Shape.shp	Contiene todos los polígonos de los centros de salud pública, parques públicos, estaciones de bomberos, policía otras instituciones gubernamentales para el servicio de la comunidad.	Perímetro y área.
Espacios Públicos	Shape.shp	Contiene zonas verdes públicas, plazoletas, zonas deportivas y parques.	Perímetro y área.
Vías	Shape.shp	Contiene la ubicación de las vías de la ciudad.	Longitud
Infraestructura eléctrica	Shape.shp	Ubicación de torres eléctricas	Ubicación

Esta información cartográfica provista es fundamental para determinar las estadísticas de área construida, número de edificios y viviendas y usos del suelo.

3.3. ÁREA CONSTRUIDA

El área construida es uno de los parámetros más influyentes en el resultado de la evaluación de pérdidas económicas debidas a un desastre natural, debido a que los costos de reposición de los bienes expuestos están expresados en función del área construida, por tal razón este parámetro deberá ser lo más cercano a la realidad.

El inconveniente a la hora de calcular el área construida usando los polígonos de los predios suministrados fue que estos contienen tanto área construida como zonas verdes de antejardines y patios traseros, en otras palabras, los predios también incluyen área sin construir. Por este motivo se generó un procedimiento que se ajustase el área construida de los predios

3.3.1. INVASIONES Y LOTES NO CONSTRUIDOS.

Usando la herramienta ArcGIS y una foto a escala 1:500, se generaron nuevos polígonos para aquellas áreas construidas que no poseían predios registrados por catastro, posiblemente por ser invasiones o construcciones no legalizadas. De manera contraria, se eliminaron aquellos predios de lotes vacíos sin construir.

3.3.2. UNIFORMIDAD DE PREDIOS

Se clasificaron las manzanas de los barrios según la uniformidad de los lotes y de las cantidades de zonas verdes de los predios. La Figura 3.12 muestra a manera de ejemplo lo que sería un barrio con lotes uniformes, con tamaños similares y zonas verdes pequeñas, por otro lado, la Figura 3.13 exhibe que el barrio Miraflores posee gran cantidad de zonas verdes y lotes muy irregulares. Al comparar el área construida con el área de los predios de los lotes de cada barrio, se obtuvieron el porcentaje promedio construido de los predios. La Tabla 3.6 muestra los porcentajes de área construida obtenidos para los barrios analizados.

Tabla 3.6 Porcentaje obtenido de área construida para cada Barrio. (%c)

Tipo de predios	Código	Porcentaje construido (Ic)
Lotes Uniformes	LU	90%
Lotes Irregulares	LIR	75%
Lotes Muy Irregulares	LMIR	67%

A cada barrio se le asignó la tipología de Lotes según lo observado con la ortofoto. Para calcular entonces el área construida total se sumó el área de todos los predios de cada barrio y se multiplicó por su correspondiente porcentaje construido.



Figura 3.12 Barrio con manzanas y predios uniformes (LU) Barrio La Esperanza, , Comuna 5

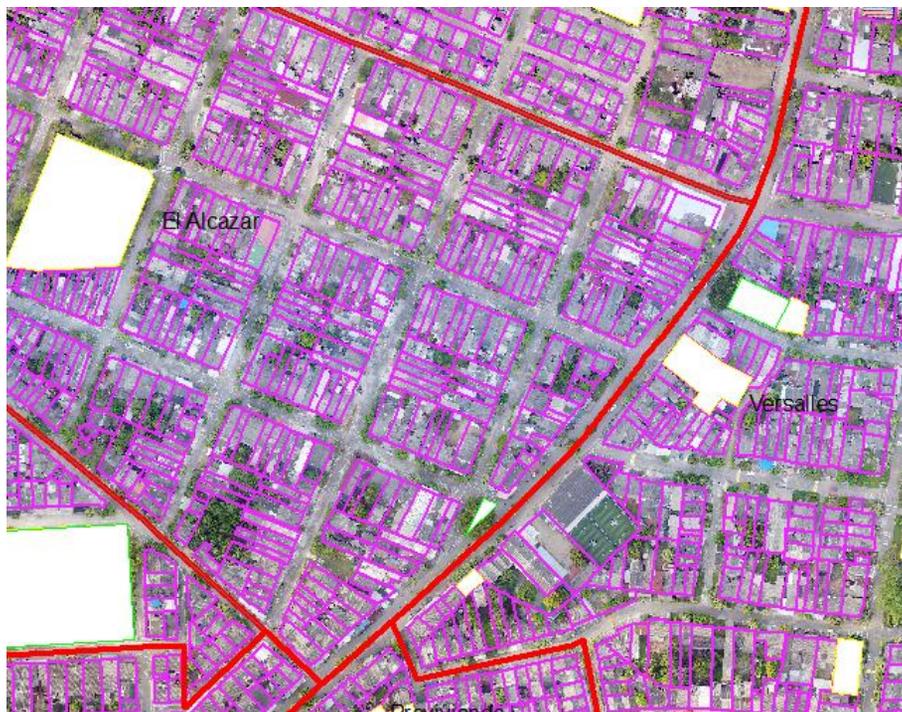


Figura 3.13 Barrio con manzanas y predios irregulares. (LIR) Barrio Alcázar, Comuna 5

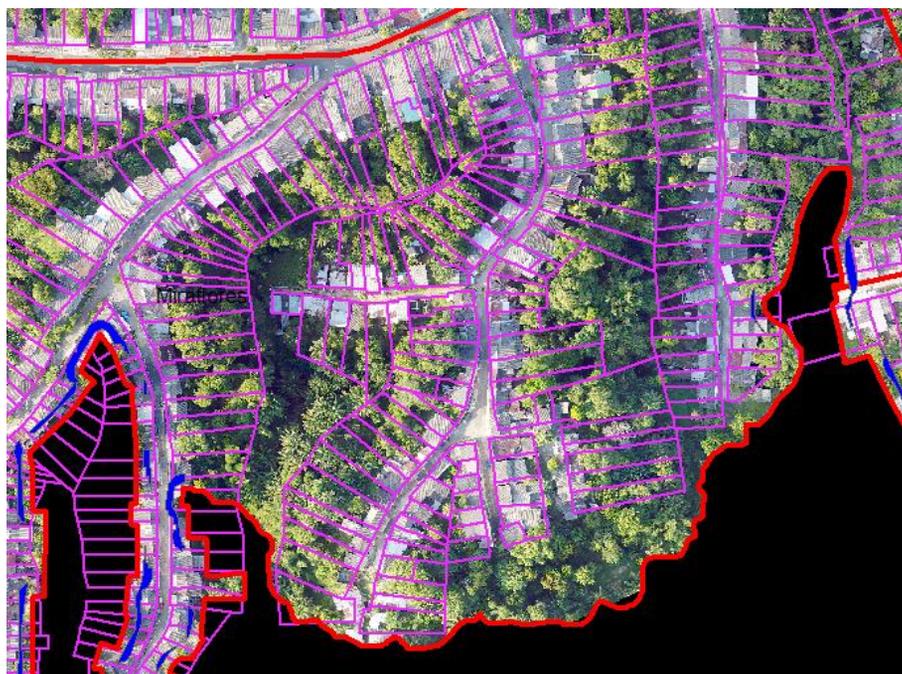


Figura 3.14 Barrio con manzanas y predios irregulares. (LMIR) Barrio Miraflores, Comuna 5

3.4. NUMERO CONSTRUCCIONES (EDIFICIOS)

Para conocer la cantidad de edificios que posee la ciudad se usó de la información catastral de predios. Inicialmente se tomó la hipótesis de que en cada lote o predio existe una sola construcción,

pero a la hora de realizar las encuestas remotas y observar la orto-foto se observó que en algunos predios existen 2 o más construcciones diferentes, por lo que no es posible calcular la cantidad de edificios o construcciones como igual a la cantidad de predios que aparecen en catastro.

En este orden de ideas, se calculó la relación entre la cantidad de construcciones identificadas y predios de catastro para 3 Barrios: El Alcázar, La Esperanza y Miraflores. A cada barrio se encuestaron la totalidad de edificios y se comparó con la cantidad de predios, el resultado de dicha actividad es el presentado Tabla 3.7.

Tabla 3.7 índice de construcciones (edificios) para los tres barrios de análisis. (Ic)

	Uniformidad de Lotes	Numero de construcciones identificadas	Numero de predios de catastro	Índice (No. Construcción/No predios)
El Alcázar	LIR	559	442	1.265
La Esperanza	LU	1079	987	1.093
Miraflores	LMIR	534	437	1.222

Los resultados de los índices obtenidos en la Tabla 3.7 anterior, se aplicaron a todos los barrios de la ciudad según la uniformidad que poseían los predios o lotes.

3.5. COSTOS DE REPOSICIÓN DE BIENES EXPUESTOS.

El costo de reposición se refiere al costo directo del edificio (diseños, mano de obra y materiales). El valor comercial de un inmueble no solo incluye los costos directos mencionados, sino que incluye el valor comercial del lote y la valorización del inmueble. Para el presente estudio, es de interés conocer el costo de reposición puesto que es el valor por el cual habría que reponer las construcciones dañadas o colapsadas sin incluir costo de lote y valorización.

Luego de consultar precios y encuestar constructores de la ciudad en mención, se determinó que los acabados y elementos *No Estructurales* es lo que más peso tiene en los costos directos de un edificio, variando entre el 70% a 75% el costo total, mientras que la estructura del edificio llega a ser entre el 25% al 30%. En la mayoría de los casos, la calidad y cantidad de acabados, los elementos No estructurales y arquitectónicos dependen en gran medida del estrato socioeconómico del sector. Por esta razón, se decide catalogar los precios de construcción únicamente según el estrato y no por la tipología estructural. La Tabla 3.8 muestra los costos de reposición obtenidos para el presente estudio.

Tabla 3.8 Costo de reposición por estrato

Estrato	Costo de reposición/m2
1	\$ 600,000
2	\$ 700,000
3	\$ 1,100,000
4	\$ 1,400,000
5	\$ 1,800,000
6	\$ 2,200,000

Usando estadísticas de Censos anteriores, se obtuvo los estratos predominantes en cada Barrio. El libro “Barrancabermeja en Cifras 2012 -2014” da una distribución socioeconómica para cada Comuna, más no está discretizada por barrios, por lo que fue necesario apoyarse del trabajo de campo para determinar el estrato predominante de los sectores. En aquellos barrios donde no se tuvo alcance con las encuestas se usó el estrato promedio indicado en estudios anteriormente mencionados.

3.6. ZONAS HOMOGENEAS.

Con el fin de determinar las zonas de la ciudad las cuales poseen características similares en cuanto a distribución en altura de los edificios, uso de suelos y estratos, se asignó un código para cada parámetro mencionado con el propósito identificar cada barrio.

Aquellos barrios en los que no se hayan realizado encuestas, pero poseen las mismas características que alguna zona homogénea, se podrá usar los mismos parámetros de la zona homogénea, pero aplicados a la cantidad de predios y área que posea el barrio en análisis.

3.6.1. DISTRIBUCIÓN EN ALTURA.

Usando los criterios mostrados en la Tabla 3.9, se le asignó a cada barrio una distribución en altura. Para decidir a qué clase de distribución pertenece el barrio, se realizó un recorrido general usando la Herramienta Google StreetView en donde se hizo un conteo ágil de edificios según su altura con el fin de determinar si predominan las construcciones de 1 nivel ó 2 o más niveles.

Tabla 3.9 Tipos de Distribuciones en Altura para la Zona de Estudio

Altura > 50%	Código
1 Nivel	A1
2 o más niveles	A2

3.6.2. ESTRATO

Se agruparon los barrios por grupo de estratos como lo muestra la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Código de Estrato

Nivel Socioeconómico	Código
Estrato 1 y 2	E1,2
Estrato 3 y 4	E3,4
Estrato 5 y 6	E5,6

3.6.3. USO PREDOMINANTE DEL BARRIO

Según el tipo de uso principal del barrio se le asigna un código como lo muestra la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Uso predominante

Nivel Socioeconómico	Código
Residencial	RES
Mixto	MIX
Viviendas Interés Social	VIS
Otros	OTROS

3.1. RESULTADOS DEL MODELO DE EXPOSICIÓN

3.1.1. CÁLCULO DE CANTIDAD DE EDIFICIOS

Una vez caracterizados los barrios según el tipo de zona homogénea a la que pertenece, se determina las estadísticas de la distribución de las taxonomías en cada barrio, haciendo uso de las encuestas. La Tabla 3.12 muestra los resultados de las encuestas remotas y de campo de la zona homogénea E1,2/A1/RES que corresponde a estratos 1 y 2, donde predominan las residencias en un 90% y prevalecen las construcciones de un nivel en más de un 50%. Así las cosas, si un barrio de esta zona homogénea posee 100 construcciones, 86 de ellos serán de mampostería no reforzada de 1 piso (D-1 nivel), 4 edificios de mampostería no reforzada de 2 pisos (D-2 Niveles) y así sucesivamente hasta alcanzar el 100%. Los decimales se redondean a cero si son menores a 0.5 o a 1 si son mayores a 0.5, siguiendo el ejemplo de los 100 edificios, los pórticos de concreto dúctiles de 4 pisos representan 0.2 construcciones, por lo que se asumen como cero.

Tabla 3.12 Distribución de taxonomías de la zona homogénea E1,2/A1/RES

E1,2/A1/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	1	1.0%
B	2	0.4%

E1,2/A1/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	3	0.4%
B	4	0.2%
C	1	3.0%
C	2	2.0%
D	1	86.0%
D	2	4.0%
D	3	2.0%
F	1	1.0%

La Tabla 3.13 muestra los resultados estadísticos de la distribución de taxonomías en los barrios de estrato 3 y 4, donde predominan las residencias en un 90% y predominan las construcciones de más de 2 niveles.

Tabla 3.13 Distribución de taxonomías de la zona homogénea E3,4/A2/RES

E3,4/A2/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	1	1.0%
B	2	1.0%
B	3	3.0%
B	4	2.0%
B	5	2.0%
B	6	1.0%
B	7	0.0%
B	8	0.4%
B	9	0.4%
B	10	0.4%
B	11	0.3%
B	12	0.1%
B	13	0.1%
B	14	0.1%
B	15	0.1%
C	1	8.0%
C	2	22.0%
D	1	32.0%

E3,4/A2/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
D	2	25.0%
D	3	1.1%

Para efectos de simplicidad solo se ilustra las distribuciones de las zonas homogéneas E1,2/A1/RES y E3,4/A2/RES. Las demás distribuciones se podrán encontrar en los anexos.

A continuación, la ecuación usada:

$$\#E_{dr} = E_d * I_c$$

Donde:

- $\#E_{dr}$: Cantidad de edificios residenciales
- E_d : Cantidad de predios identificados con la cartografía de catastro y la ortofoto.
- I_c : Índice de construcciones

3.1.2. CALCULO DE ÁREA CONSTRUIDA

En vista de que el área construida se calcula usando los predios de catastro, y este no incluye el área construida de las losas áreas de los edificios de 2 o más pisos, es necesario calcular el área faltante haciendo uso de la distribución de taxonomías de cada barrio y siguiendo la ecuación mostrada:

$$A_c = A_b * \%c * [1 + E_d(i) * (N - 1)]$$

Donde:

- A_c : área construida (m²)
- $\%c$: Porcentaje construido en planta según la Tabla 3.6
- A_b : Área bruta del lote calculado con la información de catastro. (m²)
- $E_d(i)$: Porcentaje de edificios de una tipología “i” de la zona homogénea a la que pertenece el barrio.
- N : Número de pisos
- $E_d(i) * (N - 1)$: representa en área construida en losas aéreas.

3.1.3. CANTIDAD DE VIVIENDAS Y POBLACIÓN

El presente informe incluye el modelo de exposición de todos los edificios en general incluyendo viviendas. Para conocer la cantidad de viviendas y la población referirse a el informe “Evaluación del riesgo sísmico de viviendas de Barrancabermeja, 2018” el cual se enfoca únicamente en residencias.

3.1.4. RESULTADOS

Siguiendo la metodología descrita previamente, se caracterizó cada barrio según la uniformidad de los lotes, se calculó el área construida total dentro del barrio, se determinó el nivel socioeconómico, se calculó la cantidad de edificios, área construida y el costo de reposición total del barrio. La Tabla 3.14 muestra los resultados para el barrio Rafael Rangel a manera de ejemplo.

Tabla 3.14 Resultado de Modelo de exposición para el Barrio Rafael Rangel

Barrio	Rafael Rangel
Zona Homogénea	E1,2/A1/RES
Latitud	7.069043
Longitud	-73.822368
Estrato	1
Uniformidad de los lotes	LIR
Área construida (m ²)	40364
Cantidad de edificios	404
Costo de reposición/m ² (COP)	\$600,000
Costo de reposición Total (COP)	\$24,218,254,701
Vs30 (m/s)	287.275543

La Figura 3.15 presenta la distribución de costos de reposición según la tipología estructural. Se puede observar que la tipología de muros no reforzados (D), es la taxonomía más común en la ciudad de Barrancabermeja, por lo que el acumulado de su costo supera los 5.6 Billones de pesos.

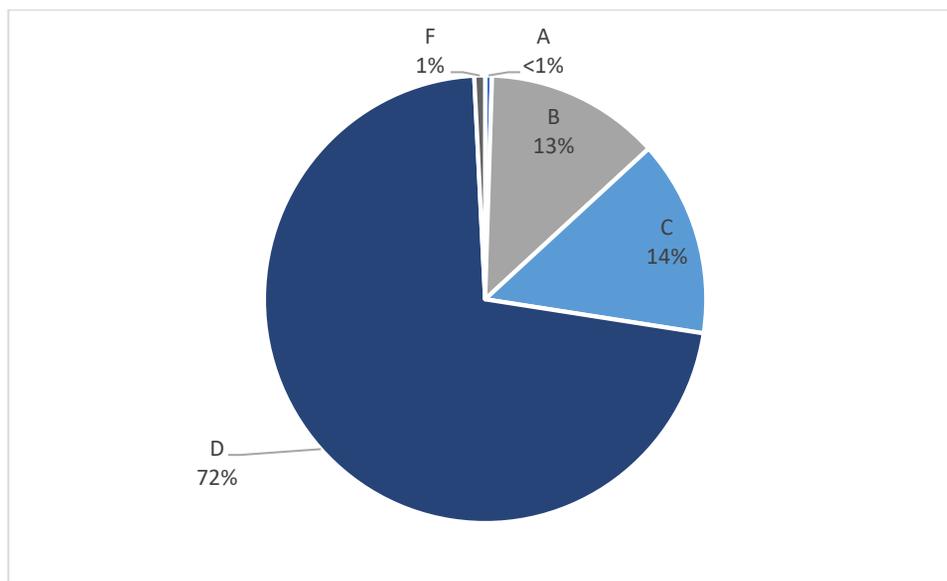


Figura 3.15 Distribución porcentual del costo de reposición total para cada tipología en la ciudad

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3.15 muestra el total de área construida en la ciudad, mientras que en la tabla Tabla 3.16 discretiza por barrio y corregimientos.

Tabla 3.15 Resumen de resultados del Modelo de exposición

Resultados General del Modelo	
Área construida (m2)	10,183,036
Cantidad de edificios en la ciudad	76,628
Costo de reposición Total (COP)	\$ 7,864,529

Tabla 3.16 Modelo de exposición de cada barrio

Longitud	Latitud	Barrio	Estrato	ZH	#Edificios	Área construida	Costo (millones de pesos)
-73.843607	7.080876	Zona Institucional	2	E1,2/A1/RES	68	6042	4.229
-73.839005	7.048439	Yarima II	1	E1,2/A1/RES	129	17166	10.300
-73.842952	7.050019	Yarima	2	E1,2/A1/RES	212	24548	17.183
-73.86233	7.080862	Yariguies	5	E5,6/A1/RES	59	15147	27.265
-73.828641	7.064855	Villas del Coral	1	E1,2/A1/RES	78	6661	3.997
-73.82446	7.058369	Villarelys III	1	E1,2/A1/RES	267	22527	13.516
-73.826301	7.059878	Villarelys II	1	E1,2/A1/RES	988	88019	52.812
-73.82557	7.060784	Villarelys I	1	E1,2/A1/RES	186	16933	10.160
-73.842769	7.044446	Villa Sandra	2	E1,2/A1/RES	54	4190	2.933
-73.839038	7.061898	Villa Rosita	2	E1,2/A1/RES	120	12542	8.779
-73.834227	7.04023	Villa Rosa	2	E1,2/A1/RES	91	8410	5.887
-73.828141	7.061202	Villa Plata	1	E1,2/A1/RES	70	5521	3.313
-73.837936	7.036174	Villa Olimpica	2	E1,2/A1/RES	18	1911	1.337
-73.844048	7.077866	Villa Nueva	2	E1,2/A1/RES	529	49846	34892
-73.832746	7.078879	Villa Mary	1	E1,2/A1/RES	165	12958	7775
-73.855312	7.073718	Villa Luz II	4	E3,4/A1/RES	59	6464	9050
-73.855914	7.072835	Villa Luz I	4	E3,4/A1/RES	11	1755	2457
-73.832423	7.071091	Villa Fadua	2	E1,2/A1/MIX	106	18231	12761
-73.841	7.047913	Villa de Leyva	2	E1,2/A1/RES	235	15753	11027
-73.826446	7.062414	Villa Aura	1	E1,2/A1/RES	68	5885	3531
-73.834593	7.065945	Versalles	2	E1,2/A1/RES	442	86823	60776
-73.859639	7.063385	Uribe Uribe	3	E3,4/A2/MIX	604	142061	156267
-73.83528	7.06401	Urbanización Los Rosales	2	E1,2/A1/RES	81	9989	6992
-73.837158	7.061893	Urb. Santa Lucia	1	E1,2/A1/RES	31	5499	3299
-73.8314	7.04969	Urb. Minas del paraíso	3	E3,4/A1/RES	286	16755	18431

Longitud	Latitud	Barrio	Estrato	ZH	#Edificios	Área construida	Costo (millones de pesos)
-73.841412	7.063558	Urb. Los Lagos	2	E1,2/A1/RES	105	8150	5705
-73.852232	7.060396	Urb. La Magdalena	3	E3,4/A1/RES	55	5983	6581
-73.867738	7.060642	Urb. Cincuentenario	3	E3,4/A2/MIX	75	41801	45982
-73.846934	7.057932	Tres Unidos	2	E1,2/A1/RES	183	23953	16767
-73.85617	7.063288	Torcoroma	3	E3,4/A2/MIX	758	188278	207106
-73.834062	7.063131	Tierra Adentro II	2	E1,2/A1/RES	81	5948	4164
-73.833544	7.063473	Tierra Adentro	2	E1,2/A1/RES	103	7009	4906
-73.839217	7.045824	Tamarindos	3	E3,4/A1/RES	73	6900	7590
-73.844035	7.057708	Simon Bolivar	1	E1,2/A1/RES	449	100702	60421
-73.872431	7.060352	Sector Comercial	3	E3,4/A2/MIX	331	88751	97626
-73.839678	7.063746	Santander	2	E1,2/A1/RES	400	60084	42059
-73.846546	7.06236	Santana	2	E1,2/A1/RES	247	42535	29775
-73.849776	7.081845	Santa Isabel	2	E1,2/A1/RES	330	54358	38051
-73.845941	7.051954	Santa Barbara	1	E1,2/A1/RES	241	30122	18073
-73.98392	6.902053	San Rafael de Chucuri	1	E1,2/A1/RES	395	47707	28624
-73.842691	7.069812	San Pedro Claver	2	E1,2/A1/RES	279	23013	16109
-73.826641	7.073506	San Pedro	1	E1,2/A1/RES	264	36905	22143
-73.817146	7.075172	San Martin	1	E1,2/A1/RES	37	3667	2200
-73.846383	7.074614	San Judas	2	E1,2/A1/RES	366	55774	39041
-73.835479	7.062794	San Jose Obrero II	1	E1,2/A1/RES	35	4955	2973
-73.834717	7.062892	San Jose Obrero	1	E1,2/A1/RES	197	14567	8740
-73.86178	7.054922	San Francisco	1	E1,2/A1/RES	93	10101	6061
-73.822766	7.064698	Renacer	1	E1,2/A1/RES	62	3942	2365
-73.840478	7.072011	Ramaral	2	E1,2/A1/RES	116	9363	6554
-73.824365	7.072569	Puerta del sol	1	E1,2/A1/RES	192	19312	11587
-73.837063	7.063559	Provivienda	2	E1,2/A1/RES	433	58930	41251
-73.83189	7.082467	Proteccion Ambiental	1	E1,2/A1/RES	147	20739	12443
-73.849185	7.038857	Prados del Cincuentenario	3	E3,4/A1/RES	68	4977	5475
-73.827191	7.046856	Prados del campestre	1	E1,2/A1/RES	174	21453	12872
-73.841413	7.042345	Planada del Cerro	2	E1,2/A1/RES	728	46460	32522
-73.857338	7.070236	Parnaso	3	E3,4/A2/RES	1116	295803	325383
-73.849108	7.058909	Palmira	2	E1,2/A1/RES	1304	215488	150841
-73.823512	7.062348	Pablo Acuña	1	E1,2/A1/RES	352	34471	20683
-73.829438	7.063683	Oro Negro Etapa 3	1	E1,2/A1/RES	158	12502	7501
-73.830318	7.064907	Oro Negro Etapa 2	1	E1,2/A1/RES	202	11844	7107
-73.830255	7.06282	Oro Negro	1	E1,2/A1/RES	82	5693	3416
-73.862893	7.063565	Olaya Herrera	3	E3,4/A2/MIX	534	113809	125190
-73.827424	7.056488	Nuevo Horizonte	1	E1,2/A1/RES	127	11767	7060
-73.825061	7.05485	Nueve de abril	1	E1,2/A1/RES	693	75345	45207

Longitud	Latitud	Barrio	Estrato	ZH	#Edificios	Área construida	Costo (millones de pesos)
-73.8368	7.071147	Nueva Esperanza	2	E1,2/A1/RES	456	41472	29030
-73.842271	7.076184	Novalito	2	E1,2/A1/RES	122	11607	8125
-73.840566	7.059197	Miraflores	1	E1,2/A1/RES	553	106372	63823
-73.832517	7.047815	Minas del Paraiso	1	E1,2/A1/RES	533	51761	31056
-73.641885	7.174816	Meseta de San Rafael	1	E1,2/A1/RES	223	26712	16027
-73.848687	7.051792	Marsella	2	E1,2/A1/RES	84	7254	5078
-73.8435	7.07586	Maria Irida	3	E3,4/A1/RES	73	6410	7051
-73.828813	7.050154	Maria Eugenia	2	E1,2/A1/RES	551	60519	42363
-73.828452	7.065926	Manzanares	1	E1,2/A1/RES	82	7290	4374
-73.835146	7.078375	Mano de Dios	1	E1,2/A1/RES	112	7293	4376
-73.845614	7.063478	Malvinas	2	E1,2/A1/RES	121	13351	9346
-73.845693	7.045425	Los Pinos	2	E1,2/A1/RES	461	72512	50758
-73.840431	7.043234	Los Naranjos	2	E1,2/A1/RES	218	20943	14660
-73.842402	7.044948	Los Mandarinos	2	E1,2/A1/RES	54	4690	3283
-73.837919	7.039904	Los Lagos	2	E1,2/A1/RES	33	4105	2874
-73.829681	7.04398	Los fundadores	1	E1,2/A1/RES	9	909	546
-73.832418	7.050036	Los Corales	3	E3,4/A1/RES	174	10182	11200
-73.818055	7.068933	Los comuneros	2	E1,2/A1/VIS	68	6159	4312
-73.836024	7.042489	Los Almendros	3	E3,4/A1/RES	104	6961	7657
-73.831651	7.07055	Los Alamos	2	E1,2/A1/MIX	122	16913	11839
-73.834305	7.06059	Las Torres	1	E1,2/A1/RES	119	11769	7061
-73.836591	7.044819	Las Palmas	1	E1,2/A1/RES	80	7410	4446
-73.838796	7.038092	Las Nieves	3	E3,4/A1/RES	133	21708	23878
-73.854969	7.055017	Las Margaritas	1	E1,2/A1/RES	149	19686	11812
-73.831701	7.07281	Las Granjas II	2	E1,2/A1/MIX	234	51400	35980
-73.832317	7.068001	Las Granjas	2	E1,2/A1/MIX	628	91696	64187
-73.833304	7.041883	Las Flores	1	E1,2/A1/RES	99	10626	6376
-73.843915	7.039504	Las Colmenas	1	E1,2/A1/RES	115	17232	10339
-73.861992	7.06646	Las Colinas	3	E3,4/A2/RES	1267	317002	348703
-73.847138	7.049462	Las Brisas	2	E1,2/A1/RES	107	13664	9565
-73.844401	7.066791	Las Americas	2	E1,2/A1/RES	606	75724	53007
-73.837581	7.041196	Lagos II	2	E1,2/A1/RES	217	19768	13837
-73.841773	7.079618	La Virgen	1	E1,2/A1/RES	32	4472	2683
-73.856964	7.054151	La Victoria	1	E1,2/A1/RES	613	57433	34460
-73.847121	7.066426	La Tora	2	E1,2/A1/OTRO	207	30123	21086
-73.838927	7.040033	La Toca	2	E1,2/A1/RES	31	2654	1858
-73.828094	7.064397	La Playita	1	E1,2/A1/RES	58	4092	2455
-73.860858	7.055337	La Playa	1	E1,2/A1/RES	161	12235	7341
-73.845782	7.040932	La Peninsula	1	E1,2/A1/RES	174	23428	14057

Longitud	Latitud	Barrio	Estrato	ZH	#Edificios	Área construida	Costo (millones de pesos)
-73.839342	7.077392	La Paz II Eta.	1	E1,2/A1/RES	109	9238	5543
-73.840756	7.078235	La Paz	2	E1,2/A1/RES	474	48576	34003
-73.840357	7.037391	La Liga	1	E1,2/A1/RES	187	23808	14285
-73.853578	7.076451	La Libertad	2	E1,2/A1/RES	1004	169780	118846
-73.845067	7.063828	La Independencia	2	E1,2/A1/RES	119	10712	7499
-73.689719	7.072456	La Fortuna	1	E1,2/A1/RES	1282	154314	92589
-73.848729	7.076078	La Floresta	3	E3,4/A2/RES	1779	482907	531198
-73.83783	7.069455	La Esperanza	2	E1,2/A1/RES	1205	149718	104803
-73.872317	7.058922	La Campana	2	E1,2/A1/RES	209	41408	28986
-73.826371	7.065031	Kennedy	1	E1,2/A1/RES	379	33814	20289
-73.838202	7.03908	José Antonio Galán	3	E3,4/A1/RES	65	11359	12495
-73.844437	7.079527	Jerusalen	1	E1,2/A1/RES	281	23240	13944
-73.839491	7.039825	Jaime Garzón	2	E1,2/A1/RES	21	3145	2201
-73.854391	7.052242	Isla del Zapato	2	E1,2/A1/RES	239	17601	12321
-73.826233	7.062931	Invasión Pozo 7	1	E1,2/A1/RES	148	9408	5645
-73.848987	7.042438	Invasión Nuevo Milenio	1	E1,2/A1/RES	30	2252	1351
-73.849086	7.043361	Invasión Los Nogales	1	E1,2/A1/RES	69	4840	2904
-73.841412	7.07606	Inv. La virgen	1	E1,2/A1/RES	126	12720	7632
-73.8574	7.079613	Inv. La Granvia	2	E1,2/A1/RES	113	8374	5862
-73.836316	7.0803905	Inv. 22 de Marzo	2	E1,2/A1/RES	1164	104444	73111
-73.845475	7.072932	Internacional	2	E1,2/A1/RES	273	21622	15135
-73.854915	7.056935	Inscredial	2	E1,2/A1/RES	352	68786	48150
-73.83379	7.05354	Humedal el Castillo	1	E1,2/A1/RES	741	59223	35534
-73.853985	7.066202	Galan Gomez	3	E3,4/A2/RES	1154	420511	462562
-73.846148	7.071205	Gaitan	2	E1,2/A1/RES	348	44873	31411
-73.842124	7.073588	Fertilizantes	1	E1,2/A1/RES	57	12550	7530
-73.84688	7.064221	Ferrovias	2	E1,2/A1/OTRO	4	643	450
-73.841209	7.070687	Feria	1	E1,2/A1/RES	64	8574	5144
-73.81789	7.077919	Expasión Baja San Martin	1	E1,2/A1/RES	72	6604	3962
-73.838041	7.061636	El Triunfo	2	E1,2/A1/RES	174	14877	10414
-73.866856	7.082887	El Rosario	6	E5,6/A1/RES	164	71711	157764
-73.82604	7.041752	El Reten	2	E1,2/A1/RES	39	6361	4453
-73.847702	7.044605	El Refugio	2	E1,2/A1/RES	208	21118	14783
-73.851926	7.056995	El Recreo	2	E1,2/A1/RES	802	145849	102095
-73.829792	7.06527	El Progreso II	1	E1,2/A1/RES	564	57720	34632
-73.828944	7.064342	El Progreso I	1	E1,2/A1/RES	14	1287	772
-73.838146	7.062477	El Porvenir	2	E1,2/A1/RES	8	1283	898
-73.82725	7.061497	El Poblado	1	E1,2/A1/RES	302	21979	13187
-73.835591	7.047431	El Paraiso	2	E1,2/A1/RES	480	37154	26008

Longitud	Latitud	Barrio	Estrato	ZH	#Edificios	Área construida	Costo (millones de pesos)
-73.841482	7.045562	El Palmar	1	E1,2/A1/RES	503	45813	27488
-73.849152	7.041161	El Madrigal	3	E3,4/A1/RES	68	5136	5649
-73.838896	7.157931	El Llanito	1	E1,2/A1/RES	1926	231902	139141
-73.851424	7.037753	El Limonar	3	E3,4/A1/RES	288	21806	23986
-73.864576	7.057064	El Dorado	1	E1,2/A1/RES	387	44087	26452
-73.850507	7.04433	El Cincuentenario	2	E1,2/A1/RES	1206	117732	82412
-73.837314	7.060537	El Chico	1	E1,2/A1/RES	293	47643	28586
-73.784748	6.966061	El Centro	1	E1,2/A1/RES	5480	659450	395670
-73.843162	7.041416	El castillo	2	E1,2/A1/RES	720	112368	78658
-73.827265	7.051018	El Campin	2	E1,2/A1/RES	580	60926	42649
-73.828479	7.044312	El Campestre	2	E1,2/A1/RES	512	78298	54809
-73.827134	7.076114	El Boston	2	E1,2/A1/RES	660	48343	33840
-73.837306	7.039253	El Bosque	2	E1,2/A1/RES	19	3081	2157
-73.838233	7.066902	El Alcazar	2	E1,2/A1/RES	647	118830	83181
-73.828144	7.052578	Divino Niño	1	E1,2/A1/RES	43	3537	2122
-73.843193	7.074724	Cuidadela Pipaton IV Eta	2	E1,2/A1/RES	80	5784	4049
-73.844706	7.075543	Cuidadela Pipaton	2	E1,2/A1/RES	530	52042	36429
-73.851901	7.046039	Cuidadela cincuentenario	2	E1,2/A1/RES	90	13315	9320
-73.836989	7.085221	Cuidad de Dios	1	E1,2/A1/RES	51	6112	3667
-73.849448	7.06663	Cuidad Bolivar	3	E3,4/A2/MIX	186	53092	58402
-73.844018	7.073424	Cristo Rey	2	E1,2/A1/RES	265	22308	15616
-73.852467	7.08172	Coviba	2	E1,2/A1/RES	558	62388	43672
-73.849599	7.042608	Costelación 2000	2	E1,2/A1/RES	52	3833	2683
-73.842798	7.075245	Cortijillo	3	E3,4/A1/RES	86	10575	11632
-73.827649	7.070307	Corinto II	1	E1,2/A1/RES	55	3658	2195
-73.828177	7.070086	Corinto	1	E1,2/A1/RES	73	6619	3971
-73.848116	7.043404	Conjunto Cerrado Refugio	3	AT1	65	9456	10402
-73.858687	7.059845	Colombia	2	E1,2/A1/MIX	1898	321107	224775
-73.845	7.069209	Colinas del Seminario	2	E1,2/A1/OTRO	112	12788	8952
-73.842299	7.081313	Colinas del Norte	2	E1,2/A1/RES	170	16434	11504
-73.827282	7.043963	Colinas del campestre	1	E1,2/A1/RES	54	5391	3235
-73.849228	7.039992	Cincuentenario VII Eta.	3	E3,4/A1/RES	136	9883	10871
-73.897864	6.928908	Ciénaga del Opón	1	E1,2/A1/RES	223	26670	16002
-73.841709	7.060698	Chapinero	2	E1,2/A1/RES	260	34533	24173
-73.848223	7.067844	Carmelias	2	E1,2/A1/OTRO	186	57186	40031
-73.865476	7.058501	Cardales	1	E1,2/A1/RES	329	48569	29141
-73.844563	7.060993	Candelaria	1	E1,2/A1/RES	330	57810	34686
-73.857483	7.080833	Campo Hermoso	2	E1,2/A1/RES	78	7768	5437
-73.842261	7.06208	Campo Alegre	2	E1,2/A1/RES	268	49068	34348

Longitud	Latitud	Barrio	Estrato	ZH	#Edificios	Área construida	Costo (millones de pesos)
-73.83886	7.082509	Caminos de San Silvestre	1	E1,2/A1/RES	914	81261	48756
-73.859784	7.056944	Buenos Aires	1	E1,2/A1/MIX	1082	149450	89670
-73.838725	7.034746	Buenvista	1	E1,2/A1/RES	942	64117	38470
-73.864545	7.051426	Brisas del Rio	1	E1,2/A1/INV	214	11369	6821
-73.826017	7.068546	Brisas del Oriente	1	E1,2/A1/RES	135	11384	6830
-73.832649	7.06606	Brisas de Versailles	1	E1,2/A1/RES	69	9847	5908
-73.837923	7.078133	Brisas de la Paz	1	E1,2/A1/RES	160	11987	7192
-73.853681	7.079406	Brisas de La Libertad	3	E3,4/A1/RES	239	22308	24539
-73.839085	7.079713	Brisas de Altamira	1	E1,2/A1/RES	303	28415	17049
-73.826147	7.07854	Brisas de Acapulco	1	E1,2/A1/RES	96	7318	4391
-73.829944	7.042037	Bosques de la Cira	3	E3,4/A1/RES	266	19522	21475
-73.831497	7.042387	Bonanza	1	E1,2/A1/RES	17	2098	1259
-73.833867	7.070269	Benjamin Herrera	2	E1,2/A1/RES	149	19183	13428
-73.82475	7.064926	Bendición de Dios	1	E1,2/A1/RES	1005	77841	46705
-73.84258	7.037307	Bellavista	1	E1,2/A1/RES	327	40488	24293
-73.846085	7.08144	Belen	2	E1,2/A1/RES	262	35798	25059
-73.832573	7.062365	Barracabermeja	2	E1,2/A1/RES	504	53157	37210
-73.835571	7.079145	Asentamiento Yuma	1	E1,2/A1/RES	108	8765	5259
-73.834281	7.051909	Asentamiento Villa Napoles	1	E1,2/A1/RES	56	4771	2863
-73.830491	7.082837	Asentamiento Villa Luisa IV	1	E1,2/A1/RES	40	4355	2613
-73.830539	7.08056	Asentamiento Villa Luisa III	1	E1,2/A1/RES	44	4589	2753
-73.833169	7.080024	Asentamiento Villa Luisa II	1	E1,2/A1/RES	68	5764	3459
-73.831801	7.077118	Asentamiento Villa Luisa I	1	E1,2/A1/RES	43	3843	2306
-73.836743	7.078439	Asentamiento Villa Dios	1	E1,2/A1/RES	72	4804	2882
-73.823497	7.080391	Asentamiento San Martin	1	E1,2/A1/RES	703	52020	31212
-73.824431	7.051663	Asentamiento Los acacios	1	E1,2/A1/RES	158	8087	4852
-73.834362	7.043551	Asentamiento las Flores 2	1	E1,2/A1/RES	37	2160	1296
-73.825542	7.061756	Asentamiento La Juventud	1	E1,2/A1/RES	82	4644	2786
-73.831288	7.059653	Asentamiento La esmeralda	1	E1,2/A1/RES	92	5547	3328
-73.827123	7.069372	Asentamiento Kennedy 2	1	E1,2/A1/RES	55	3479	2087
-73.829483	7.059662	Asentamiento El diamante	1	E1,2/A1/RES	160	11951	7170
-73.829831	7.048103	Asentamiento Cielos Abiertos	1	E1,2/A1/RES	283	20938	12563
-73.823764	7.051743	Asentamiento Brisas del Vivero	1	E1,2/A1/RES	46	2332	1399
-73.824243	7.060926	Asentamiento Brisas de villarelys	1	E1,2/A1/RES	60	3203	1922
-73.821781	7.073854	Asentamiento Brisas de San Martin	1	E1,2/A1/RES	722	56558	33935
-73.823766	7.049239	Asentamiento 9 de Agosto	1	E1,2/A1/RES	348	20474	12285
-73.824663	7.049731	Asentamiento 3 de Octubre Etapa II	1	E1,2/A1/RES	98	6712	4027
-73.824969	7.048069	Asentamiento 3 de Octubre	1	E1,2/A1/RES	94	7999	4799
-73.861687	7.050586	Arenales	1	E1,2/A1/RES	1017	109055	65433

Longitud	Latitud	Barrio	Estrato	ZH	#Edificios	Área construida	Costo (millones de pesos)
-73.845279	7.04909	Antonia Santos	1	E1,2/A1/RES	72	9482	5689
-73.833198	7.045412	Altos del Campestre	1	E1,2/A1/RES	348	44146	26488
-73.846492	7.069907	Altos de los Angeles	2	E1,2/A1/RES	154	13393	9375
-73.834026	7.078905	Altos de Israel	1	E1,2/A1/RES	209	17228	10337
-73.844277	7.052577	Altos de Cañaveral	2	E1,2/A1/RES	73	7651	5356
-73.844191	7.072491	Alto del Rosario	2	E1,2/A1/RES	142	7859	5501
-73.827743	7.071792	Alpes	1	E1,2/A1/RES	246	25185	15111
-73.861997	7.069495	Aguas Claras	3	E3,4/A2/RES	251	66409	73050
-73.829673	7.061224	Aentamiento Altos del Mirador	1	E1,2/A1/RES	92	6414	3849
-73.834003	7.082207	Acacios	1	E1,2/A1/RES	126	11137	6682
-73.859385	7.079031	25 de Agosto	3	E3,4/A1/RES	42	9287	10215
-73.829965	7.070144	20 de julio	2	E1,2/A1/RES	443	62522	43765
-73.854929	7.080842	20 de Enero	3	E3,4/A1/RES	343	37013	40714
-73.829639	7.07454	20 de agosto	2	E1,2/A1/RES	641	69771	48840
-73.82517	7.046328	16 de marzo	1	E1,2/A1/RES	267	27215	16329
-73.835368	7.077884	12 de Agosto	1	E1,2/A1/RES	83	4777	2866
-73.84271	7.065547	1° Mayo	2	E1,2/A1/RES	1240	141261	98883
-73.834996	7.055598	Vereda la Independencia	1	E1,2/A1/RES	190	18630	11178
-73.822368	7.069043	Rafael Rangel	1	E1,2/A1/RES	404	40364	24218
-73.824209	7.074592	Danubio	1	E1,2/A1/RES	177	25641	15384

4. CURVAS DE FRAGILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIÓN DE SISTEMAS LOTICOS

4.1. FRAGILIDAD DE EDIFICACIONES

4.1.1. FACTOR DE FRAGILIDAD 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), que se resumen a continuación:

Tabla 4.1 Factor de Fragilidad por Tipo de estructura

TIPOLOGÍA	FRAGILIDAD	FRAGILIDAD	Stip
F	Construcciones simples	Muy alta	1
E	Estructuras ligeras	Alta	0.9
D	Estructuras con confinamiento deficiente	Media	0.7
C	Mampostería reforzada	Baja	0.5

TIPOLOGÍA	FRAGILIDAD	FRAGILIDAD	Stip
B	Edificaciones reforzadas	Muy Baja	0.3
A	Edificaciones con reforzamiento especial	Extremadamente baja	0.1

Fuente: Heinimann, 1999, en Du et al., 2013.

4.1.2. FACTOR DE FRAGILIDAD POR ALTURA DE LA ESTRUCTURA (Salt).

La fragilidad de la estructura en función de su número de pisos se aprecia en los valores de los parámetros que se dan con base en la propuesta de Li et al. (2010), modificados de acuerdo con la cultura constructiva del país.

Tabla 4.2 Factor de fragilidad por Altura de la estructura

TIPOLOGÍA	NÚMERO DE PISOS	Salt
E, F	≥ 2	0.9
D	≥ 4	0.9
D	2 y 3	0.6
Demás tipologías y alturas		0.05

Fuente: (Guía, 2016)

4.1.3. FACTOR DE FRAGILIDAD POR CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA (SCON).

El estado de conservación se evalúa a partir de la inspección visual de las edificaciones y se califica de acuerdo con los valores del parámetro de fragilidad propuesto por Du et al. (2013-2014) (Tabla 4.3)

Tabla 4.3 Factor de fragilidad por conservación de la estructura

ESTADO DE CONSERVACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN GRIETAS (mm)	Scon
Muy bueno	No se observan deformaciones, agrietamiento o envejecimiento.	0	0,00
Bueno	Solo se observan daños superficiales leves en los acabados.	0-0,5	0,05
Deformaciones leves	Fisuras en juntas horizontales en los extremos superior e inferior de elementos verticales.	0,5-1,0	0,25
Deformaciones medias	Desplazamiento relativo o movimiento en el plano fuera de él (pandeo).	1,0-5,0	0,50

Deformaciones graves	Inclinaciones del elemento fuera de su plano vertical.	5,0-10,0	0,75
Deformaciones muy graves	Unidades de mampostería con fallas por aplastamiento. Concreto con fallas por aplastamiento.	>10,0	1,00

Fuente: Adaptado de Audell, 1996, consultada en Rodríguez y Jiménez, 2009.

4.1.4. FACTOR DE FRAGILIDAD POR EDAD DE LA ESTRUCTURA (SED).

El parámetro de fragilidad relativo a la edad 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 4.4 y Tabla 4.5

Tabla 4.4 Factor de fragilidad por edad de la estructura

RELACIÓN AÑOS DE SERVICIO/VIDA ÚTIL	Sed
≤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	1.0

Fuente: Du et al., 2013.

Tabla 4.5 Vida útil de las estructuras

TIPOLOGÍA	VIDA ÚTIL
A y B	50 años
C y D	30 años
E	15 años
F	1-2 años

Fuente: Guía, 2016

4.2. FRAGILIDAD DE PERSONAS

La vulnerabilidad física de personas se evaluará en conjunto con la vulnerabilidad de edificaciones. Algunos autores han propuesto la fragilidad de personas como una función exponencial de la fragilidad de las edificaciones (Ragozin & Tikhvinsky, 2000; Uzielli, 2006); otros, valores fijos de

vulnerabilidad, de acuerdo con criterio experto y recopilación de información antecedente (AGS, 2007c). La ecuación de fragilidad se muestra en el renglón siguiente y se ilustra en la Figura 4.1.

$$S_{per} = S_{ed}^{3.2}$$

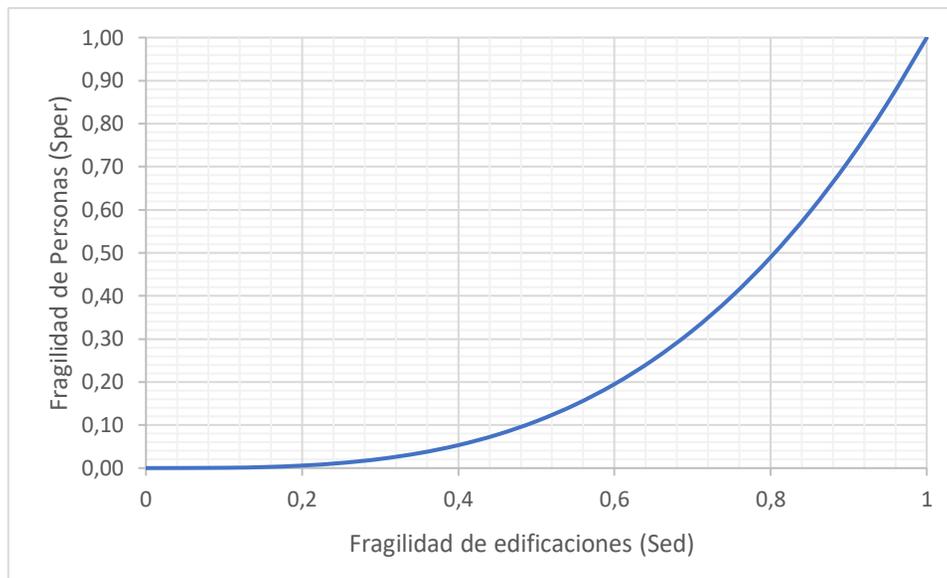


Figura 4.1 Curva de fragilidad de personas

Algunos autores proponen que el nivel de vulnerabilidad se puede asociar a un porcentaje de víctimas para niveles de inundación superiores a 1.0 metros de profundidad. (ERN Latinoamérica, 2008). La Figura 4.2 muestra que, para profundidades de inundación superiores a un metro, hay un 10% de víctimas respecto a la cantidad total de habitantes de una edificación.

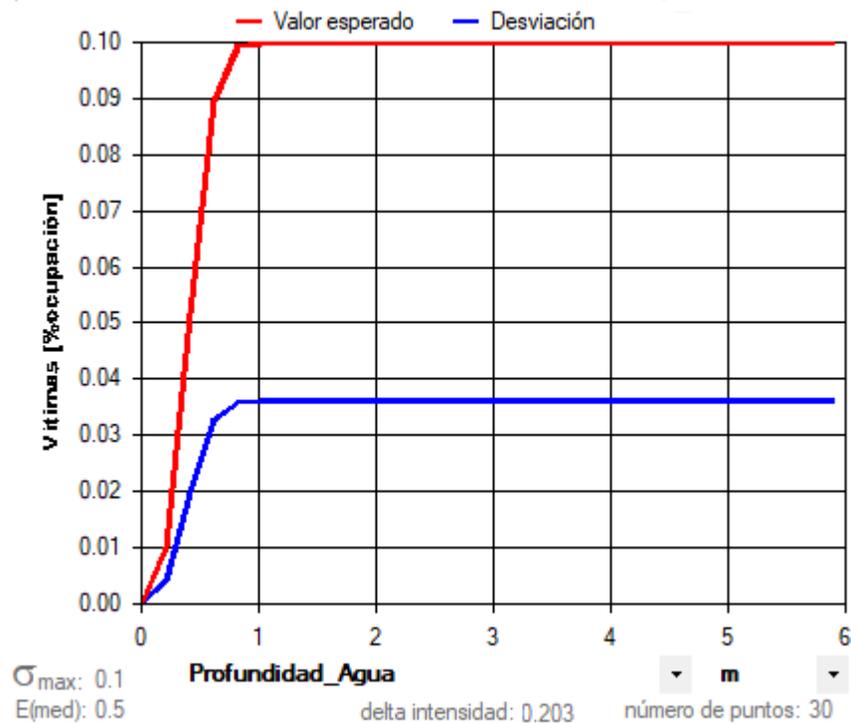


Figura 4.2 Vulnerabilidad de personas en porcentaje de victimas

5. CURVAS DE VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN DE SISTEMA LENTICOS

Los sistemas lenticos son aquellos cuerpos de agua que no corren o fluyen, es decir que, por la topografía, se mantienen cerrados; son aquellas aguas estancadas tales como lagos, lagunas, pantanos, humedales, etc. El nivel de intensidad usado es únicamente la profundidad del cuerpo de agua ya que se considera que no hay velocidad de flujo que pueda generar empujes dinámicos sobre las estructuras.

La Figura 5.1 muestra la curva de vulnerabilidad de construcciones de mampostería reforzada. Para más información sobre las curvas de vulnerabilidad usadas, referirse a: <https://ecapra.org/topics/vulnerability>

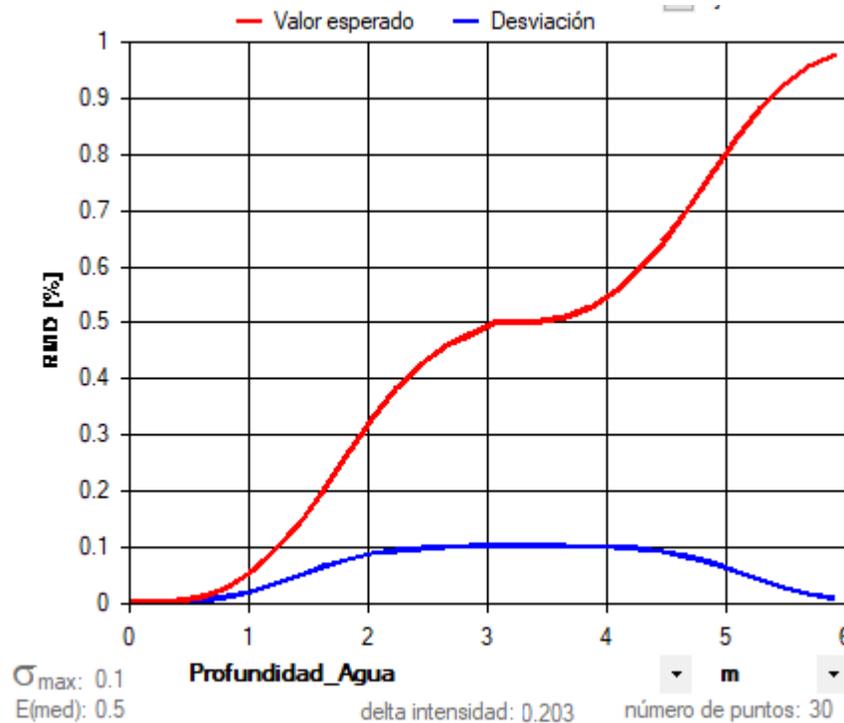


Figura 5.1 Curva de Vulnerabilidad de Mampostería reforzada

6. CÁLCULO DE INTENSIDAD

6.1. INDICES DE INTESIDAD DE MOVIMIENTOS LENTOS

En el presente caso, se consideran las edificaciones ubicadas en la zona 2 de exposición; en este escenario, se pueden generar agrietamientos y ladeo en las estructuras sobre la masa deslizada debido al desplazamiento de esta. Los parámetros de intensidad para este escenario de análisis, según la propuesta de Du et al. (2013), son la velocidad, las deformaciones locales y la profundidad del deslizamiento, relacionadas de acuerdo con la siguiente ecuación

$$I_{len} = 1 - (1 - I_{def}) * (1 - I_{vel}) * (1 - I_{prof})$$

Donde

- I_{len} : Intensidad de deslizamientos lentos.
- I_{def} : Intensidad de deformación de suelo. (Ver Tabla 6.1) Se calcula por medio de la relación de deformación (Asentamiento del suelo sobre el valor límite de asentamiento dado en la Tabla 6.2)

Tabla 6.1 Índice de intensidad de deformación del suelo

RELACIÓN DEFORMACIÓN/ UMBRAL TOLERABLE	I _{1-def}
<0,2	0,1
0,2-0,4	0,2
0,4-0,6	0,4
0,6-0,8	0,6
0,8-1,0	0,8
1,0-1,2	0,9
≥1,2	1,0

Tabla 6.2 Relación de asentamientos las características geometrías de las tipologías estructurales.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Amáx
Edificaciones con muros y acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	1/1000
Edificaciones con muros de carga en concreto o mampostería	1/500
Edificaciones con pórticos en concreto, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	1/300
Edificaciones en estructura metálica, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	1/160

- I_{prof}: Intensidad de profundidad de deslizamiento. Se calcula con las expresiones es mostradas en el siguiente renglón:

$$I_{l-prof} = \begin{cases} (1,25d/h)^{1/3} & d/h < 0,8 \\ 1 & 0,8 < d/h \leq 1,2 \\ 1,44(d/h)^{-2} & d/h > 1,2 \end{cases}$$

- I_{vel}: Intensidad de velocidad de deslizamiento. Se calcula con las expresiones es mostradas en el siguiente renglón:

$$I_{l-vel} = \begin{cases} 0 & v \leq 5 \times 10^{-7} \\ \frac{1}{36} (\text{Log } v + 6,30)^2 & 5 \times 10^{-7} < v < 5 \times 10^{-1} \\ 1 & v \geq 5 \times 10^{-1} \end{cases}$$

6.2. INDICES DE INTENSIDAD DE MOVIMIENTOS RAPIDOS

Los elementos ubicados en la zona 2 de exposición se destruyen totalmente en este escenario. Para los elementos dentro de la zona de viaje del deslizamiento, el mecanismo de impacto se divide en dos categorías: enterramiento e impacto.

$$I_{rap} = 1 - (1 - I_{vel}) * (1 - I_{prof})$$

Donde:

- I_{rap} es la intensidad para el escenario con movimientos rápidos.
- I_{f-pre} es el parámetro de intensidad debido a la presión y se estima a partir de la relación entre la presión de impacto del deslizamiento y la presión límite soportada por la estructura. (Ver Tabla 6.3 y Tabla 6.4)

Tabla 6.3 Índice de intensidad de presión dinámica.

RELACIÓN PRESIÓN DE IMPACTO DE DESLIZAMIENTO/ PRESIÓN HORIZONTAL LÍMITE DE ESTRUCTURA	If – pre
<0,1	0,05
0,1-0,2	0,20
0,2-0,4	0,40
0,4-0,7	0,70
0,7-1,0	0,90
≥1,0	1,00

Tabla 6.4 Presión Admisible o limite que soportan las diferentes tipologías

TIPOLOGÍA	PRESIÓN LÍMITE DE LA ESTRUCTURA (kPa)	
F	Construcciones simples	1
E	Estructuras ligeras	5
D	Estructuras con confinamiento deficiente	8
C	Mampostería reforzada	11
B	Edificaciones reforzadas	18
A	Edificaciones con reforzamiento especial	20

La ecuación mostrada a continuación muestra los parámetros para el cálculo de empujes dinámicos. Esta ecuación depende de la densidad del fluido y su velocidad, para el caso de flujos de sistemas lóticos, la densidad se asume como 1.000 kg/m³.

$$P = \frac{1}{2} \rho v^2$$

- Iprof: Intensidad de profundidad de deslizamiento. (Ver Tabla 6.5)

Tabla 6.5 Índice de enterramiento o profundidad de deslizamiento

RELACIÓN PROFUNDIDAD DEL DESLIZAMIENTO/ ALTURA EDIFICACIÓN	If – prof
<0,2	0,10
0,2-0,4	0,30
0,4-0,6	0,50
0,6-0,8	0,70
0,8-1,0	0,90
≥1,0	1,00

7. CURVAS DE VULNERABILIDAD FÍSICA

La vulnerabilidad física hace referencia a la respuesta de los elementos expuestos frente a las sollicitaciones generadas por la interacción de los movimientos en masa con dichos elementos. En bienes físicos, esta respuesta y la intensidad de la sollicitación dependen de dos aspectos: las características del elemento (tipología, calidad de construcción, mantenimiento, uso, etc.) y su posición relativa con respecto al área afectada por el evento (exposición).

Para evaluar la exposición se han definido cuatro zonas o escenarios mostrados en la Figura 7.1 siguiente.

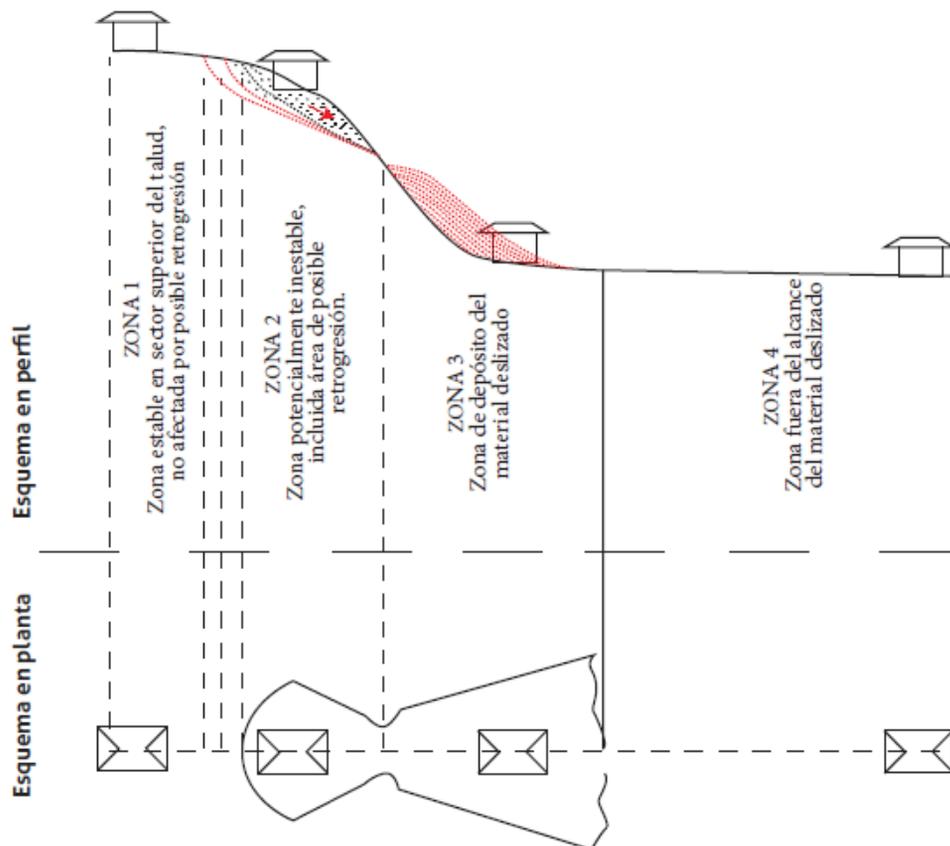


Figura 7.1 Zona de exposición
Fuente: (Guía, 2016)

Tabla 7.1 Descripción de zonas de exposición a deslizamientos

ZONA	DESCRIPCIÓN	DAÑOS ESPERADOS	CRITERIO DE INTENSIDAD O MAGNITUD
1	Elementos ubicados sobre la zona estable en la parte superior del talud, sin posibilidad de afectación por retrogresión.	No se esperan daños a causa de los movimientos en masa.	
2	Elementos ubicados sobre una ladera potencialmente inestable o potencialmente afectados por	Colapso o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión. Asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados con movimientos lentos; colapso de la estructura asociado con movimientos	Velocidad del movimiento Actividad del deslizamiento Cantidad de desplazamiento

ZONA	DESCRIPCIÓN	DAÑOS ESPERADOS	CRITERIO DE INTENSIDAD O MAGNITUD
	efectos de retrogresión.	rápidos.	Desplazamientos verticales
3	Elementos ubicados en la trayectoria del movimiento en masa o en la zona de depósito del material deslizado.	Daños localizados por impacto, colapso total, obstrucción, enterramiento, entre otros.	Velocidad del movimiento Distancia de viaje Presiones laterales Impactos (volúmenes y energía cinética) Alturas de acumulación de material
4	Elementos fuera del alcance del movimiento en masa y su área de depósito.	No se esperan daños debidos a los movimientos en masa.	

Fuente: (Guía, 2016)

Siguiendo la metodología desarrollada por Uzielli et al. (2008), Li et al. (2010) y Du et al. (2013), la vulnerabilidad es función de la fragilidad de las estructuras (denominada susceptibilidad en algunos documentos y resistencia en otros) y de la intensidad del evento amenazante. Se adoptó el modelo de Du et al. (2013) y Du et al. (2014), definido por la siguiente ecuación y representado gráficamente en la Figura 7.2.

$$V = \begin{cases} \frac{1}{2} \left(\frac{I}{1-S} \right)^2 & I \leq 1-S \\ 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{1-I}{S} \right)^2 & I > 1-S \end{cases}$$

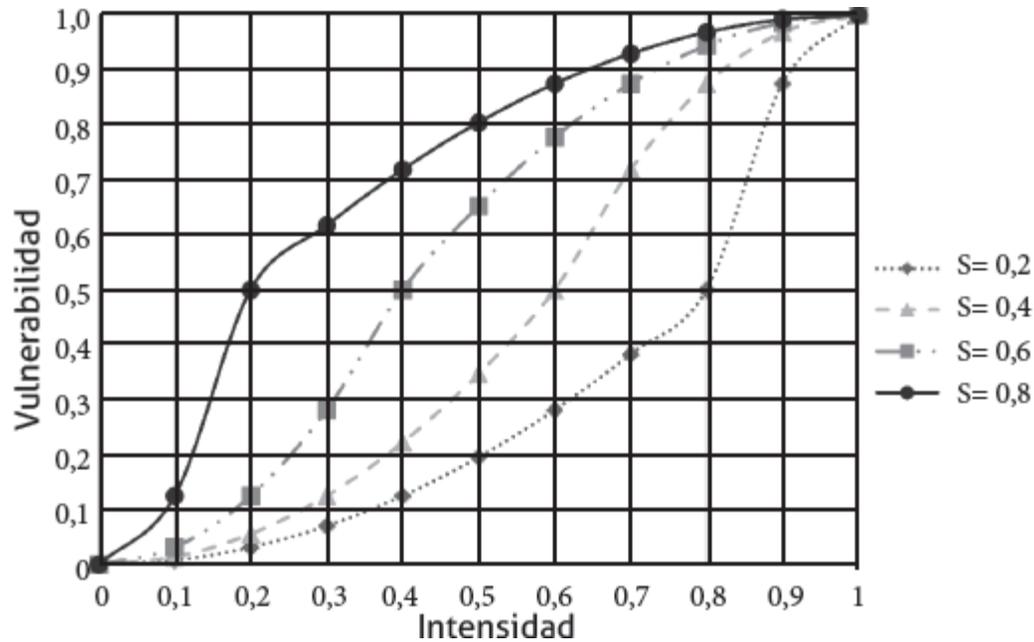


Figura 7.2 Vulnerabilidad en función de la intensidad y fragilidad

Se determinaron tres niveles de daño para edificaciones con fines de zonificación de la vulnerabilidad.

Para edificaciones, se tuvo presente los niveles de daño basados en Hazus (1999), Roca (2004), Mouroux et al. (2001), Vacareanu et al. (2004) y D’Ayala et al. (2013), ya que dichos valores numéricos de vulnerabilidad permiten definir cualitativamente los daños esperados para los elementos expuestos.

Con base en los valores de vulnerabilidad definidos, se desarrolla un mapa en el que se identifiquen y clasifiquen los elementos expuestos, de acuerdo con la clasificación de la vulnerabilidad correspondiente. La vulnerabilidad alta se identificará con color rojo, la vulnerabilidad media con color amarillo y la vulnerabilidad baja con color verde. (Ver Tabla 7.2 y Tabla 7.3)

Tabla 7.2 Clasificación de vulnerabilidad de edificios.

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	VALOR DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE DAÑO
ALTA	0,50-1,00	Total
MEDIA	0,10-0,50	Grave
BAJA	0,02-0,10	Moderado
	,00-0,02	Leve

Fuente: (Guía, 2016)

Tabla 7.3 Descripción de clasificación de la vulnerabilidad de edificios

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	EDIFICACIONES
ALTA	Colapso parcial o total de la estructura. Rotura de muros. Destrucción total de acabados y accesorios.
MEDIA	Grietas anchas y profundas. Plastificación local de los elementos estructurales. Posible colapso de elementos no estructurales. Daños en los muros. Daño grave de acabados.
BAJA	Grietas grandes y profundas. Daños graves en elementos no estructurales. Quiebre de ventanas. Entrada de material a la edificación. Daños en pisos.
	Grietas pequeñas. Despegues de pequeños pedazos de pañete, despegue de algunos ladrillos.

Fuente: (Guía, 2016)

La vulnerabilidad física de personas depende de factores relacionados con la intensidad de la amenaza y con la capacidad de respuesta y resistencia de los individuos. A causa de la complejidad y dinámica de la naturaleza humana, la vulnerabilidad de las personas cambia en el tiempo e involucra grandes incertidumbres que inciden directamente en el planteamiento de metodologías de evaluación basadas en el conocimiento experto y datos empíricos (Guía SGC, 2016). Para la realización del presente estudio, se tomó la vulnerabilidad física de personas en función de la vulnerabilidad física de las edificaciones, asociada como un factor de vulnerabilidad, con arreglo a relaciones empíricas como las que presentan Uzielli et al. (2008) y Nadim (2013). (Ver Tabla 7.4)

Tabla 7.4 Clasificación de la vulnerabilidad de personas

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	RANGO DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN
ALTA	0,5-1	Alta posibilidad de muerte o lesiones serias.
MEDIA	0,2-0,5	Alta posibilidad de lesiones moderadas, pero baja probabilidad de muertes.
BAJA	0-0,2	Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes.

Fuente: (Guía, 2016)

8. ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

A continuación, se presentan los diferentes mapas de vulnerabilidad para las diferentes amenazas. Es necesario cruzar con los mapas de amenaza para determinar el riesgo que existe en las zonas.

En la Figura 8.1 se observa la zonificación de la vulnerabilidad de edificaciones por inundación. La zona industrial de Ecopetrol se colocó por defecto como vulnerabilidad baja debido a la incertidumbre que hay en la fragilidad de los equipamiento y estructuras dentro de la planta de procesamiento de petróleo. Se desconoce cuáles son los valores reales asociados a la vulnerabilidad física de la compañía.

Las zonificaciones se vieron afectadas por la influencia de estructuras de mitigación. Por ejemplo, el dique construido cerca al barrio Coviba permite considerar que las intensidades de inundación serán mínimas cuando se presenten crecimientos

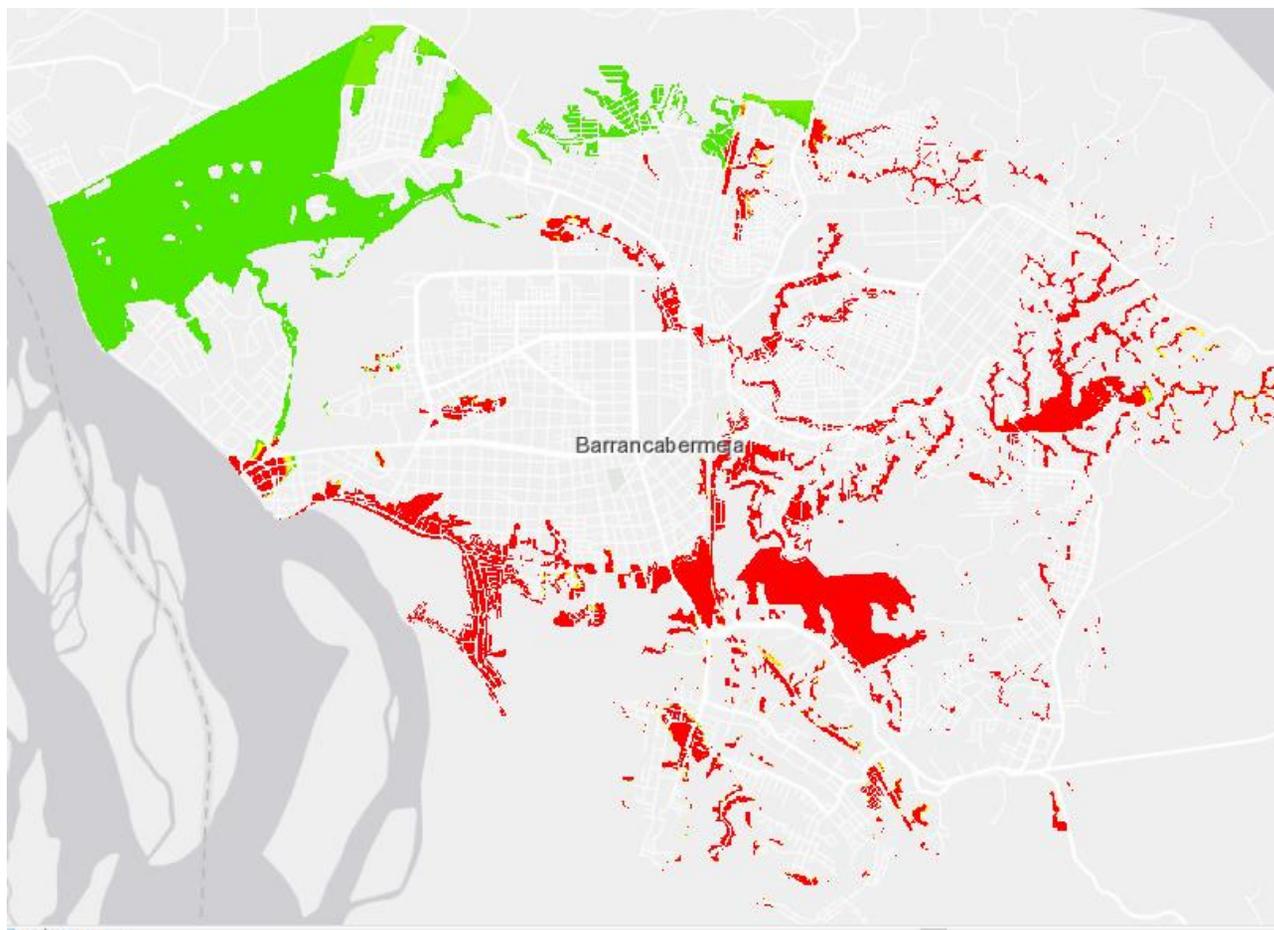


Figura 8.1 Vulnerabilidad de edificios por Inundación

La zonificación de vulnerabilidad de personas proviene de asociar las intensidades de inundación con la fragilidad de personas. Esta zonificación supone que no hay evacuación de personas durante la ocurrencia del escenario de inundación, es decir, la exposición permanece constante. Cuando se generan sistemas de alerta temprana que permiten evacuar oportunamente a la población, la vulnerabilidad de personas será bajo debido a la baja exposición de habitantes. Ver Figura 8.2

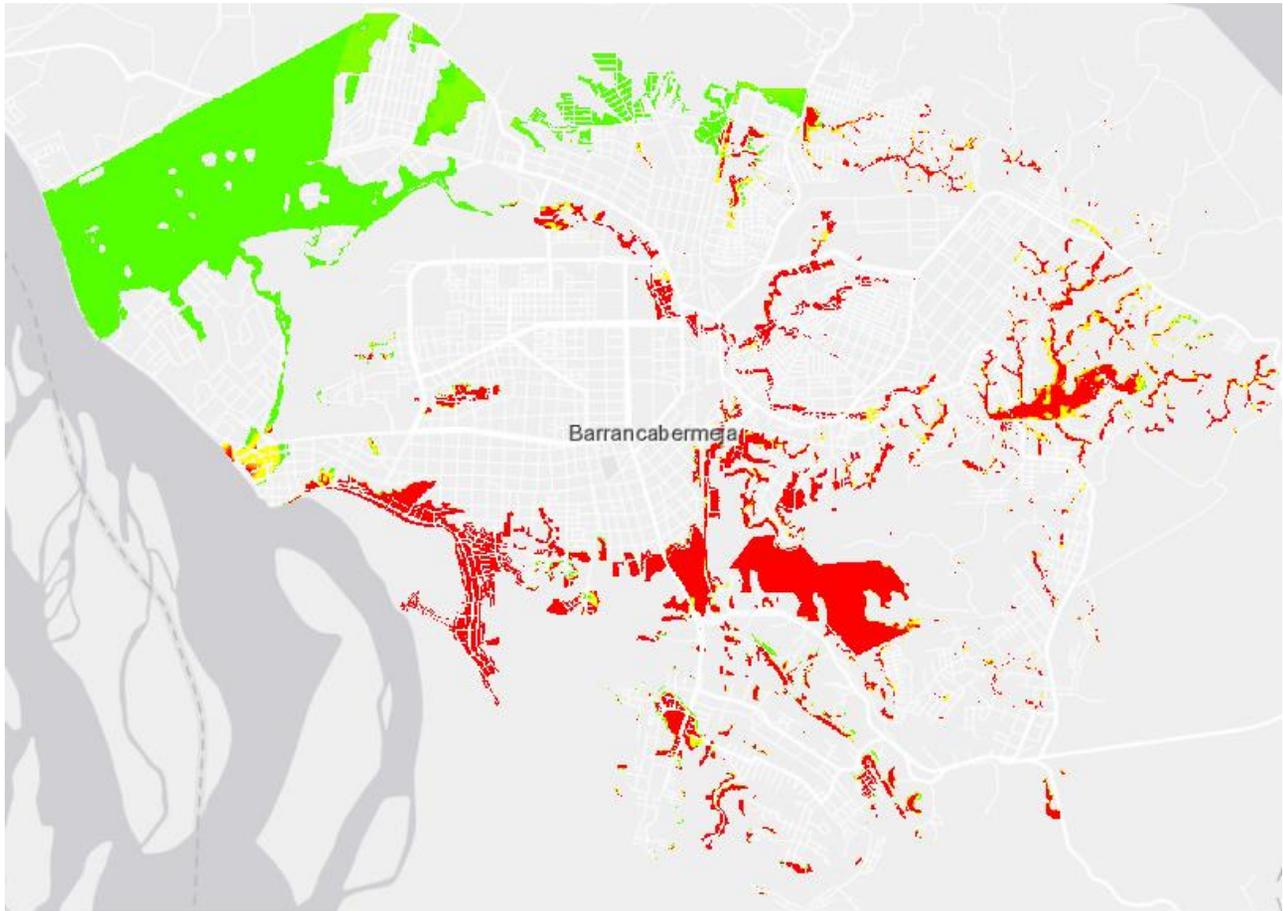


Figura 8.2 Vulnerabilidad de personas por Inundación.

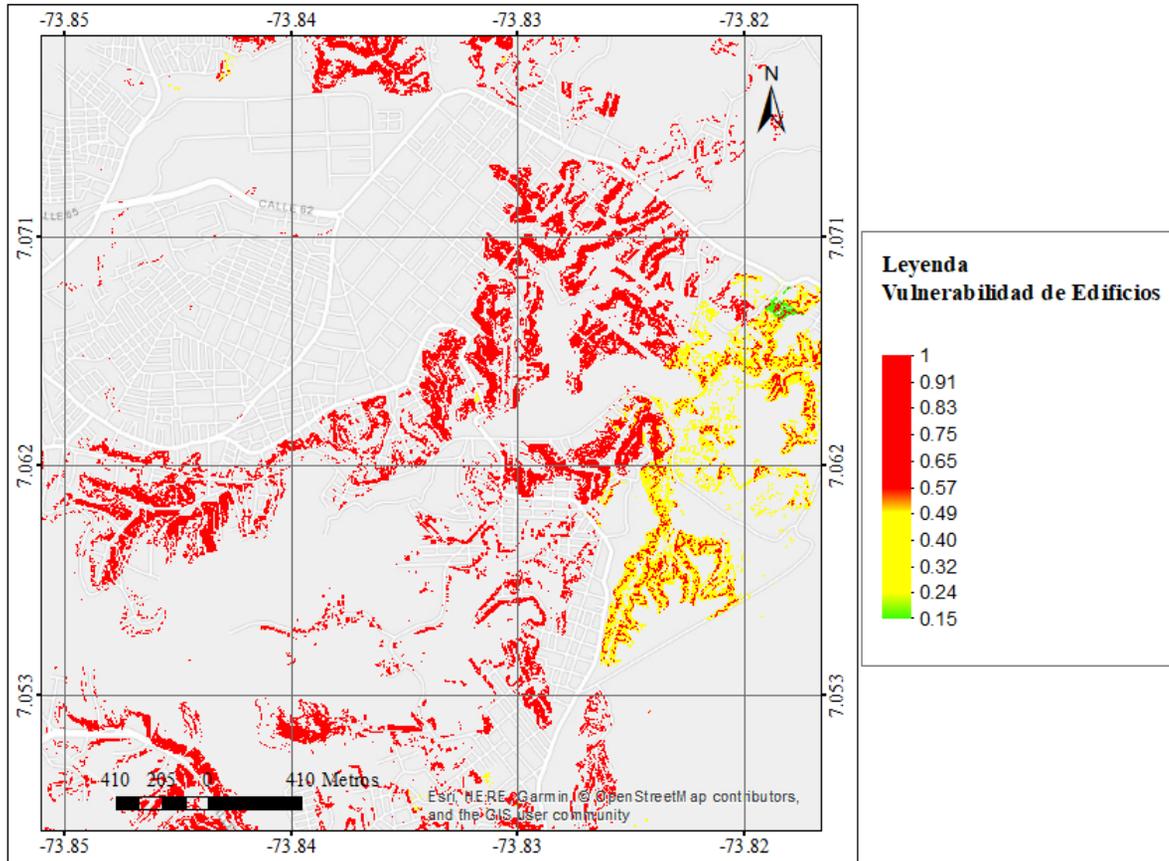


Figura 8.3 Vulnerabilidad de edificios por Movimientos en Masa

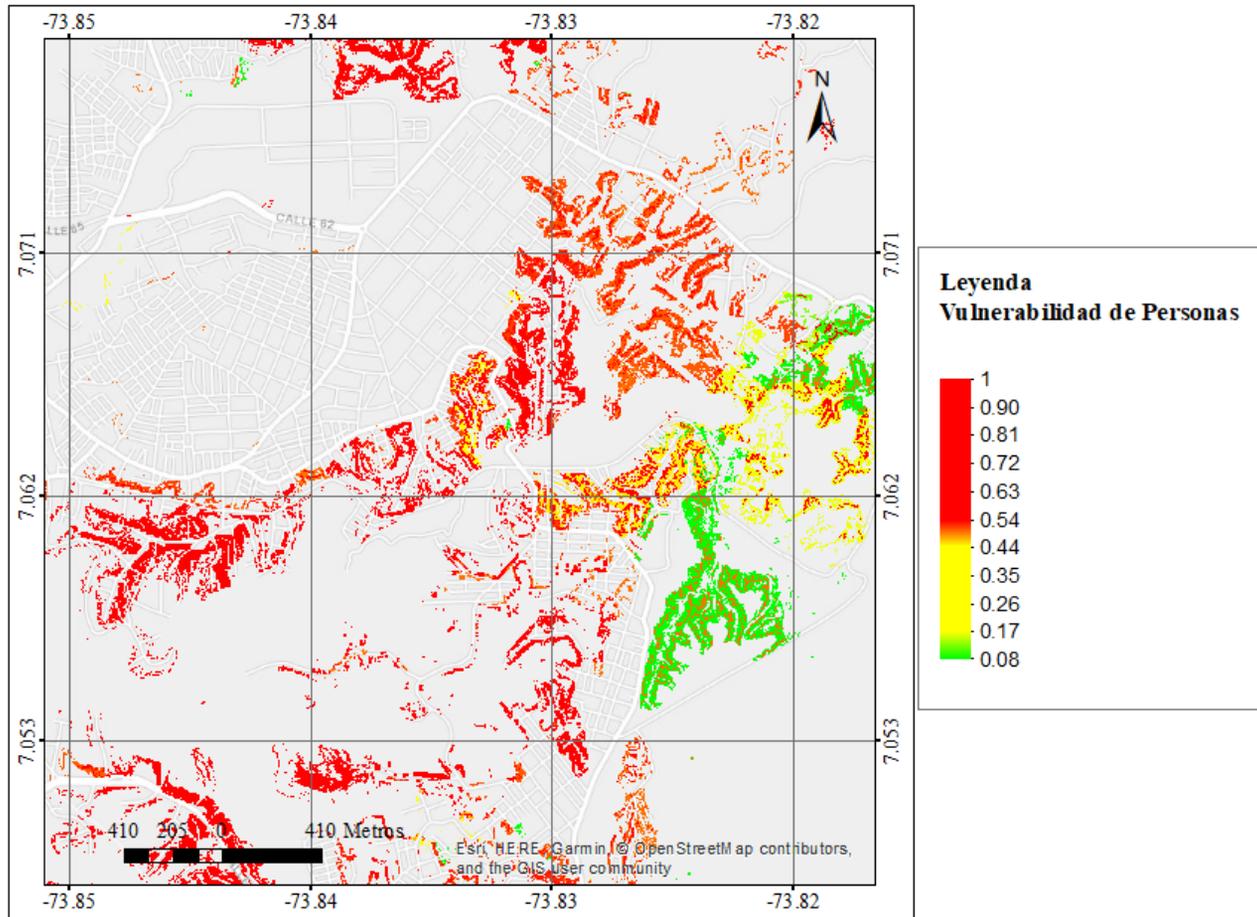


Figura 8.4 Vulnerabilidad de personas por Movimientos en masa

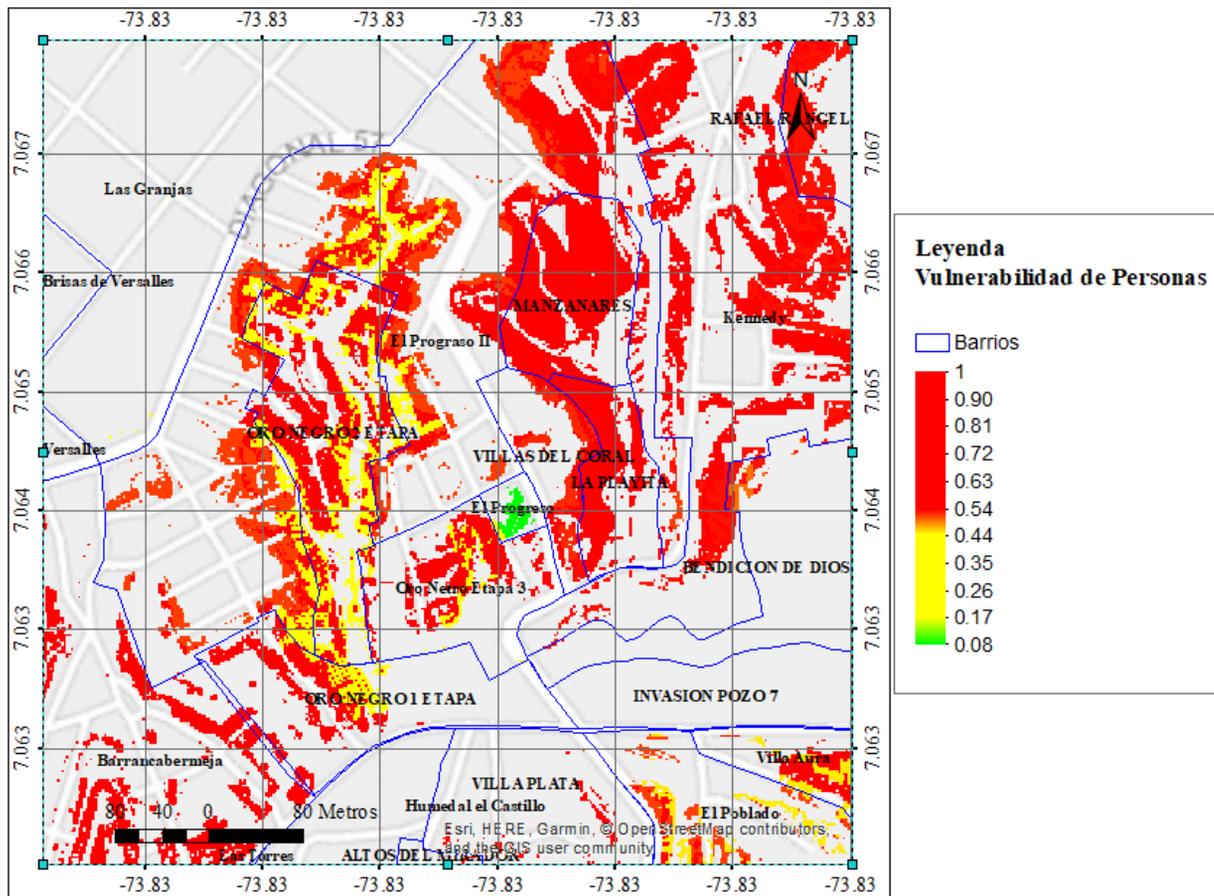


Figura 8.5 Vulnerabilidad de personas por Movimientos en masa (Escala 1:5000)

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se evidenció que en general el municipio presenta alta vulnerabilidad por inundación, debido a su cercanía a río Magdalena y a los diferentes cuerpos de agua que la rodean.
- Los mapas de zonificación son útiles para el tipo y concentración de las operaciones de rescate que podrían requerirse. Este estudio demuestra, por ejemplo, que los barrios como Arenales y la invasión Brisas del Río, habría un total de más de 1.200 edificaciones afectadas por inundación, además, considerando una población total en ambos barrios de 3.461 ocupantes, se estima que podría haber 346 víctimas entre mortales y heridos (Esto asumiendo un 10% de los ocupantes como víctimas según se mencionó en el capítulo de fragilidad de personas). De manera similar ocurriría en aquellos barrios donde se determinó vulnerabilidad alta.
- Las cifras de vulnerabilidad se pueden disminuir generando planes de preparación, prevención y mitigación.
- Los procedimientos hasta aquí indicados permiten definir unos valores numéricos de vulnerabilidad tanto física como de personas, los cuales se pueden plasmar en mapas que se cruzaran posteriormente con los mapas de amenaza para realizar el cálculo del riesgo.

- Las entidades competentes deben evaluar su capacidad de atención de desastres: La atención de salud, seguridad, alojamiento, equipos de rescate y maquinaria de remoción de escombros son algunos ejemplos.
- Los mapas de zonificación es la información base para que las entidades competentes en la atención de desastres analicen la necesidad de ampliar los centros de atención de salud, seguridad alimentaria, alojamiento temporal, asistencia social entre otros.
- La zonificación presentada tiene como supuesto que la exposición de edificaciones y personas permanece constante durante la ocurrencia de un evento. Cuando se generan sistemas de alerta temprana que permiten evacuar oportunamente a la población, la vulnerabilidad de personas será bajo debido a la baja exposición de habitantes.

10. REFERENCIAS

Gonzales, D. (2017). MODELO DE EXPOSICIÓN SÍSMICA DE VIVIENDAS DE MEDELLÍN Trabajo. Universidad EAFIT.

Yamin. L. E.; Ghesquiere, F.; Cardona, O. D.; Ordaz, M. G. 2013. Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre: el caso de Bogotá, Colombia. Banco Mundial, Universidad de los Andes.

Mauro Edwin Carvajal Gómez. (2016). Concepto del comportamiento Económico y Social.

Ghesquiere, F.; Mahul O. 2010. Financial Protection of the State Against Natural Disasters: A Primer. World Bank Research Working Paper 5429. Washington D. C.: Banco Mundial.

11. ANEXOS

Tabla 11.1 Zona homogénea **E1,2/A1/INV**

E1,2/A1/INV		
Tipología	# Niveles	% Edificios
D	1	20.0%
F	1	80.0%

Tabla 11.2 Zona homogénea **E1,2/A1/RES**

E1,2/A1/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	1	1.0%
B	2	0.4%
B	3	0.4%

E1,2/A1/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	4	0.2%
C	1	3.0%
C	2	2.0%
D	1	86.0%
D	2	4.0%
D	3	2.0%
F	1	1.0%

Tabla 11.3 Zona homogénea **E3,4/A2/RES**

E3,4/A2/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
A	2	0.5%
B	1	0.5%
B	2	1.0%
B	3	3.0%
B	4	2.0%
B	5	2.0%
B	6	1.0%
B	7	0.0%
B	8	0.4%
B	9	0.4%
B	10	0.4%
B	11	0.3%
B	12	0.1%
B	13	0.1%
B	14	0.1%
B	15	0.1%
C	1	8.0%
C	2	22.0%
D	1	32.0%
D	2	25.0%
D	3	1.1%

Tabla 11.4 Zona homogénea **E5,6/A1/RES**

E5,6/A1/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	1	10.0%
B	2	5.0%
C	1	80.0%
C	2	5.0%

Tabla 11.5 Zona homogénea **E3,4/A2/MIX**

E3,4/A2/MIX		
Tipología	# Niveles	% Edificios
A	2	1.0%
B	1	2.0%
B	2	3.0%
B	3	8.0%
B	4	3.0%
B	5	2.0%
B	6	1.0%
B	7	0.0%
D	1	58.5%
D	2	15.0%
D	3	4.0%
D	4	1.0%
B	8	0.6%
B	9	0.4%
B	10	0.3%
B	11	0.2%

Tabla 11.6 Zona homogénea **E1,2/A1/OTRO**

E1,2/A1/OTRO		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	1	3.0%
B	2	4.0%
B	3	8.0%
B	4	3.0%
B	5	2.0%
B	6	1.0%
D	1	59.0%
D	2	15.0%
D	3	3.0%
D	2	1.0%
D	4	1.0%

Tabla 11.7 Zona homogénea **E1,2/A1/MIX**

E1,2/A1/MIX		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	1	0.70%
B	2	0.40%
B	3	1.70%
B	4	0.20%
C	1	18.00%
C	2	5.00%
D	1	69.00%
D	2	4.00%
F	1	1.00%

Tabla 11.8 Zona homogénea **E3,4/A1/RES**

E3,4/A1/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	1	1.0%
B	2	1.0%

E3,4/A1/RES		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	3	1.0%
B	4	0.4%
B	5	0.3%
B	6	0.3%
C	1	30.0%
C	2	5.0%
D	1	56.0%
D	2	5.0%

Tabla 11.9 Zona homogénea **E1,2/A1/VIS**

E1,2/A1/VIS		
Tipología	# Niveles	% Edificios
B	1	69.0%
C	1	19.0%
C	2	5.0%
D	1	5.0%
D	2	1.0%
F	1	1.0%

Tabla 11.10 Zona homogénea **AT1**

AT1		
Tipología	# Niveles	% Edificios
C	2	95%
C	1	5%