

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N° 0205 DE 2017  
CVC – UNIVALLE  
MUNICIPIOS DE BOLÍVAR, ROLDANILLO Y VERSALLES**



Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación por inundación y movimientos en masa  
de la zona urbana del Municipio de Versalles Valle del Cauca  
INFORME FINAL



Santiago de Cali, Octubre del 2018



CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N°0205  
CVC – UNIVALLE  
MUNICIPIOS DE BOLIVAR, ROLDANILLO Y VERSALLES





## PRESENTACIÓN

Para la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, es una gran satisfacción aportar a los municipios de Bolívar, Roldanillo y Versalles, la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación o daño en el componente urbano municipal, en cumplimiento de la función dada por la Ley 1523 de 2012 sobre el apoyo a los municipios en el conocimiento del riesgo.

Conocedores de la importancia y responsabilidad que reviste abordar el tema del conocimiento de las amenazas y los riesgos, la CVC llevó a cabo una alianza con el Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente, OSSO, adscrito a la Universidad del Valle, con el fin de obtener los mejores resultados en estas evaluaciones. De igual forma, es necesario reconocer el aporte, contribución y compromiso de las administraciones municipales y sus propios habitantes, a lo largo de la ejecución de este estudio. Otro objetivo es fortalecer el conocimiento que tenemos de nuestro entorno para tener certeza y articular una adecuada planificación y ocupación de nuestros territorios.

Los estudios entregados son parte fundamental de la información que se requiere para que cada municipio formule su Ordenamiento Territorial de segunda generación y son evaluaciones que dan soporte para la reducción y la elaboración de planes de emergencia y contingencia.

La presente evaluación de las amenazas y riesgos deben estructuralmente permitirle al municipio reglamentar el uso del suelo en el componente urbano, de tal manera que, como lo define la política de gestión del riesgo y en esencia la constitución colombiana, se logre avanzar hacia un desarrollo sostenible, que ofrezca seguridad para la vida de los habitantes, sus bienes y medios de subsistencia, así como a toda la infraestructura del municipio.

Finalmente, la CVC con estas evaluaciones, a través de la Universidad, espera contribuir en la formación y fortalecimiento de la capacidad profesional de la región en este tipo de estudios.

**Rubén Darío Materon Muñoz**  
Director General  
CVC



## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y la Dirección Ambiental Regional BRUT, a la Secretaria de Planeación y la Secretaria de Gobierno de la Administración Municipal por la información suministrada y el acompañamiento durante las salidas de campo por parte de sus técnicos en el área de estudio, al Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Versalles y a la Defensa Civil por la información de los reportes de las minutas, a la comunidad en general por permitirnos acceder a sus hogares. De igual manera se agradece a cada una de las entidades que de una u otra manera puso a disposición la información necesaria para adelantar la recopilación de los reportes de eventos históricos de inundación y movimientos en masa de la zona urbana del municipio en el marco del Convenio Interadministrativo N°0205 de 2017 entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC y La Universidad de Valle, el cual tiene como objeto *“Aunar Esfuerzos Técnicos y Recursos Económicos para la Elaboración de los Estudios de Zonificación de Amenaza y Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación para las Áreas Urbanas de los Municipios de Bolívar, Versalles y Roldanillo en el Valle del Cauca”*.



## **CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC**

### **DIRECTIVOS**

**RUBÉN DARÍO MATERÓN MUÑOZ**

Director General

**MARÍA CRISTINA VALENCIA RODRÍGUEZ**

Secretaria General (C)

**HÉCTOR FABIO ARISTIZABAL RODRIGUEZ**

Director Técnico Ambiental (C)

**PAULA ANDREA SOTO QUINTERO**

Directora Territorial – Dirección Ambiental Regional BRUT

### **SUPERVISIÓN**

**YUNCELY GIMENA BASTIDAS B**

Ingeniería Civil

Especialista en Diseño Estructural

Líder del proyecto 5001

**ARELIX ANDREA ORDOÑEZ FRANCO**

Ingeniería Ambiental

Supervisora del Convenio Interadministrativo N° 0205 de 2017 CVC-Univalle

### **EQUIPO TÉCNICO**

**OMAR ALBERTO CHAVES M**

Ingeniero Civil

**ALEJANDRA MARÍA GÓMEZ**

Ingeniera Civil

Doctora (Ph. D.) en Geotecnia

**MARÍA VICTORIA CROSS GARCÉS**

Ingeniera Agrónoma

Especialización en Educación Ambiental



## UNIVERSIDAD DEL VALLE

### DIRECTIVOS

#### **EDAGAR VARELA BARRIOS**

Rector

#### **LILIANA ARIAS CASTILLO**

Vicerrectora Académica

#### **CLAUDIA SANTAMARÍA GAITÁN**

Vicerrector de Bienestar Universitario

#### **ANTONIO JOSÉ ECHEVERRY PÉREZ**

Secretario General

#### **INÉS MARÍA ULLOA VILLEGAS**

Vicerrectora Administrativa

#### **JAIME RICARDO CANTERA KINTZ**

Vicerrector de Investigación

#### **GLADYS STELLA LÓPEZ JIMÉNEZ**

Decana - Facultad de Humanidades

### EQUIPO TÉCNICO

#### **ELKIN DE JESÚS SALCEDO HURTADO**

Director - Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente Colombiano - OSSO

Doctor (Ph. D.) en Física-Matemáticas

#### **GRUPO DE VULNERABILIDAD**

##### **Jorge Andrés Vélez Correa**

Doctor (C) en Ciencias Ambientales  
Coordinador

##### **Alba Nidia Castaño Castaño**

Geógrafa.  
Est. M.Sc en Desarrollo Sustentable

##### **Yeli Ceidy Castillo González**

Geógrafa  
Est. M.c en Políticas Públicas

##### **Karen Andrea Sánchez Estupiñan**

Geógrafa

##### **David Arango Londoño**

M.Sc en Economía Aplicada  
Consultor

##### **Iliana Hernández Meneses**

Estadística

##### **Dayana Sofia Tejada**

Est. Economía

#### **GRUPO DE CARTOGRAFÍA Y SIG**

##### **Jhon Jairo Barona**

Doctor en Ing Geográfica  
Coordinador

##### **Danny Alexander Cocuñame Ricardo**

Geógrafo

##### **Vanessa García Cardona**

Ing. Topográfica

##### **María Camila Pomeo**

Est. Ingeniería Topográfica

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	34
1. VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	36
1.1 CONCEPTOS BÁSICOS.....	36
1.1.1 VULNERABILIDAD .....	36
1.1.2 EXPOSICIÓN .....	37
1.1.3 FRAGILIDAD.....	37
1.1.4 INTENSIDAD – TIPOS Y MODOS DE DAÑOS .....	38
2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD .....	38
2.1 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES .....	39
2.2 ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD.....	39
2.2.1 EXPOSICIÓN .....	39
2.2.2 <i>FRAGILIDAD</i> .....	44
2.2.2.1 INTENSIDAD.....	44
2.2.2.2 FACTOR DE SEGURIDAD (FACTOR DE RESISTENCIA).....	46
2.3 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	50
3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA .....	52
3.1 ANANLISIS DE LA PRESIÓN DE IMPACTO .....	52
3.2 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA.....	57
3.2.1 EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	57
3.2.2 EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS CORPORALES (POBLACIÓN) .....	58
3.2.3 EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	62
3.2.4 EXPOSICIÓN DE LÍNEAS VITALES .....	70
3.2.5 FACTOR DE RESISTENCIA (FACTOR DE SEGURIDAD) ELEMENTOS EXPUESTOS.....	76
3.2.5.1 FACTOR DE RESISTENCIA CORPORAL .....	76
3.2.5.2 FACTOR DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL .....	80
3.3 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	87
3.3.1 VULNERABILIDAD CORPORAL (POBLACIÓN) .....	87
3.3.2 VULNERABILIDAD EN LAS EDIFICACIONES .....	89
4. ESCENARIO DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	91
4.1 AFECTACIÓN CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA .....	91
4.2 AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE EL FENÓMENO DE MOVIMIENTOS EN MASA.....	93
4.3 AFECTACIÓN TOTAL ANTE EL FENÓMENO DE MOVIMIENTOS EN MASA ....	96
4.4 ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	98
4.4.1 ZONAS DE ALTO RIESGO MITIGABLE Y NO MITIGABLE .....	98
5. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES.....	101

5.1	PRESIÓN DE IMPACTO ANTE INUNDACIONES.....	101
5.2	IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	103
5.2.1	EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	103
5.2.1.1	EXPOSICIÓN CORPORAL (POBLACIÓN).....	106
5.2.1.2	EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES (EDIFICACIÓN).....	110
5.2.1.3	EXPOSICIÓN DE LÍNEAS VITALES .....	118
5.2.2	FACTOR DE RESISTENCIA (FACTOR DE SEGURIDAD) DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS .....	123
5.2.2.1	FACTOR DE RESISTENCIA DE LOS ELEMENTOS CORPORAL .....	123
5.2.2.2	FACTOR DE RESISTENCIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES ANTE INUNDACIÓN.....	127
5.3	CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD PARA EL ESCENARIO DE INUNDACIÓN .....	132
5.3.1	VULNERABILIDAD CORPORAL (POBLACIÓN) .....	132
5.3.2	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PARA EL ESCENARIO DE INUNDACIÓN .....	134
6.	ESCENARIO DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	136
6.1	AFECTACIÓN CORPORAL ANTE INUNDACIONES.....	136
6.2	AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIONES .....	139
6.3	ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR INUNDACIÓN MUNICIPIO DE VERSALLES.....	141
6.3.1	ZONAS DE ALTO RIESGO MITIGABLE Y NO MITIGABLE .....	141
7.	CALCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONOMICAS ANTE LOS ESCENARIOS DE INUNDACIÓN Y MOVIMIENTOS EN MASA EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	144
7.1	CÁLCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICA POR INUNDACIONES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	145
7.1.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS EN AMENAZA ALTA Y MEDIA ANTE EL ESCENARIO DE INUNDACIÓN.....	145
7.1.1.1	EDIFICACIONES .....	145
7.1.1.2	EDIFICACIONES ESENCIALES .....	146
7.1.2	INFRAESTRUCTURA SOCIAL.....	146
7.1.2.1	TIPIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y EL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS .....	147
7.1.2.2	CONTENIDO (ELECTRODOMÉSTICOS Y MOBILIARIO).....	148
7.1.2.3	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS .....	149
7.1.2.4	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LA VIVIENDA .....	150
7.1.2.5	ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑO DE LAS VIVIENDAS DE ACUERDO A LA ALTURA Y LA VELOCIDAD DEL AGUA EN LA INUNDACIÓN. ....	150
7.1.2.6	COSTO TOTAL POR EL DAÑO EN VIVIENDAS .....	151
7.1.3	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEL HOGAR GERIÁTRICO SANTA ISABEL .....	152
7.1.3.1	ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL CONTENIDO DEL HOGAR GERIÁTRICO SANTA ISABEL.....	152
7.1.3.2	ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA ESTRUCTURA DEL HOGAR GERIÁTRICO SANTA ISABEL ..	152
7.1.3.3	COSTO TOTAL POR DAÑO EN HOGAR GERIÁTRICO SANTA ISABEL .....	153
7.1.3.4	COSTO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL .....	153
7.1.4	IMPACTO SOBRE LA SALUD: .....	153
7.1.4.1	POSIBLES COSTOS POR AFECTACIONES EN SALUD EN CASO DE ENFERMEDAD VECTORIAL DENGUE	153



7.1.5	ASISTENCIA GUBERNAMENTAL.....	154
7.1.5.1	POSIBLES COSTOS POR ASISTENCIA DEL GOBIERNO A DAMNIFICADOS .....	154
7.1.6	INFRAESTRUCTURA VIAL .....	155
7.1.6.1	COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL.....	155
7.1.7	LÍNEAS VITALES .....	156
7.1.7.1	AFECTACIONES EN TUBERÍAS DE GASES .....	157
7.1.7.2	COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN RED DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.....	157
7.1.8	COSTOS TOTALES GENERADOS POR LAS INUNDACIONES.....	158
7.2	CALCULO DE PÉRDIDAS PARA EL ESCENARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	160
7.2.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS EN ZONAS DE AMENAZA ANTE MOVIMIENTO EN MASA .....	160
7.2.1.1	EDIFICACIONES .....	160
7.2.2	INFRAESTRUCTURA SOCIAL.....	161
7.2.2.1	VIVIENDAS .....	161
7.2.2.2	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS .....	163
7.2.2.3	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LA VIVIENDA .....	164
7.2.2.4	ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑO DE LAS VIVIENDAS DE ACUERDO A LA INTENSIDAD Y LA MAGNITUD DEL MOVIMIENTO EN MASA.....	164
7.2.2.5	COSTO TOTAL POR EL DAÑO EN VIVIENDAS .....	165
7.2.3	ASISTENCIA GUBERNAMENTAL.....	165
7.2.3.1	POSIBLES COSTOS POR ASISTENCIA DEL GOBIERNO A DAMNIFICADOS .....	166
7.2.3.2	ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL POR ASISTENCIA A DAMNIFICADOS .....	166
7.2.4	INFRAESTRUCTURA VIAL .....	167
7.2.4.1	AFECTACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL.....	167
7.2.5	LÍNEAS VITALES .....	168
7.2.5.1	COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN TUBERÍAS DE GASES .....	168
7.2.5.2	COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN RED DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.....	169
7.2.6	COSTOS TOTALES GENERADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA .....	170
	CONCLUSIONES .....	172
	RECOMENDACIONES .....	173
	REFERENCIAS .....	175

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 2.1.</b> ZONAS Y VALORES DE EXPOSICIÓN PARA EL FENÓMENO DE MOVIMIENTO EN MASA. ....	40
<b>TABLA 2.2.</b> CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN ANTE MOVIMIENTO EN MASA EN SEIS PERFILES DEL MUNICIPIO DE VERSALLES VALLE DEL CAUCA. ....	43
<b>TABLA 2.3.</b> ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE INUNDACIONES. ....	44
<b>TABLA 2.4.</b> LÍMITE DE PRESIÓN HORIZONTAL DE LAS ESTRUCTURAS. ....	45
<b>TABLA 2.5.</b> FACTOR DE SEGURIDAD POR TIPOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS. ....	47
<b>TABLA 2.6.</b> FACTOR DE SEGURIDAD POR ALTURA DE LAS ESTRUCTURAS. ....	47
<b>TABLA 2.7.</b> FACTOR DE SEGURIDAD POR LA EDAD DE LAS ESTRUCTURAS. ....	48
<b>TABLA 2.8.</b> VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS. ....	48
<b>TABLA 2.9.</b> ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS. ....	48
<b>TABLA 2.10.</b> CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD PARA ESTRUCTURAS. ....	51
<b>TABLA 2.11.</b> CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD PARA PERSONAS. ....	51
<b>TABLA 3.1.</b> ZONAS Y VALORES DE EXPOSICIÓN PARA EL FENÓMENO DE MOVIMIENTO EN MASA. ....	53
<b>TABLA 3.2.</b> CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	55
<b>TABLA 3.3.</b> INSUMOS PARA EL CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	56
<b>TABLA 3.4.</b> DETERMINACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS ACORDE CON LA INTENSIDAD Y MAGNITUD DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA. ....	58
<b>TABLA 3.5.</b> EDAD DE LA POBLACIÓN EXPUESTA POR MOVIMIENTOS EN MASA, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	59
<b>TABLA 3.6.</b> PERSONAS CON ALGUNA LIMITACIÓN FÍSICA EXPUESTA A LA AMENAZA ALTA Y MEDIA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	60
<b>TABLA 3.7.</b> USO DE LA EDIFICACIÓN EXPUESTA ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN ZONA DE AMENAZA ALTA Y MEDIA EN EL ÁREA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	63
<b>TABLA 3.8.</b> TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN. ....	64
<b>TABLA 3.9.</b> EDIFICACIONES EN AMENAZA ALTA Y MEDIA SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LAS CONSTRUCCIONES. ....	65
<b>TABLA 3.10.</b> ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTOS EN MASA, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	66
<b>TABLA 3.11.</b> EDAD DE LAS CONSTRUCCIONES EXPUESTAS ANTE LA AMENAZA ALTA Y MEDIA POR MOVIMIENTO EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	67
<b>TABLA 3.12.</b> NÚMERO DE PISOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MM, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	68
<b>TABLA 3.13.</b> LÍNEAS VITALES EXPUESTAS AL FENÓMENO DE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	70
<b>TABLA 3.14.</b> FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN POR EDAD EXPUESTA A MOVIMIENTOS EN MASA EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	76
<b>TABLA 3.15.</b> FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES EXPUESTA ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	77

<b>TABLA 3.16.</b> FACTOR DE RESISTENCIA POR TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN EN AMENAZA ALTA Y MEDIA EN EL ÁREA URBANA DE VERSALLES.....	81
<b>TABLA 3.17.</b> FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL ESTADO DE LAS EDIFICACIONES CON BASE AL FENÓMENO DE MOVIMIENTOS EN MASA EN ZONAS DE AMENAZA ALTA Y MEDIA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	82
<b>TABLA 3.18.</b> FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA EDAD DE LA EDIFICACIÓN FRENTE A MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	83
<b>TABLA 3.19.</b> FACTOR DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL CON RELACIÓN AL USO DE LA EDIFICACIÓN .	84
<b>TABLA 3.20.</b> VULNERABILIDAD CORPORAL POR ÁREA DE MANZANAS DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	87
<b>TABLA 3.21.</b> VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PREDIAL EN M2 DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	89
<b>TABLA 4.1.</b> AFECTACIÓN CORPORAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	91
<b>TABLA 4.2.</b> AFECTACIÓN ESTRUCTURA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	93
<b>TABLA 4.3.</b> AFECTACIÓN TOTAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	96
<b>TABLA 4.4.</b> NIVEL DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	98
<b>TABLA 5.1.</b> DETERMINACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS ACORDE CON LA INTENSIDAD Y MAGNITUD DE LAS INUNDACIONES .....	104
<b>TABLA 5.2.</b> EDAD DE LA POBLACIÓN EXPUESTA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	106
<b>TABLA 5.3.</b> NÚMERO DE PERSONAS CON O SIN LIMITACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	107
<b>TABLA 5.4.</b> NÚMERO DE EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	110
<b>TABLA 5.5.</b> USO DE LOS ELEMENTOS EXPUESTO ANTE EL EVENTO DE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	111
<b>TABLA 5.6.</b> TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN .....	112
<b>TABLA 5.7.</b> TIPO DE EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	112
<b>TABLA 5.8.</b> ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	113
<b>TABLA 5.9.</b> NÚMERO DE PISOS DE LAS ESTRUCTURAS EXPUESTAS ANTE LAS INUNDACIONES .....	114
<b>TABLA 5.10.</b> EDAD DE LAS CONSTRUCCIONES EXPUESTAS ANTE EL FENÓMENO DE INUNDACIÓN..	115
<b>TABLA 5.11.</b> LÍNEAS VITALES EXPUESTAS ANTE INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	118
<b>TABLA 5.12.</b> FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN POR EDAD EXPUESTA POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	123
<b>TABLA 5.13.</b> FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES EXPUESTA ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	124

<b>TABLA 5.14.</b> EL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	127
<b>TABLA 5.15.</b> FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	128
<b>TABLA 5.16.</b> FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA EDAD DE LA EDIFICACIÓN EXPUESTA FRENTE A INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	129
<b>TABLA 5.17.</b> NÚMERO DE PISOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	130
<b>TABLA 5.18.</b> VULNERABILIDAD CORPORAL POR ÁREA DE MANZANAS DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	132
<b>TABLA 5.19.</b> VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PREDIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	134
<b>TABLA 6.1.</b> AFECTACIÓN CORPORAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	136
<b>TABLA 6.2.</b> AFECTACIÓN ESTRUCTURAL POR ÁREA EN METROS CUADRADOS ANTE EL EVENTO DE INUNDACIÓN .....	139
<b>TABLA 6.3.</b> NIVELES DE AFECTACIÓN ALTO MITIGABLE Y NO MITIGABLE Y PORCENTAJE DE ÁREAS ANTE EL EVENTO DE INUNDACIÓN EN EL CASCO URBANO DE VERSALLES .....	142
<b>TABLA 7.1.</b> CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS ANTE INUNDACIONES AMENAZA MEDIA Y ALTA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	145
<b>TABLA 7.2.</b> VALOR APROXIMADO DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS .....	150
<b>TABLA 7.3.</b> ÁREA (M2) TOTAL CONSTRUIDA Y COSTO TOTAL APROXIMADO DE VIVIENDAS EN AMENAZA ALTA Y MEDIA .....	150
<b>TABLA 7.4.</b> PORCENTAJES DE DAÑO PARA EL CONTENIDO Y LA ESTRUCTURA PARA INFRAESTRUCTURA SOCIAL (COMO VIVIENDA, CENTRO EDUCATIVO, HOSPITAL, HOGAR GERIÁTRICO) SEGÚN EL TIRANTE DE AGUA .....	151
<b>TABLA 7.5.</b> COSTO TOTAL POR DAÑOS EN CONTENIDO Y ESTRUCTURA EN VIVIENDAS, SEGÚN NIVEL AMENAZA.....	151
<b>TABLA 7.6.</b> COSTO TOTAL EN VIVIENDAS, SEGÚN NIVEL AMENAZA. ....	151
<b>TABLA 7.7.</b> VALOR CONTENIDO DEL HOGAR GERIÁTRICO SANTA ISABEL.....	152
<b>TABLA 7.8.</b> ÁREA Y PRECIO ESTIMADA DEL HOGAR GERIÁTRICO SANTA ISABEL.....	152
<b>TABLA 7.9.</b> PORCENTAJES Y DAÑOS ESTIMADOS DEL DEL HOGAR GERIÁTRICO SANTA ISABEL.....	153
<b>TABLA 7.10.</b> COSTOS TOTALES DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL .....	153
<b>TABLA 7.11.</b> COSTO TOTAL POR PERSONAS CONTAGIADAS CON DENGUE Y DENGUE GRAVE EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	154
<b>TABLA 7.12.</b> MONTOS DESIGNADOS POR EL GOBIERNO NACIONAL PARA ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO A DAMNIFICADOS DURANTE SITUACIONES DE DESASTRES. ....	155
<b>TABLA 7.13.</b> COSTOS POR ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO POR CADA FAMILIA POSIBLEMENTE AFECTADA ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	155
<b>TABLA 7.14.</b> COSTO POR MANTENIMIENTO, MEJORAMIENTO Y LIMPIEZA VIAL DE KM DE VÍA .....	156

<b>TABLA 7.15.</b> COSTOS DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	156
<b>TABLA 7.16.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE GASES POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	157
<b>TABLA 7.17.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE GASES POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	157
<b>TABLA 7.18.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN. ....	158
<b>TABLA 7.19.</b> COSTOS TOTALES DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN. ....	158
<b>TABLA 7.20.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ACUEDUCTO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	158
<b>TABLA 7.21.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ACUEDUCTO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	158
<b>TABLA 7.22.</b> COSTOS TOTALES GENERADOS POR LAS INUNDACIONES .....	159
<b>TABLA 7.23.</b> CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EXPUESTOS AL ESCENARIO DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN AMENAZA ALTA Y MEDIA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	161
<b>TABLA 7.24.</b> VALOR APROXIMADO DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS .....	162
<b>TABLA 7.25.</b> VALOR APROXIMADO DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS .....	164
<b>TABLA 7.26.</b> ÁREA (M <sup>2</sup> ) TOTAL CONSTRUIDA Y COSTO TOTAL APROXIMADO DE VIVIENDAS EN AMENAZA ALTA Y MEDIA .....	164
<b>TABLA 7.27.</b> PORCENTAJES DE DAÑO PARA EL CONTENIDO Y LA ESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA, SEGÚN LA INTENSIDAD Y LA MAGNITUD DEL MOVIMIENTO EN MASA. ....	165
<b>TABLA 7.28.</b> COSTO TOTAL DE POR DAÑOS EN CONTENIDO Y ESTRUCTURA EN VIVIENDAS, SEGÚN NIVEL DE AMENAZA. ....	165
<b>TABLA 7.29.</b> MONTOS DESIGNADOS POR EL GOBIERNO NACIONAL PARA ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO A DAMNIFICADOS DURANTE SITUACIONES DE DESASTRES. ....	166
<b>TABLA 7.30.</b> COSTOS POR ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO POR CADA FAMILIA POSIBLEMENTE AFECTADA ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA. ....	166
<b>TABLA 7.31.</b> COSTO TOTAL POR POSIBLE ASISTENCIA A DAMNIFICADOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA .....	167
<b>TABLA 7.32.</b> COSTO TOTAL POR POSIBLES PÉRDIDAS EN VÍAS ANTE ESCENARIO DE AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA. ....	168
<b>TABLA 7.33.</b> COSTOS DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA. ....	168
<b>TABLA 7.34.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE GASES POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	169
<b>TABLA 7.35.</b> COSTOS TOTALES POR AFECTACIONES EN TUBERÍAS DE GAS .....	169

<b>TABLA 7.36.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	169
TABLA 7.37. COSTOS TOTALES DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA .....	170
<b>TABLA 7.38</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ACUEDUCTO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	170
<b>TABLA 7.39.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ACUEDUCTO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA. ....	170
<b>TABLA 7.40.</b> COSTOS TOTALES POR POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR ESCENARIO DE MOVIMIENTO EN MASA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	171

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 2.1.</b> ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA. ....	40
<b>FIGURA 2.2.</b> ZONAS DE EXPOSICIÓN PARA PERFILES GEOLÓGICOS- GEOTÉCNICOS DEL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES, VALLE DEL CAUCA. ....	43
<b>FIGURA 2.3.</b> ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE INUNDACIONES.....	43
<b>FIGURA 3.1.</b> ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA. ....	54
<b>FIGURA 3.2.</b> MODELO GEOLOGICO – GEOTECNICO DEL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	55
<b>FIGURA 3.3.</b> PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO C’- C, BARRIO FUNDADORES ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	57
<b>FIGURA 3.4.</b> POBLACIÓN EXPUESTA A MOVIMIENTOS EN MASA, POR RANGO DE EDAD Y NIVEL DE AMENAZA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES....	59
<b>FIGURA 3.5.</b> POBLACIÓN QUE PRESENTA O NO LIMITACIONES PERSONALES EXPUESTAS A MOVIMIENTOS EN MASA, SEGÚN EL NIVEL DE AMENAZA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	60
<b>FIGURA 3.6.</b> MAPA DE EXPOSICIÓN CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	61
<b>FIGURA 3.7.</b> DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS PREDIOS EXPUESTOS A MOVIMIENTO EN MASA, EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	62
<b>FIGURA 3.9.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA SEGÚN EL USO Y EL TIPO DE AMENAZA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	63
<b>FIGURA 3.10.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN Y EL NIVEL DE AMENAZA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN MUNICIPIO DE VERSALLES .....	65
<b>FIGURA 3.11.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA SEGÚN EL ESTADO Y EL TIPO DE AMENAZA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN MUNICIPIO DE VERSALLES.....	66
<b>FIGURA 3.12.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA EDAD DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE MOVIMIENTO EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN MUNICIPIO DE VERSALLES .....	67
<b>FIGURA 3.13.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA SEGÚN EL NÚMERO DE PISOS Y EL TIPO DE AMENAZA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN MUNICIPIO DE VERSALLES .....	68
<b>FIGURA 3.14.</b> MAPA DE EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	69
<b>FIGURA 3.15.</b> EXPOSICIÓN DE LÍNEAS VITALES ANTE MOVIMIENTOS EN MASA POR NIVEL DE AMENAZA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	71
<b>FIGURA 3.16.</b> MAPA DE EXPOSICIÓN DE LA RED ACUEDUCTO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	72
<b>FIGURA 3.17.</b> MAPA DE EXPOSICIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	73
<b>FIGURA 3.18.</b> MAPA DE EXPOSICIÓN DE LA RED DE GAS NATURAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	74
<b>FIGURA 3.19.</b> MAPA DE EXPOSICIÓN DE LA RED VIAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	75

<b>FIGURA 3.20.</b> POBLACIÓN EXPUESTA A MOVIMIENTO EN MASA POR MANZANAS, SEGÚN EL RANGO DE EDAD Y EL FACTOR DE RESISTENCIA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	77
<b>FIGURA 3.21.</b> POBLACIÓN CON Y SIN LIMITACIONES PERSONALES POR MANZANAS, EXPUESTA A MOVIMIENTOS EN MASA, SEGÚN EL FACTOR DE RESISTENCIA EN EL ÁREA URBANA MUNICIPIO DE VERSALLES .....	78
<b>FIGURA 3.22.</b> MAPA DE FACTOR DE RESISTENCIA CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	79
<b>FIGURA 3.23.</b> DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA, SEGÚN EL FACTOR DE RESISTENCIA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	80
<b>FIGURA 3.27.</b> EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN Y EL FACTOR DE RESISTENCIA EN EL ÁREA URBANA MUNICIPIO DE VERSALLES.....	81
<b>FIGURA 3.28.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA SEGÚN EL NÚMERO DE PISOS Y EL FACTOR DE RESISTENCIA EN EL ÁREA URBANA MUNICIPIO DE VERSALLES.....	82
<b>FIGURA 3.29.</b> EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA SEGÚN LA EDAD DE LA EDIFICACIÓN Y EL FACTOR DE RESISTENCIA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	83
<b>FIGURA 3.30.</b> EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA SEGÚN EL NÚMERO DE PISOS Y EL FACTOR DE RESISTENCIA EN EL ÁREA URBANA MUNICIPIO DE VERSALLES .....	84
<b>FIGURA 3.31.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTO EN MASA SEGÚN EL USO Y EL FACTOR DE RESISTENCIA EN EL ÁREA URBANA DE MUNICIPIO DE VERSALLES .....	85
<b>FIGURA 3.32.</b> MAPA DE FACTOR DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	86
<b>FIGURA 3.33.</b> MAPA VULNERABILIDAD CORPORAL POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	88
<b>FIGURA 3.34.</b> MAPA DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	90
<b>FIGURA 4.1.</b> ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE AFECTACIÓN CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	92
<b>FIGURA 4.2.</b> ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	94
<b>FIGURA 4.3.</b> ZONIFICACIÓN DE ÁREAS DE AFECTACIÓN TOTAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA MUNICIPIO DE VERSALLES .....	95
<b>FIGURA 4.4.</b> DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS NIVELES DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	96
<b>FIGURA 4.5.</b> AFECTACIÓN TOTAL ANTE INUNDACIONES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	97
<b>FIGURA 4.6.</b> DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS ÁREAS PREDIALES SEGÚN EL NIVEL DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE EN LA ZONA URBANA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	99
<b>FIGURA 4.7.</b> ÁREAS DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	100
<b>FIGURA 5.1.</b> MAPA DE VELOCIDADES MODELO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	101



<b>FIGURA 5.2.</b> MAPA DE PROFUNDIDADES MODELO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	102
<b>FIGURA 5.3.</b> TIPOS DE DAÑOS POR INUNDACIÓN Y CONDICIONES DE FLUJO.....	103
<b>FIGURA 5.4.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA A INUNDACIÓN, SEGÚN EL RANGO DE EDAD EN AMENAZA ALTA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	107
<b>FIGURA 5.5.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE MUNICIPIO DE VERSALLES .....	108
<b>FIGURA 5.6.</b> EXPOSICIÓN CORPORAL ANTE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	109
<b>FIGURA 5.7.</b> DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLE.....	110
<b>FIGURA 5.8.</b> DISTRIBUCIÓN DE USO PREDIAL DE LAS EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	111
<b>FIGURA 5.9.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN, ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	113
<b>FIGURA 5.10.</b> DISTRIBUCIÓN DEL ESTADO CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	114
<b>FIGURA 5.11.</b> DISTRIBUCIÓN DEL N° DE PISOS DE LA EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	115
<b>FIGURA 5.12.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN, SEGÚN LA EDAD DE LA EDIFICACIÓN Y EL TIPO DE AMENAZA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	116
<b>FIGURA 5.13.</b> EXPOSICIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	117
<b>FIGURA 5.14.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA RED VIAL, REDES ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y GAS NATURAL DOMICILIARIO EXPUESTAS ANTE INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	118
<b>FIGURA 5.15.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED VIAL ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	119
<b>FIGURA 5.16.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	120
<b>FIGURA 5.17.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	121
<b>FIGURA 5.18.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED DE GAS NATURAL DOMICILIARIO ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	122
<b>FIGURA 3.59.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR EDAD DE ACUERDO AL FACTOR DE RESISTENCIA ANTE INUNDACIÓN, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	124
<b>FIGURA 5.20.</b> DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES FRENTE A EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	125
<b>FIGURA 5.21.</b> FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN EXPUESTA ANTE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	126
<b>FIGURA 5.22.</b> DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN ANTE INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	127
<b>FIGURA 5.23.</b> DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA BAJO SEGÚN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	128

<b>FIGURA 5.24.</b> DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA BAJA SEGÚN LA EDAD DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	129
<b>FIGURA 5.25.</b> DISTRIBUCIÓN DE N° DE PISOS DE LAS EDIFICACIONES CON FACTOR DE RESISTENCIA BAJO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	130
<b>FIGURA 5.26.</b> FACTOR DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	131
<b>FIGURA 5.27.</b> MAPA VULNERABILIDAD CORPORAL POR INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	133
<b>FIGURA 5.28.</b> PORCENTAJE DE ÁREAS EN VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.....	134
<b>FIGURA 5.29.</b> MAPA DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES. ....	135
<b>FIGURA 6.1.</b> DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS NIVELES DE AFECTACIÓN CORPORAL POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	137
<b>FIGURA 6.2.</b> ÁREAS DE AFECTACIÓN CORPORAL ANTE INUNDACIONES DE LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE VERSALLES .....	138
<b>FIGURA 6.3.</b> PORCENTAJE DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL POR ÁREA EN M <sup>2</sup> ANTE EL EVENTO DE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	139
<b>FIGURA 6.4.</b> ÁREAS DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIONES DE LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE VERSALLES .....	140
<b>FIGURA 6.5.</b> PORCENTAJE DE ÁREAS EN AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE PARA EL ESCENARIO DE INUNDACIÓN EN ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	142
<b>FIGURA 6.6.</b> ÁREAS DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES .....	143
<b>FIGURA 7.1:</b> TIPO DE VIVIENDAS DE DIFERENTES DEL AREA URBANA MUNICIPIO DE VERSALLES.	148
<b>FIGURA 7.2.</b> TIPIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE UNA VIVIENDA EN EL ÁREA DE ESTUDIO. ....	149
<b>FIGURA 7.3.</b> TIPO DE VIVIENDAS DE DIFERENTES DEL AREA URBANA MUNICIPIO DE VERSALLES..	163

## INTRODUCCIÓN

En el presente documento se muestran las evaluaciones de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación o daño (riesgo) realizadas en el área urbana de los municipios Bolívar, Roldanillo y Versalles. Dichos estudios se priorizan en el marco del Resultado 2 - Estudios de zonificación de amenazas y riesgos en áreas urbanas, cofinanciados; del proyecto 5001: Apoyo a la gestión del riesgo en el territorio del Plan de Acción 2016-2019 de la CVC.

Los estudios, que dan como resultado la zonificación de amenazas, vulnerabilidad y riesgos, se entregan con el fin de aportar a la disminución de la vulnerabilidad de cada una de las cabeceras frente a las amenazas naturales y socio naturales en concordancia con las limitaciones del territorio, es decir, se aborda el proceso de conocimiento del riesgo a partir del análisis de amenazas y riesgos a nivel de zonas urbanas, acorde con lo definido por el Decreto 1077 de 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 deban implementar.

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 genere daños y pérdidas relativas; esto significa que en la medida en que se genere un aumento de los elementos expuestos (nuevas construcciones y aumento de población), habrá un incremento considerable en los posibles daños provocados.

Por lo tanto, es necesario realizar una correcta evaluación de los daños y pérdidas que se pueden generar ante la ocurrencia de inundaciones y movimientos en masa en el área urbana del municipio de Versalles, esto con miras a la formulación de acciones y políticas públicas para la gestión del riesgo y la planificación sectorial.

Conceptualmente se consideran el *Riesgo* o los *Escenarios de Afectación* como una combinación de dos factores: *la peligrosidad o Amenaza* y *la Vulnerabilidad*, de igual forma éste último factor depende del *grado de exposición* y del *nivel de fragilidad* de los distintos elementos que la conforman; así el riesgo puede expresarse de la siguiente manera:

$$R = A * V_{(E)}$$

Donde:

**R:** Riesgo

**A:** Amenaza

**V:** Vulnerabilidad

**E:** Exposición

En este informe se realiza el estudio de vulnerabilidad y evaluación de los escenarios de afectación ante los fenómenos de movimientos en masa e inundación en el municipio de Versalles. Este se realiza como resultado del convenio interadministrativo N° 0205 de 2017 firmado entre la CVC y la Universidad del Valle con el fin de aportar elementos de juicio en la toma de decisiones y medidas para la prevención de los daños que pueden generar estos fenómenos en la zona urbana y

de expansión del municipio. Junto al presente estudio se realizó la valoración de la amenaza por inundación y movimientos en masa, la modelación hidráulica se hizo con el uso del programa HEC RAS 5.0.4. y para la zonificación de movimientos en masa se realizaron los análisis geotécnicos.

El informe se estructura en siete (7) capítulos:

- En el capítulo 1 se realiza una conceptualización de vulnerabilidad, exposición y fragilidad
- En el capítulo 2 se presenta la metodología utilizada para el análisis de vulnerabilidad de inundación y movimientos en masa en las áreas urbanas del municipio de Versalles.
- En el capítulo 3 se realiza el análisis de vulnerabilidad ante movimientos en masa teniendo en cuenta la presión de impacto, la identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos en las zonas de amenaza alta y media. El cálculo y zonificación de la vulnerabilidad ante el fenómeno de movimiento en masa.
- En el capítulo 4 se presenta el análisis del escenario de afectación y el cálculo de las posibles pérdidas ante el fenómeno de movimiento en masa.
- En el capítulo 5 se realiza el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones teniendo en cuenta la presión de impacto, la identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos en las zonas de amenaza alta y media. El cálculo y zonificación de la vulnerabilidad ante el fenómeno de inundación.
- En el capítulo 6 se presenta el análisis del escenario de afectación
- En el capítulo 7 se presenta el cálculo de las posibles pérdidas ante el fenómeno de inundación.
- Se presentan conclusiones y recomendación

## **1. VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES**

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR, 2009), existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Estos se relacionan directamente con la interrelación de los diferentes niveles de organización de la sociedad, entre ellos, los grados de exposición a un tipo de amenaza, formas inadecuadas de construcción, la falta de información y concientización pública, la voluntad política de los dirigentes, la falta de articulación entre las entidades tomadoras de decisiones, los organismos de socorro y la comunidad para hacerle frente a los posibles fenómenos catastróficos que puedan presentarse en un espacio y tiempo determinados

### **1.1 CONCEPTOS BÁSICOS**

En este apartado se presentarán las conceptualizaciones utilizadas para el análisis de la vulnerabilidad y los escenarios de afectación para inundación y movimientos en masa de la zona urbana del municipio de Versalles.

#### **1.1.1 Vulnerabilidad**

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (UNISDR, 2009), existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Estos se relacionan directamente con la interrelación de los diferentes niveles de organización de la sociedad, entre ellos, los grados de exposición a un tipo de amenaza, formas inadecuadas de construcción, la falta de información y concientización pública, la voluntad política de los dirigentes, la falta de articulación entre las entidades tomadoras de decisiones, los organismos de socorro y la comunidad para hacerle frente a los posibles fenómenos catastróficos que puedan presentarse en un espacio y tiempo determinados.

El concepto de vulnerabilidad se entiende como la condición de debilidad o fragilidad de un individuo, elemento o sistema (social o ecológico), que por su naturaleza o particularidades intrínsecas y estando expuesto, está propenso a ser afectado o a sufrir daños ante la ocurrencia de un determinado tipo de fenómeno, evento, suceso o proceso amenazante. En esta definición se resalta que, por un lado, la vulnerabilidad es una propiedad intrínseca del elemento o sistema expuesto que por su naturaleza tiene una condición de fragilidad, que se entiende como una propiedad negativa de un elemento o sistema que reduce su capacidad de resistencia a sufrir daños ante la ocurrencia de un fenómeno que pueda afectarlo.

La normativa colombiana 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”. En otras palabras,

la vulnerabilidad se relaciona directamente con la calidad de vida, pues esta es intrínseca al individuo.

Para la evaluación de la vulnerabilidad, el presente estudio considera que operativamente, está conformada por la exposición de los elementos expuestos y la fragilidad que estos presentan ante el impacto de determinado tipo de fenómeno amenazante, por lo tanto, es necesario considerar la presión de impacto del fenómeno (magnitud o intensidad) y las cuales serían los posibles tipos de afectación que se podrían generar en el elemento expuesto. A continuación, se definen estos parámetros.

### **1.1.2 Exposición**

Para Cardona (1993), “elementos expuestos o elementos bajo riesgo son los contextos social y material, representados por las personas y por los recursos y servicios que pueden ser afectados por la ocurrencia de un evento, es decir, las actividades humanas, los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, utilidades, servicios y la gente que los utiliza”.

Cabe señalar que los elementos expuestos pueden dividirse en cuatro grupos:

- Elementos corporales: corresponden a las personas o habitantes expuestos en la zona de amenaza. Deben ser los de mayor importancia al evaluar las condiciones de del riesgo y tomar las decisiones para su reducción o mitigación. Por tal razón es fundamental contar un censo actualizado de los habitantes de la zona, contando con el conocimiento dinámico de éstos, es decir, migraciones e inmigraciones (INGEOMINAS-CVC, 2001).
- Elementos estructurales: representan elementos materiales que a su vez pueden dividirse en: construcciones (viviendas, edificaciones), redes (vías, conducciones, líneas y acequias) (INGEOMINAS-CVC, 2001).
- Elementos funcionales: en esta categoría se consideran todas aquellas de tipo económico y no económico que son susceptibles de ser perturbadas por determinado tipo de proceso en la posible zona de afectación (INGEOMINAS-CVC, 2001). En este grupo se evalúan actividades agrícolas, comerciales, industriales, entre otras.
- Elementos ambientales: corresponden a todos los elementos en el territorio que pueden ser afectados por un proceso; pueden ser generalizados como los aspectos del medio ambiente que agrupa los del componente abiótico (cuerpos de agua superficial o subterránea, aire, suelo y paisaje) y biótico (recursos de flora y fauna).

### **1.1.3 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" (MEF y GTZ, 2007).

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.

Desde el punto de vista estructural la fragilidad es entendida como las condiciones intrínsecas de un elemento expuesto; condición de resistencia o sensibilidad de un material ante la fuerza de un fenómeno. La fragilidad va a depender de la presión del impacto del fenómeno sobre la resistencia del material y se determina acorde a la magnitud e intensidad de los eventos a los cuales está expuesto.

#### **1.1.4 Intensidad – Tipos y modos de daños**

El escenario de vulnerabilidad está asociado a la intensidad y 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 implicaría que la distribución de daños fuera uniforme, no obstante, las características intrínsecas de los elementos expuestos son diferente según el tipo de evento.

## **2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD**

El análisis de la vulnerabilidad física para el municipio de Versalles, se realiza teniendo como base lo planteado por la “*Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y Riesgo 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 del Decreto 1807 de 2014 en relación con los estudios en escala detallada (1:2000).

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. De esta forma, una vez se obtienen los escenarios se procede a realizar la zonificación de la vulnerabilidad en niveles de alta, media y baja (SGC, 2016).

La propuesta de caracterización de la vulnerabilidad presentada en la guía ha soportado con base en los estudios de evaluación cuantitativa presentados por Uzielli et al. (2008), Li et al. (2010) y Du et al. (2013, 2014). Por lo tanto, 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 soporte bibliográfico. Así mismo, a pesar de ser una metodología enfocada principalmente al fenómeno de movimiento en masa, su implementación se ha adecuado para ser utilizada también para el fenómeno de inundación.

Para el municipio de Versalles, las áreas sujetas al estudio de la vulnerabilidad a escala detallada 1:2000 son aquellas zonas con ocupación actual y que se identificaron en la categoría de amenaza alta y media por movimientos en masa e inundaciones.

## **2.1 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES**

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.

A continuación, se presentan de manera detallada cada una de las fases y procedimientos llevados a cabo:

### **2.2 Escenarios de vulnerabilidad**

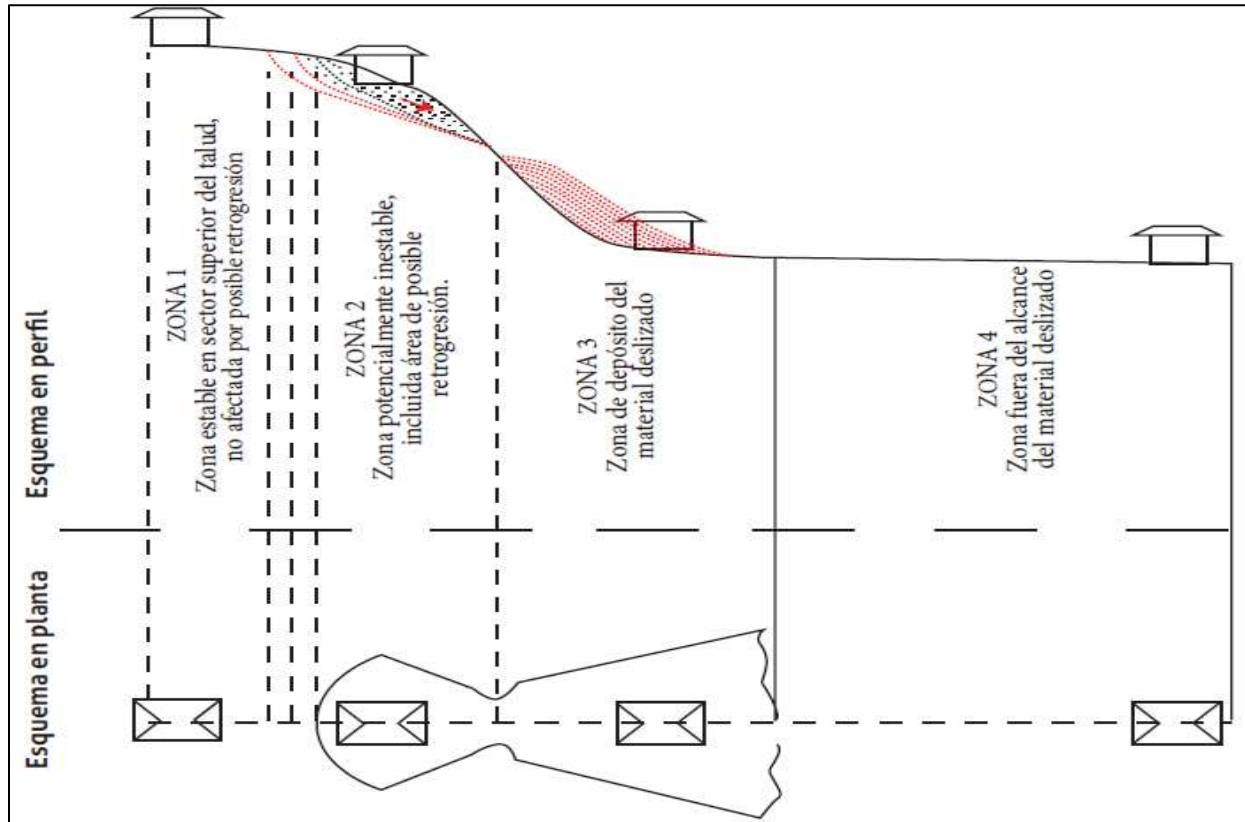
La caracterización del escenario de vulnerabilidad incluye la estimación de la exposición para los elementos físicos y corporales, así como también los niveles de fragilidad ante el evento amenazante. En el presente apartado se describen los soportes metodológicos y bibliográficos tomados en cuenta para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

#### **2.2.1 Exposición**

Los elementos expuestos incluyen tanto elemento físico (bienes e infraestructura) y 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 fenómenos de movimiento en masa e inundación, se asignaron valores de acuerdo a la localización de los elementos en los respectivos niveles de amenaza.

Para el fenómeno de movimiento en masa, se definieron cuatro zonas de exposición y sus respectivos valores con base en lo planteado por el SGC (2016) ( Figura 2.1 y Tabla 2.1). La delimitación de las zonas en el municipio se realizó conforme a los perfiles geológicos-geotécnicos y a las zonas de fallamiento de laderas obtenidas en el estudio de amenaza, en el cual, es fundamental contar con los criterios de distancia de viaje, intensidad y magnitud.





**Figura 2.1.** Zonas de exposición ante movimientos en masa.

**Fuente:** SGC, 2016.

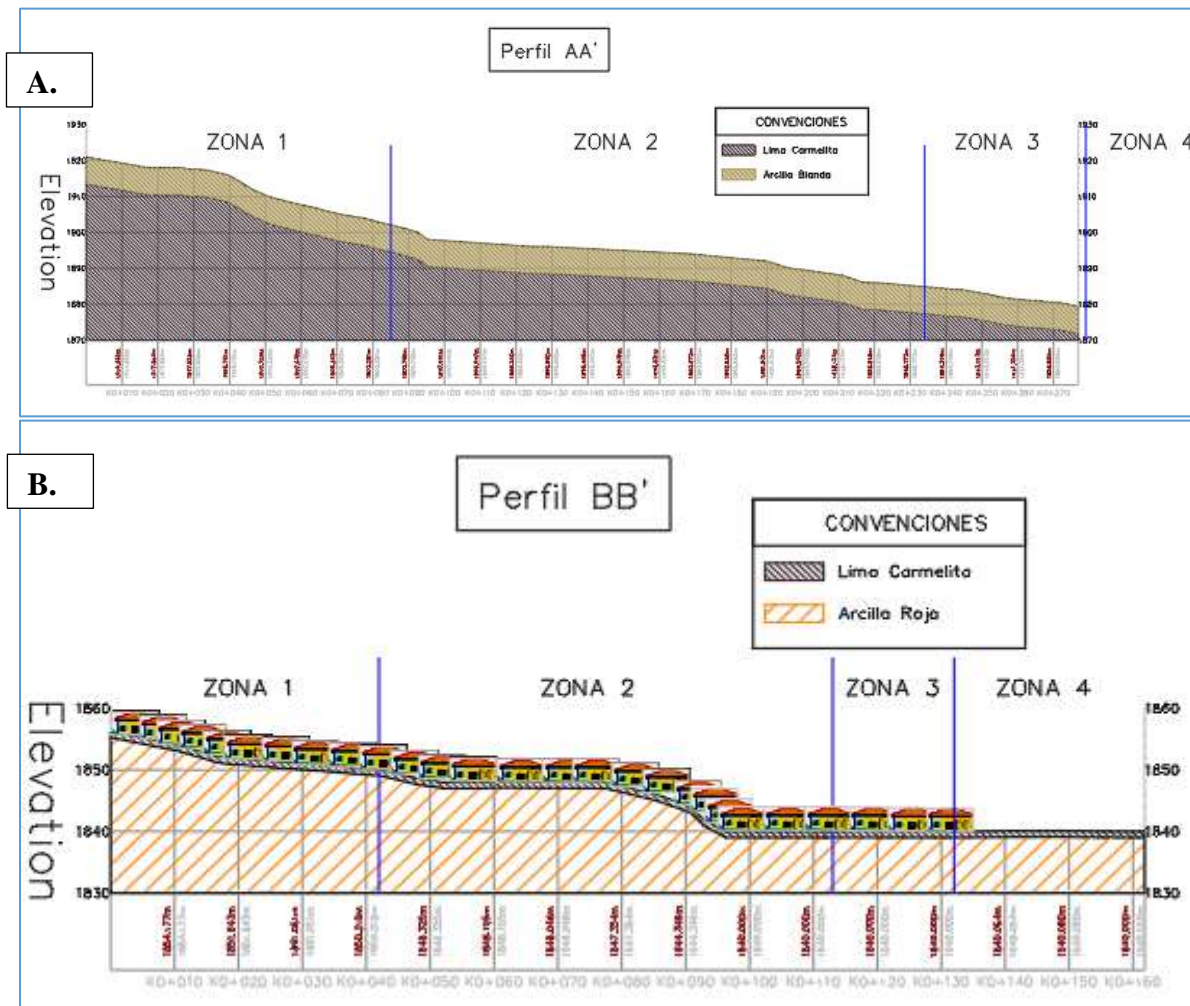
**Tabla 2.1.** Zonas y valores de exposición para el fenómeno de movimiento en masa.

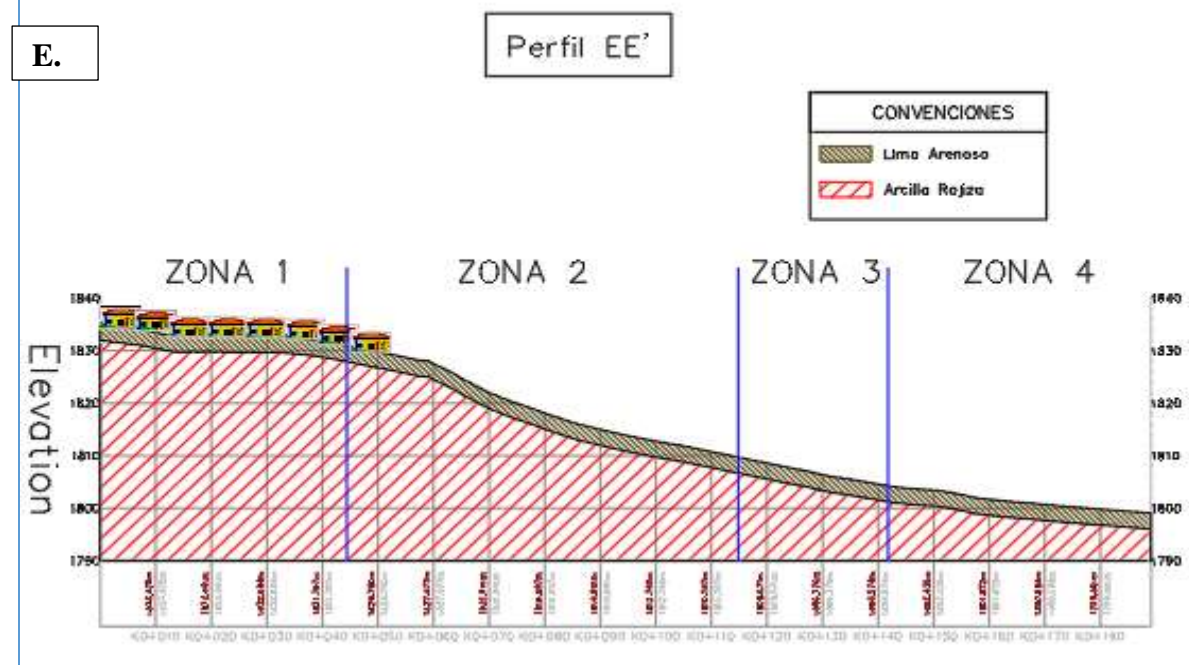
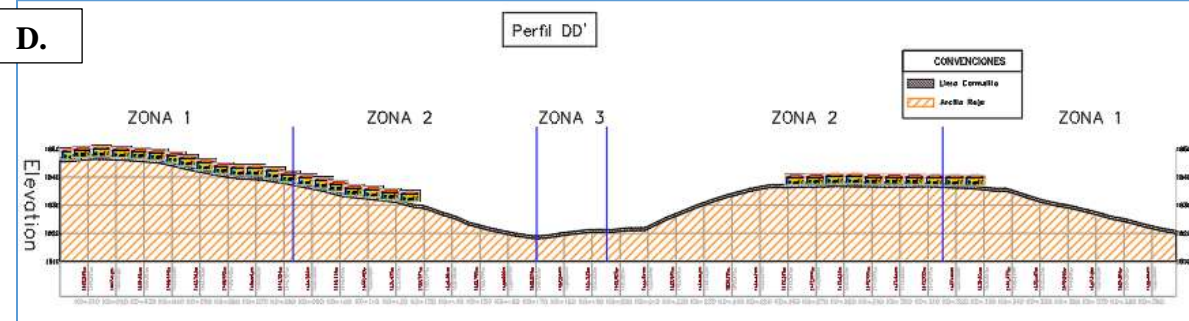
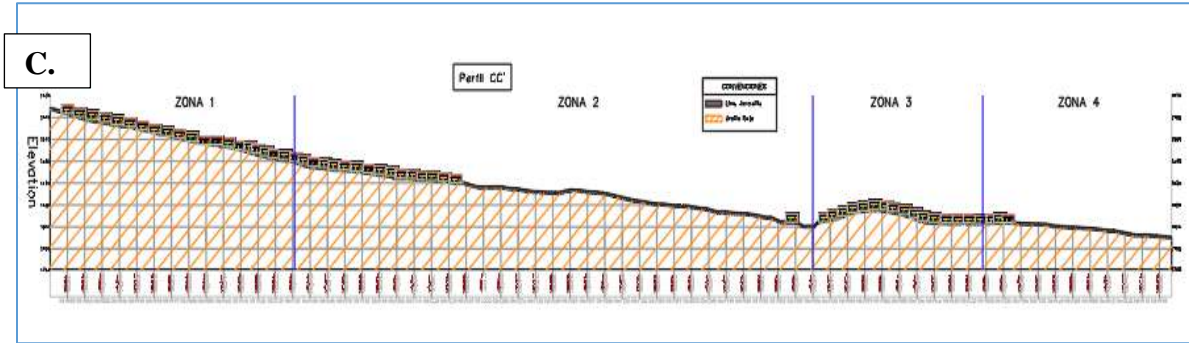
ZONA	DESCRIPCIÓN	DAÑOS ESPERADOS	CRITERIO DE INTENSIDAD O MAGNITUD	VALOR DE EXPOSICIÓN
1	Elementos ubicados sobre la zona estable en la parte superior del talud sin posibilidad de afectación por retrogresión.	No se esperan daños a causa de los movimientos en masa.		0
2	Elementos ubicados sobre una ladera potencialmente inestable o potencialmente afectados por efectos de retrogresión.	Colapso o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión. Asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados a movimientos lentos; colapso de la estructura asociado con movimientos rápidos.	Velocidad del movimiento Actividad del desplazamiento Cantidad de desplazamiento Desplazamientos verticales	1
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)	0,8

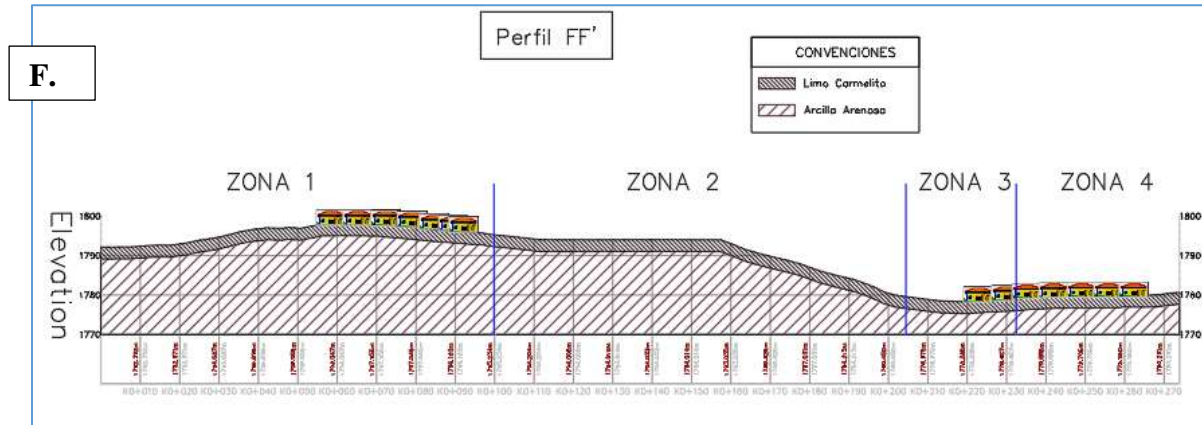
ZONA	DESCRIPCIÓN	DAÑOS ESPERADOS	CRITERIO DE INTENSIDAD O MAGNITUD	VALOR DE EXPOSICIÓN
			Alturas de acumulación de material	
4	Elementos fuera del alcance del movimiento en masa y su área de depósito.	No se esperan daños a causa de los movimientos en masa.		0

Fuente. Modificado de SGC (2016)

En la Figura 2.2 se presentan los 6 perfiles realizados en el municipio de Versalles, donde se delimitan las zonas de exposición con base en los criterios de intensidad, magnitud y distancia de viaje (Tabla 2.2).







**Figura 2.2.** Zonas de exposición para perfiles geológicos- geotécnicos del área urbana y de expansión del municipio de Versalles, Valle del Cauca.

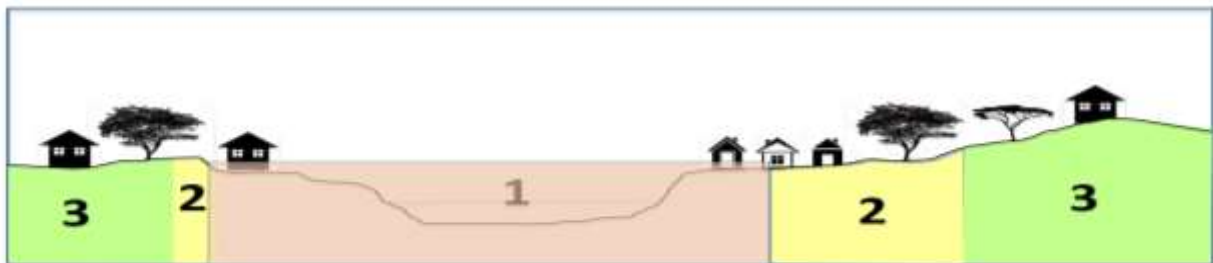
**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 2.2.** Criterios para la evaluación de la exposición ante movimiento en masa en seis perfiles del municipio de Versalles Valle del Cauca.

SECCION	MAGNITUD Vol (m <sup>3</sup> )	INTENSIDAD Vel (m/s)	DISTANCIA DE VIAJE (m)
A-A'	259308	4.6	45
B-B'	18075	1.4	19
C-C'	1825193	4.6	98
D-D' Izq	234902	2.5	40
D-D' Der	851026	2.1	45
E-E'	29871	4.3	27
F-F'	61667	5.3	28

**Fuente:** elaboración propia.

Para el caso de las inundaciones, 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 (Figura 2.3 y Tabla 2.3)



**Figura 2.3.** Zonas de exposición ante inundaciones.

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 2.3.** 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.

## 2.2.2 Fragilidad.

La fragilidad está determinada por dos factores principales, uno es la intensidad del evento y el otro es la seguridad (factor de resistencia). A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para la estimación de cada factor:

### 2.2.2.1 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.

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

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

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 profundidad del evento y la altura de la edificación.

Para el caso de las inundaciones, la propuesta de Du et al. (2014) se adaptó para estimar la intensidad del evento. Para este caso los parámetros que hacen parte de la ecuación de la intensidad se obtienen de la siguiente manera:

- *Presión de impacto del movimiento en masa ( $I_{f-pre}$ ):*

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

Donde:

**$P_{mm}$ :** presión de impacto del movimiento en masa.

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

Por su parte, la presión de impacto del movimiento en masa, de acuerdo a lo planteado por puede aproximarse mediante la siguiente ecuación (Du et al., 2014):

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

Donde:

$P_{imm}$ : presión de impacto del movimiento en masa (kPa)

$\rho$ : densidad de la masa movida ( $\text{kg/m}^3$ )

$v$ : velocidad (m/s)

También mediante la siguiente expresión:

$$P_{imm} = \frac{\rho g v}{A} \approx p g v \quad (4)$$

Donde:

$P_{imm}$ : presión de impacto del movimiento en masa (kPa)

$\rho$ : densidad de la masa movida ( $\text{kg/m}^3$ )

$v$ : velocidad (m/s)

$g$ : gravedad

En relación al límite de la presión horizontal soportada por las estructuras ( $P_{le}$ ), Du et al. (2014) plantea un promedio para diferentes tipos de estructuras, los cuales, son complementados por el SGC (2016) (Tabla 2.4):

**Tabla 2.4.** Límite de presión horizontal de las estructuras.

TIPOLOGÍA	PRESIÓN LÍMITE DE LA ESTRUCTURA (kPa)
Otro (Material Reciclado)	1
Madera, Tapia y Bahareque	5
Mampostería No Reforzada	8
Mampostería Confinada	11

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

- *Profundidad del movimiento en masa* ( $I_{f\text{-prof}}$ ): el parámetro  $I_{f\text{-prof}}$  se representa en función de la relación entre la profundidad del movimiento en masa y la altura de las estructuras por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{f\text{-prof}} = \frac{P_{mm}}{h_e} \quad (5)$$

Donde:

$P_{f\text{-prof}}$ : parámetro de intensidad por la profundidad del movimiento en masa

$P_{mm}$ : profundidad del movimiento en masa

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

Para el caso de las inundaciones, la propuesta de Du et al. (2014) se adaptó para estimar la intensidad del evento. Para este caso los parámetros que hacen parte de la ecuación de la intensidad se obtienen de la siguiente manera:

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

$$I_{f\text{-pre}} = \frac{P_{iinun}}{P_{le}} \quad (6)$$

Donde:

$P_{inun}$ : presión de impacto de la inundación.

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

La presión del impacto de la inundación se estima a través de la velocidad del flujo de agua y su profundidad:

$$P_{inun} = \frac{v}{h} \quad (7)$$

Donde:

$v$ : velocidad (m/s)

$h$ : profundidad del flujo de agua

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).

- *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:

$$I_{f-prof} = \frac{P_{inun}}{h_e} \quad (8)$$

Donde:

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

$P_{inun}$ : profundidad de la inundación

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

- **Intensidad corporal**

Para las variables corporales, los valores de intensidad utilizados son los estimados en lo estructural, dado que se asume que la población se encuentra dentro de las infraestructuras.

### 2.2.2.2 Factor de seguridad (factor de resistencia)

La metodología llevada a cabo para la obtención de los factores de seguridad estructural y corporal para el municipio de Versalles, en el Valle del Cauca se describe a continuación.

- **Factor de seguridad estructural.**

Para la estimar el factor de seguridad 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.

Para obtener la información de cada una de las variables y con el fin de dar cumplimiento con las escalas de detalle establecidas en el Decreto 1807 de 2014 fue necesario realizar en campo una inspección visual de cada predio.

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

$$S_e = 1 - [(1 - S_{tip}) * (1 - S_{alt}) * (1 - S_{con}) * (1 - S_{ed})] \quad (9)$$

Donde:

$S_e$ : factor de seguridad estructural

$S_{tip}$ : pesos relativos al tipo de estructura

$S_{alt}$ : altura de las estructuras

$S_{con}$ : estado de conservación de las estructuras

$S_{ed}$ : edad de las estructuras

- *Factor de seguridad por tipo de estructura ( $S_{tip}$ ):* 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 2.5)

**Tabla 2.5.** Factor de seguridad por tipología de las estructuras.

TIPOLOGÍA	FACTOR DE RESISTENCIA	$S_{tip}$
F=Otro (Material Reciclado)	Baja	1
E=Madera, Tapia y Bareque	media	0,9
D=Mampostería No Reforzada	Alta	0,7
C=Mampostería Confinada	Muy alta	0,5

**Fuente:** Modificado de Du et al. (2013)

- *Factor de seguridad por altura de la estructura ( $S_{alt}$ ):* la seguridad de la estructura en función de su número de pisos se aprecia en la Tabla 2.6 Los valores de los parámetros se dan con base en la propuesta de Li et al. (2010).

**Tabla 2.6.** Factor de seguridad por altura de las estructuras.

TIPOLOGÍA	NÚMERO DE PISOS	$S_{alt}$
E, F	$\geq 2$	0,9
D	$\geq 4$	0,9
D	2 y 3	0,6
Demás tipologías y alturas		0,05

**Fuente:** Li et al. (2010)

- *Factor de seguridad por edad de la estructura ( $S_{ed}$ ):* el parámetro de seguridad 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 2.7).



**Tabla 2.7.** Factor de seguridad por la edad de las estructuras.

RELACIÓN AÑOS DE SERVICIO/VIDA ÚTIL	S <sub>ed</sub>
≤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)

En este sentido, la vida útil de las estructuras se estima con base en sus características y soportada en información secundaria. Los valores propuestos de vida útil se presentan en la Tabla 2.8

**Tabla 2.8.** Vida útil de las estructuras.

TIPOLOGÍA	VIDA ÚTIL
Ay B	80 años
C yD	50 años
E	30 años
F	20 años

**Fuente:** elaboración propia.

- *Factor de seguridad por conservación de la estructura (S<sub>con</sub>):* 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 propuestos por Du et al. (2013, 2014) (Tabla 2.9)

**Tabla 2.9.** Estado de conservación de las estructuras.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN GRIETAS (mm)	S <sub>con</sub>
Bueno	Solo se observan daños superficiales leves en los acabados.	0-0,5	0,05
Daños leves	Fisuras en juntas horizontales en los extremos superior e inferior de elementos verticales.	0,5-1,0	0,25
Daños moderados	Desplazamiento relativo o movimiento en el plano fuera de él (pandeo).	1,0-5,0	0,5
Daños graves	Inclinaciones del elemento fuera de su plano vertical.	5,0-10,0	0,75
Daños muy graves	Unidades de mampostería con fallas por aplastamiento. Concreto con fallas por aplastamiento	>10,0	1

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

- **Factor de seguridad corporal**

Teniendo en cuenta lo planteado por Uzelli et al. (2008) y Du et al. (2013), el *Factor de Seguridad Corporal (S<sub>corp</sub>)* se calcula en base a la cantidad de población, su edad y las discapacidades presentes. En la ecuación 10 se presenta el cálculo realizado:

$$S_{corp} = 1 - [(1 - S_{dis}) * (1 - S_{edad})] \quad (10)$$

Donde:

$S_{dis}$ : es el total de personas por manzana con discapacidad y

$S_{edad}$ : es el total de personas menores de 9 años y mayores de 60 años

En ambos casos para calcular  $S_{dis}$  y  $S_{edad}$  se estandarizan por medio de la siguiente transformación que garantiza que los indicadores se encuentren entre 0 y 1.

$$S_{dis} = \frac{S_{dis} - \text{Min}(S_{dis})}{\text{Max}(S_{dis}) - \text{Min}(S_{dis})} \quad (11)$$

Para estimar el Factor de Seguridad Corporal, se obtuvo del Sistema de Consulta de Información Censal (DANE, 2005), las bases de datos de las variables demográficas como Limitaciones Personales y Grupos de Edad.

- *Validación de la información corporal:* con el fin de validar la información obtenida de las variables Demográficas del DANE (2005), se realizó un proceso de validación en campo a través de entrevistas estructuradas. Para esto, se estableció que el método más apropiado para obtener la muestra es a través del Muestreo Aleatorio Simple (MAS) para poblaciones finitas, dado que el municipio de Versalles refleja características similares en lo estructural (predios y manzanas).

El muestreo aleatorio simple corresponde, al diseño que habiendo decidido el tamaño de la muestra a  $n$  unidades de muestreo (o simplemente de tamaño  $n$ ), se le asigna la misma probabilidad de ser elegida a cada una de las unidades. Es decir, cualquiera de las unidades de muestreo distintas que podemos obtener de la población tendrá la misma probabilidad de ser elegida (Arana, 2003).

El cálculo de la muestra se hace por medio de la siguiente expresión:

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)N}{[e^2(N-1)] + Z^2 p(1-p)} \quad (13)$$

Donde:

$N$ : tamaño de la población o universo

$Z$ : constante del nivel de confianza

$e$ : error muestral deseado (diferencia que puede haber entre los resultados que se obtienen con base en la muestra y los resultados usando el total de la población)

$p$ : proporción de predios que poseen en la población la característica de estudio.

$n$ : tamaño de la muestra.

Asumiendo que los datos se distribuyen de manera normal, se definen los siguientes parámetros para la realización del muestreo:

**Nivel de Significancia:** ( $\alpha = 0.05$ )

**Nivel de Confianza:** ( $(1 - \alpha) \times 100 = 95\%$ )

**Error Muestral:** ( $\epsilon = 0.05$ )

**Varianza o Probabilidad:** ( $P=0,5$ ) ( $Q=0,5$ ). Teniendo en cuenta que no se encontraron estudios pilotos o antecedentes sobre este tipo de investigación, se trabajó con la máxima variabilidad representada.

## 2.3 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Para el cálculo de la vulnerabilidad se adapta la propuesta de Li et al. (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 14), se modifica dicho planteamiento, incluyendo la evaluación de la exposición (Ecuación 15).

Cabe mencionar, que para las líneas vitales la vulnerabilidad se aborda sólo teniendo en cuenta la cantidad de metros lineales localizados en zona de amenaza alta y media.

$$V=(Exp*Frag) \quad (14)$$

Donde:

**V:** vulnerabilidad

**Exp:** exposición

**Frag:** fragilidad

$$v = \frac{1}{2}Exp \left( \frac{I}{1-S} \right)^2 \quad I \leq 1 - S \quad (15)$$

$$v = 1 - \frac{1}{2}Exp \left( \frac{1-I}{S} \right)^2 \quad I > 1 - S \quad (16)$$

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 representa por todo lo que multiplica a la exposición. Tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$\left( \frac{1-I}{S} \right)^2 \quad \text{O} \quad \left( \frac{I}{1-S} \right)^2 \quad (17)$$

Del cálculo de la vulnerabilidad, para estructuras, el valor de 1 significa alta vulnerabilidad por lo cual se puede presentar el escenario 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 2.10). 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 2.11) (SGC, 2016).

Finalmente, con base en los valores de vulnerabilidad definidos se prepara la cartografía con los diferentes elementos que la componen. La vulnerabilidad alta se identifica con color rojo, la vulnerabilidad media con color amarillo y la vulnerabilidad baja con color verde.

**Tabla 2.10 .** Clasificación de la vulnerabilidad para estructuras.

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

**Fuente:** SGC (2016).

**Tabla 2.11.** Clasificación de la vulnerabilidad para personas.

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	VALOR DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE DAÑO
ALTA	0,50-1,00	Alta posibilidad de muerte o lesiones serias.
MEDIA	0,20-0,50	Alta posibilidad de lesiones moderadas, pero baja probabilidad de muertes.
BAJA	0,00-0,2	Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes-.

**Fuente:** SGC (2016).

### **3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA**

El análisis de la vulnerabilidad es un proceso por el cual se determinan los niveles de exposición y la predisposición de un elemento a verse impactado por una amenaza. En esta etapa se identificarán los niveles de exposición y fragilidad estructural y corporal de la población del municipio de Versalles ante eventos naturales como los movimientos en masa, con el fin de llegar al cálculo de la vulnerabilidad.

Este análisis se realiza conforme a la metodología anteriormente expuesta, donde se van a tener en cuenta la presión de impacto, la exposición y la fragilidad.

A continuación, se presentan los parámetros tenidos en cuenta para el análisis de la vulnerabilidad ante un evento de movimientos en masa. Este análisis se realizó en la zona urbana y de expansión del municipio de Versalles donde los resultados de la amenaza dieron alta y media. En amenaza alta se tienen 2,610 Ha en las cuales se encuentran 106 construcciones y en amenaza media se tienen 4,779 Ha donde se encontraron 125 construcciones.

Las zonas en amenaza alta y media corresponden al área de relleno antrópico localizada en el barrio Los Fundadores, en el cual el 46% de su área (aproximadamente 1,54 Ha) posee niveles de amenaza alta y el 49% (1,59 Ha, aproximadamente) está en amenaza media. Por fuera del casco urbano, también se presentan zonas con niveles de amenaza alta y media, los cuales se localizan en sectores específicamente ubicados al oriente del municipio de Versalles.

Posteriormente, en estas zonas se realiza el análisis de presión de impacto.

#### **3.1 ANÁLISIS DE LA PRESIÓN DE IMPACTO**

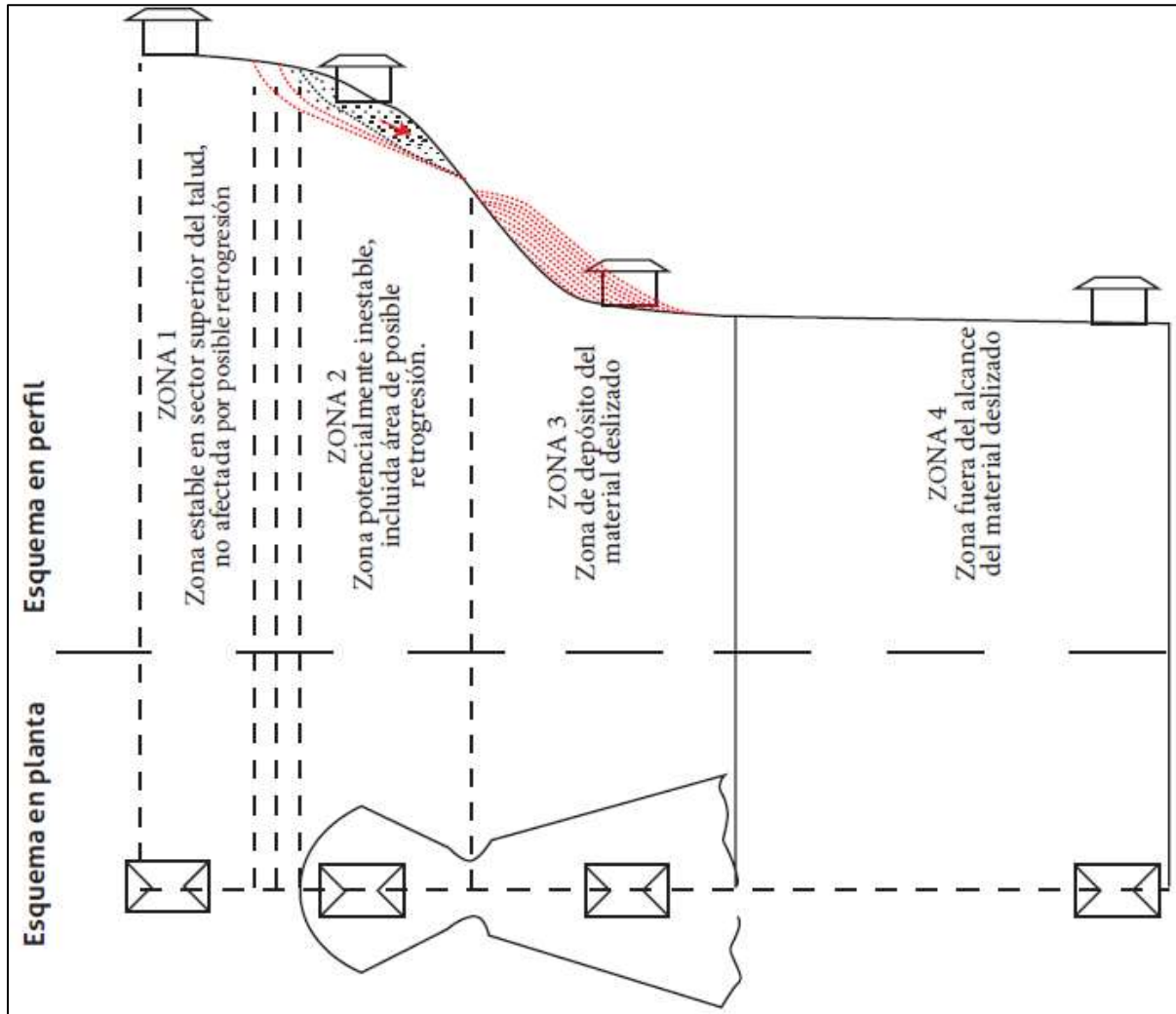
El análisis de la presión de impacto ante movimientos en masa se realizó conforme a los perfiles geológicos-geotécnicos y a las zonas de fallamiento de laderas obtenidas en el estudio de amenaza, en el cual se tuvo en cuenta los criterios de magnitud, el cual se estableció por el volumen ( $m^3$ ) de tierra que se podría mover, la intensidad, determinada por la velocidad (m/s) en la que se mueve y la distancia de viaje establecida hasta donde afectaría el movimiento en masa. Además de los valores de exposición para realizar los cálculos y determinar las zonas de exposición de los elementos.

En la Tabla 3.1 y Figura 3.1 muestra que los elementos ubicados en la zona 1 que es la parte superior del talud, el cual no representaría afectaciones por retrogresión, la zona 4 estaría por fuera del alcance del movimiento en masa, en estas dos zonas no se esperan daños a causa de los movimientos en masa. Los elementos ubicados en la zona 2 estarían sobre la zona de la ladera potencialmente inestable, el cual serían afectados por los efectos de retrogresión. Los elementos ubicados en la zona 3 siendo la zona de la trayectoria del movimiento en masa o la zona de depósito del material deslizado, en estas dos zonas se esperarían pérdida de vidas, colapsos o daños de las edificaciones e infraestructura localizada en el área.

**Tabla 3.1.** Zonas y valores de exposición para el fenómeno de movimiento en masa.

ZONA	DESCRIPCIÓN	DAÑOS ESPERADOS	CRITERIO DE INTENSIDAD O MAGNITUD	VALOR DE EXPOSICIÓN
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.		0
2	Elementos ubicados sobre una ladera potencialmente inestable o potencialmente afectados por efectos de retrogresión.	Colapso o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión. Asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados a con movimientos lentos; colapso de la estructura asociado con movimientos rápidos.	Velocidad del movimiento Actividad del desplazamiento Cantidad de desplazamiento Desplazamientos verticales	1
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	0,8
4	Elementos fuera del alcance del movimiento en masa y su área de depósito.	No se esperan daños a causa de los movimientos en masa.		0

**Fuente.** Modificado de SGC (2016).



**Figura 3.1.** Zonas de exposición ante movimientos en masa.  
**Fuente:** SGC, 2016.

En el municipio de Versalles los modelos geológico – geotécnicos, permiten conocer a profundidad el comportamiento de los materiales del suelo en la zona de estudio, se realizaron seis (6) perfiles desde A-A' hasta F-F' (Figura 3.2 y Tabla 3.2), estas secciones están definidas de tal manera que atraviesan las zonas inestables (unidades geológicas superficiales) o de amenaza alta y media, con el fin de modelar los mecanismos de fallas presentes en el casco urbano del municipio.

Los perfiles más representativos son el C'-C (con un volumen de 234902 m<sup>3</sup>, una velocidad de 4.6 m/s y una distancia de viaje de 98 m) y el D'-D<sub>Izq., Der.</sub> (con un volumen de 1825193 m<sup>3</sup>, una velocidad de 2.5 m/s y una distancia de viaje de 40 m, para el perfil izquierdo y en el derecho presenta un volumen de 851026 m<sup>3</sup>, una velocidad de 2.1 m/s y una distancia de viaje de 45 m) que atraviesa todo el barrio Fundadores de sur a norte y de este a oeste. Los otros perfiles hacen referencia a zonas donde hay indicios de amenaza media con poca representatividad como es el caso del perfil F'-F y B'-B, los demás perfiles aunque representan algún nivel de afectación están por fuera del área de estudio como el A'-A y el E'-E.



**Figura 3.2.** Modelo geológico – geotécnico del área urbana y de expansión del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 3.2.** Caracterización de la amenaza municipio de Versalles

ECCION	MAGNITUD Vol (m3)	INTENSIDAD Vel (m/s)	DISTANCIA DE VIAJE (m)
A-A'	259308	4.6	45
B-B'	18075	1.4	19
C-C'	1825193	4.6	98
D-D' Izq	234902	2.5	40
D-D' Der	851026	2.1	45
E-E'	29871	4.3	27
F-F'	61667	5.3	28

**Fuente:** elaboración propia.



En la Tabla 3.3 se presenta en cada una de las secciones la densidad de la masa movida ( $\text{kg/m}^3$ ), la gravedad ( $\text{m/s}^2$ ), la longitud (m), la presión de impacto del deslizamiento (N), la presión de impacto del deslizamiento (KN) y la Profundidad del Deslizamiento Pd (m).

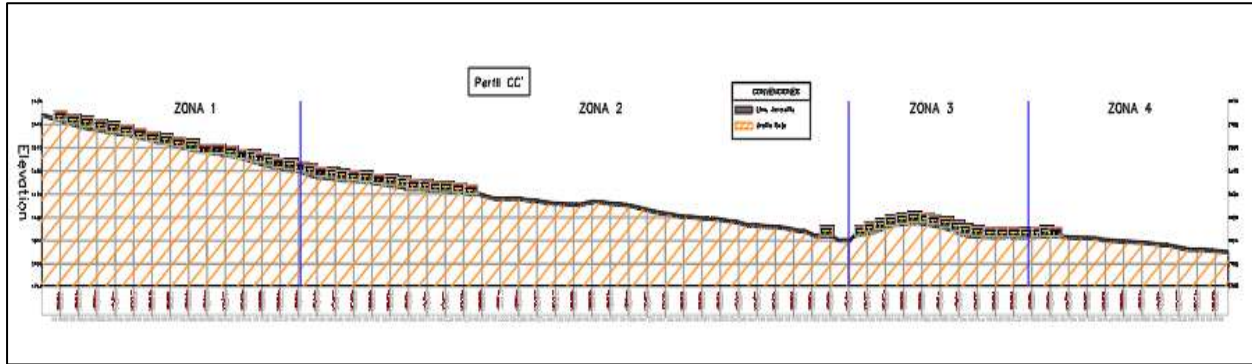
Se relacionan las características intrínsecas de las áreas en condición de amenaza alta y media donde se resalta que a mayor densidad del suelo, acompañado de la fuerza de gravedad y la longitud del recorrido aumenta la profundidad del deslizamiento, situación que se resalta en el perfil geológico-geotécnico C'- C que presenta una densidad del suelo de  $1670 \text{ m}^3$ , con la gravedad normal y una longitud de 299 m dando como resultado un Pid Kilonewton (KN) de 4893, con una profundidad de deslizamiento de 38 metros en el sector del barrio Fundadores, lo anterior indica que a mayor profundidad más volumen de material y por consiguiente aumenta la fuerza del impacto. Los otros perfiles representativos son el D-D' Der que presenta una profundidad de deslizamiento de 26 metros y se intersecta con el perfil C'- C causando mayores niveles de amenaza en los suelos de esta zona; también resaltan los perfiles A'-A y el F'-F, con una profundidad de deslizamiento de 23 metros, cabe resaltar que estos últimos perfiles se encuentran por fuera del área urbana del municipio, pero llaman la atención para proyectos futuros en el área rural del mismo.

**Tabla 3.3.** Insumos para el cálculo de la vulnerabilidad ante movimientos en masa en el área urbana del municipio de Versalles.

INSUMOS VULNERABILIDAD VERSALLES						
SECCION	Densidad ( $\text{kg/m}^3$ )	Gravedad ( $\text{m/s}^2$ )	Longitud (m)	Pid (N)	Pid (KN)	Pd Profundidad del deslizamiento (m)
A-A'	1310	9,8	142	1822996	1823	23
B-B'	1310	9,8	71	911498	911	17
C-C'	1670	9,8	299	4893434	4893	38
D-D' Izq	1670	9,8	85	1391110	1391	20
D-D' Der	1670	9,8	117	1914822	1915	26
E-E'	1700	9,8	69	1149540	1150	12
F-F'	1700	9,8	101	1682660	1683	23

**Fuente:** Elaboración propia

El perfil C' – C (), ubicado en el barrio Fundadores se dividió en zonas, tal como se señaló en la metodología al inicio de este documento, donde se indica que la zona uno (1) hace referencia a la zona estable superior de talud antes de la zona de falla, la zona dos (2) hace referencia a la zona potencialmente inestable donde se presentan los cambios de velocidad y profundidad aumentando la fuerza de impacto, la zona tres (3) va a ser la zona de deposición del material deslizado, la zona cuatro (4) hace referencia a la zona fuera del alcance del material deslizado, es decir que en esta zona no sucederían afectaciones.



**Figura 3.3.** Perfil geológico-geotécnico C'- C, barrio Fundadores área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA

En el municipio de Versalles se realizaron los estudios geológicos, geomorfológicos y geotécnicos para la zonificación de la amenaza alta, media y baja por movimientos en masa en el área urbana y de expansión. Los resultados concluyeron que los barrios Fundadores, El comercio, Guayabito, Carlos Holguín y un sector del área de expansión, se encuentran en amenaza alta y media, mientras que el resto del municipio se encuentra en baja. Por lo tanto, la caracterización de los elementos expuestos estructurales, corporales y funcionales, así como la determinación de la vulnerabilidad y afectación se definieron para estos barrios.

A partir de la información recolectada en campo y la información secundaria de los documentos del EOT del año 2000, Censo 2005, PMGRD del año 2012, la Revisión y Actualización del PGIRS 2015 y el Plan de Desarrollo 2015-2019, se llevó a cabo la fase de identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos corporales y estructurales.

#### 3.2.1 Exposición de elementos expuestos

Para el fenómeno de movimientos en masa se determinaron posibles daños y afectaciones en la población, en los elementos de infraestructura, funcionales y ambientales. Teniendo en cuenta los para metros de las secciones transversales C'-C (con un volumen de 234902 m<sup>3</sup>, una velocidad de 4.6 m/s y una distancia de viaje de 98 m) y el D'-D<sub>Izq, Der</sub>, (con un volumen de 1825193 m<sup>3</sup>, una velocidad de 2.5 m/s y una distancia de viaje de 40 m, para el perfil izquierdo y en el derecho presenta un un volumen de 851026 m<sup>3</sup>, una velocidad de 2.1 m/s y una distancia de viaje de 45 m ) que atraviesa todo el barrio Fundadores de sur a norte y de este a oeste. Los otros perfiles hacen referencia a zonas donde hay indicios de amenaza media con poca representatividad como es el caso del perfil F'-F y B'-B, los demás perfiles aunque representan algún nivel de afectacion estan por fuera del área de estudio como el A'-A y el E'-E.

La Tabla 3.4 describe los efectos o daños esperados ante un evento de movimientos en masa en las construcciones, los elementos funcionales, el ambiente y las personas, teniendo en cuenta la

velocidad y volumen del material, con estas características y los resultados de los estudios se pueden generar procesos de intervención sectorial de una manera organizada y contundente.

**Tabla 3.4.** Determinación de los posibles efectos acorde con la intensidad y magnitud de los movimientos en masa

NIVEL	INTENSIDAD VELOCIDAD (mm/seg)	MAGNITUD VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	EFECTOS (DAÑOS)			
			Construcción	Funcionales	Ambientales	Corporales
BAJO	$5 \times 10^{-7} < v < 5 \times 10^{-4}$	$V < 100$	–	–	Perdida local de suelo agrícola y no agrícola	–
MEDIO	$5 \times 10^{-4} < v < 5 \times 10^{-1}$	$100 < V < 10^6$	Daño local a la infraestructura civil, agrietamientos menores en viviendas.  Daños parciales en pequeñas zonas urbanas.  Daños en instalaciones sociales o industriales.	Daños en infraestructura vial.  Daño en redes de servicios público.	Perdida de cultivos o de importancia económica.  Pérdidas moderadas en extensiones agrícolas y de cultivos	Heridos
ALTO	$5 \times 10^{-1} < v < 5 \times 10^3$	$10^6 < V$	Destrucción de viviendas o infraestructuras civiles Destrucción de grandes zonas urbanas (barrios, pueblos y veredas)	Grandes pérdidas económicas	Grandes extensiones de terreno agrícolas y no agrícolas	Pérdida de vidas humanas.

**Fuente:** elaboración propia con datos Cruden y Varnes (1996), Vargas, C, G (2000), ASG, 2007(b)

A continuación, se realiza la caracterización de los elementos expuestos corporal, estructural y funcional, siguiendo la metodología adaptada del SGC (2016) para este estudio.

### 3.2.2 Exposición de elementos Corporales (población)

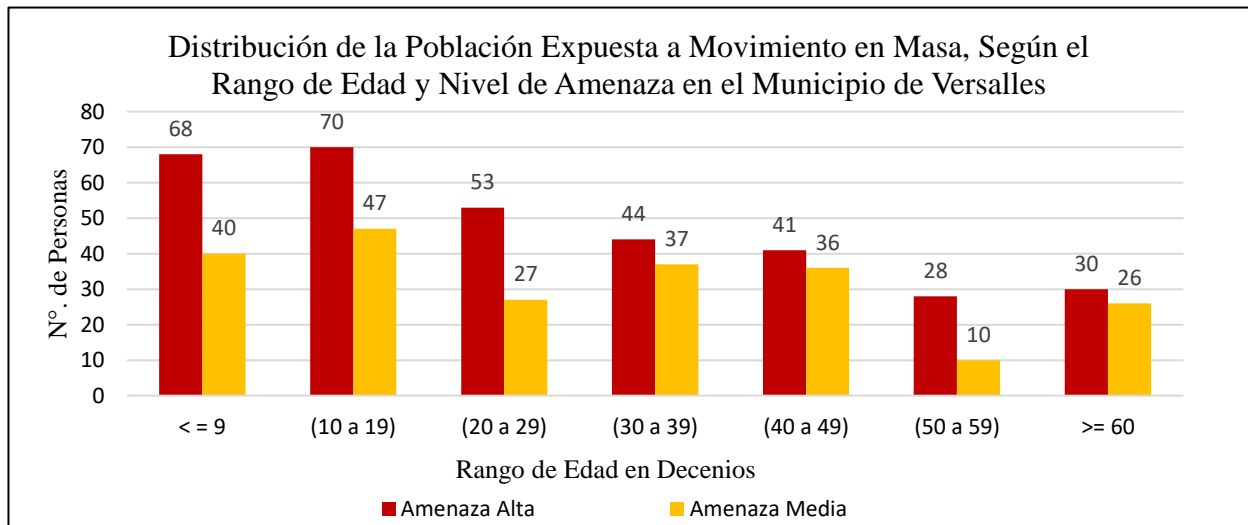
Para el análisis de la exposición corporal, se utilizó información poblacional por manzanas del Censo Nacional (DANE, 2005) extrayendo específicamente las manzanas localizada en amenaza alta y media ante movimientos en masa. Las variables analizadas fueron la edad y personas con limitaciones físicas.

La población resultante para el análisis fue de 557 personas localizado en condición de amenaza alta y media, de las cuales 68 personas menores de 9 años se encuentran en amenaza alta, seguido de 70 personas en edades de (10 – 19 años), 53 entre el rango de edad de (20 a 29), seguido de 44 personas entre los (30 – 39 años ) y 41 personas entre los (40 – 49 años), siendo la población infante y adolescentes los mayormente expuesta, cabe resaltar, que la población adulta mayor también comprende un número representativo de 30 personas en condición de amenaza alta. En el caso de la amenaza media la tendencia no cambia pues son los menores de 9 años los más expuestos con un total de 40 infantes y los jóvenes en el rango de edad de (10 a 19) con un total de 47 personas. Con este análisis se determina que la población mayormente expuesta ante movimientos en masa está en edades entre los 9 y 19 años (Tabla 3.5 y Figura 3.4).

**Tabla 3.5.** Edad de la población expuesta por movimientos en masa, área urbana del municipio de Versalles

RANGOS DE EDAD	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
< = 9	68	40
(10 a 19)	70	47
(20 a 29)	53	27
(30 a 39)	44	37
(40 a 49)	41	36
(50 a 59)	28	10
>= 60	30	26
<b>Total General</b>	<b>334</b>	<b>223</b>

**Fuente:** elaborado con información del DANE, 2005



**Figura 3.4.** Población expuesta a movimientos en masa, por rango de edad y nivel de amenaza en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles

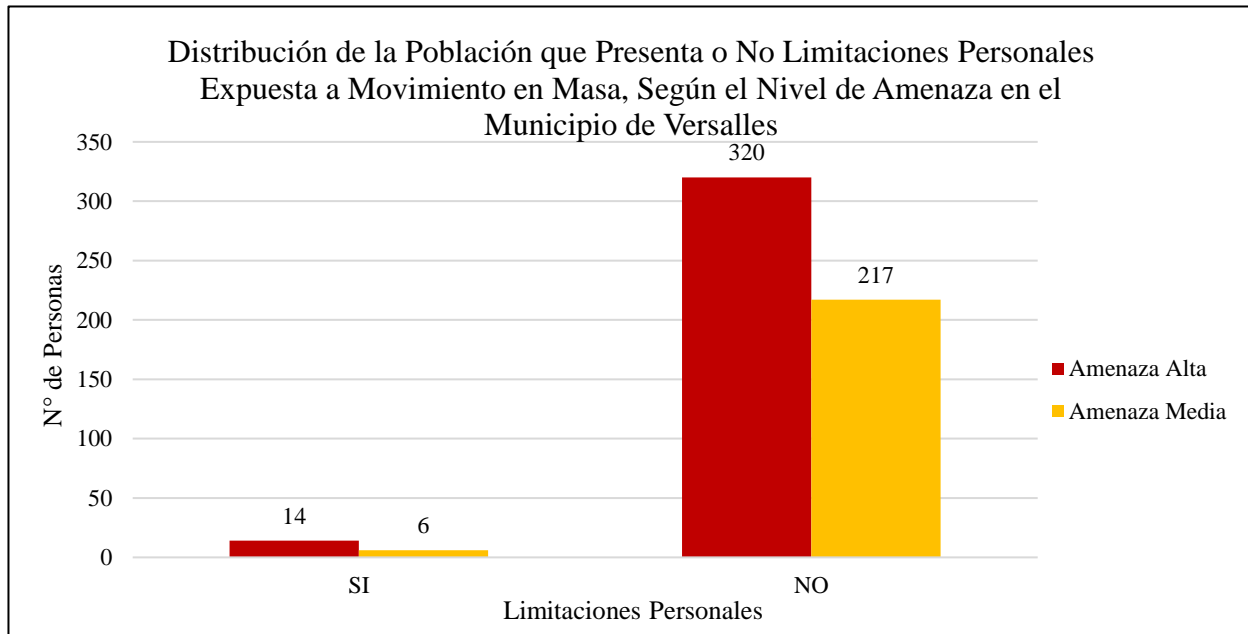
**Fuente:** elaborado con información del DANE, 2005

Para la variable de limitaciones físicas ( Tabla 3.6 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), en exposición alta ante movimientos en masa, existen 14 personas de un total de 230 y 6 de un total de 448 personas en condición de amenaza media, estas limitaciones pueden estar relacionadas con discapacidad auditiva, visual o motora, situaciones que limitan la reacción ante la manifestación de un evento natural.

**Tabla 3.6.** Personas con alguna limitación física expuesta a la amenaza alta y media por movimientos en masa en el municipio de Versalles

LIMITACIONES PERSONALES	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
SI	14	6
NO	320	217
<b>Total</b>	334	223

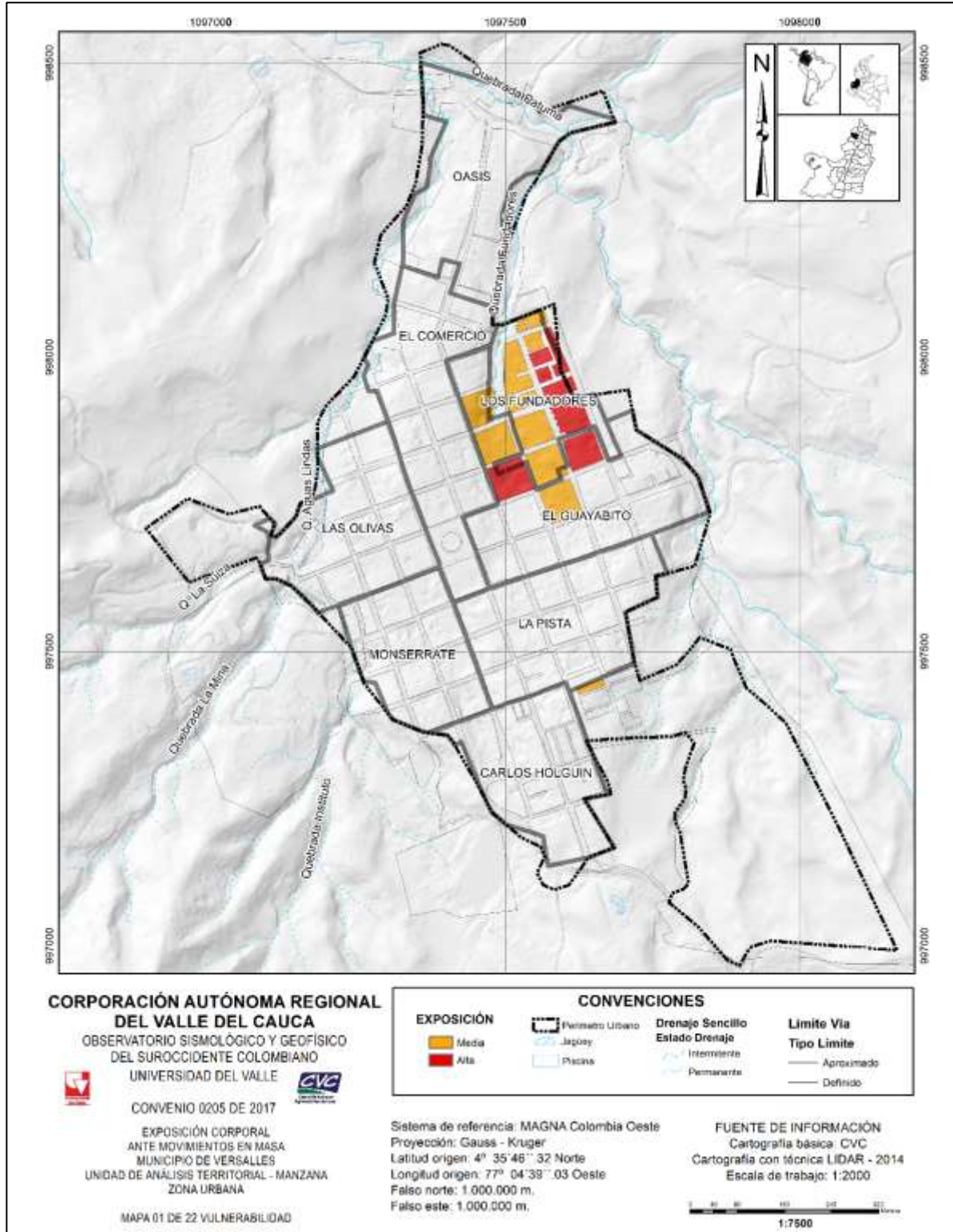
**Fuente:** elaborado con información del DANE, 2005



**Figura 3.5** Población que presenta o no limitaciones personales expuestas a movimientos en masa, según el nivel de amenaza en el municipio de Versalles

**Fuente:** elaborado con información del DANE, 2005

La Figura 3.6 se espacializan la distribución de la población que está expuesta ante el fenómeno de movimientos en masa donde la mayor concentración de amenaza alta y media se encuentra en el barrio Fundadores, en la parte norte del barrio Guayabito se identifica amenaza media y en menor cantidad amenaza media en el área de expansión en la parte sur del municipio cercana al barrio La Pista.



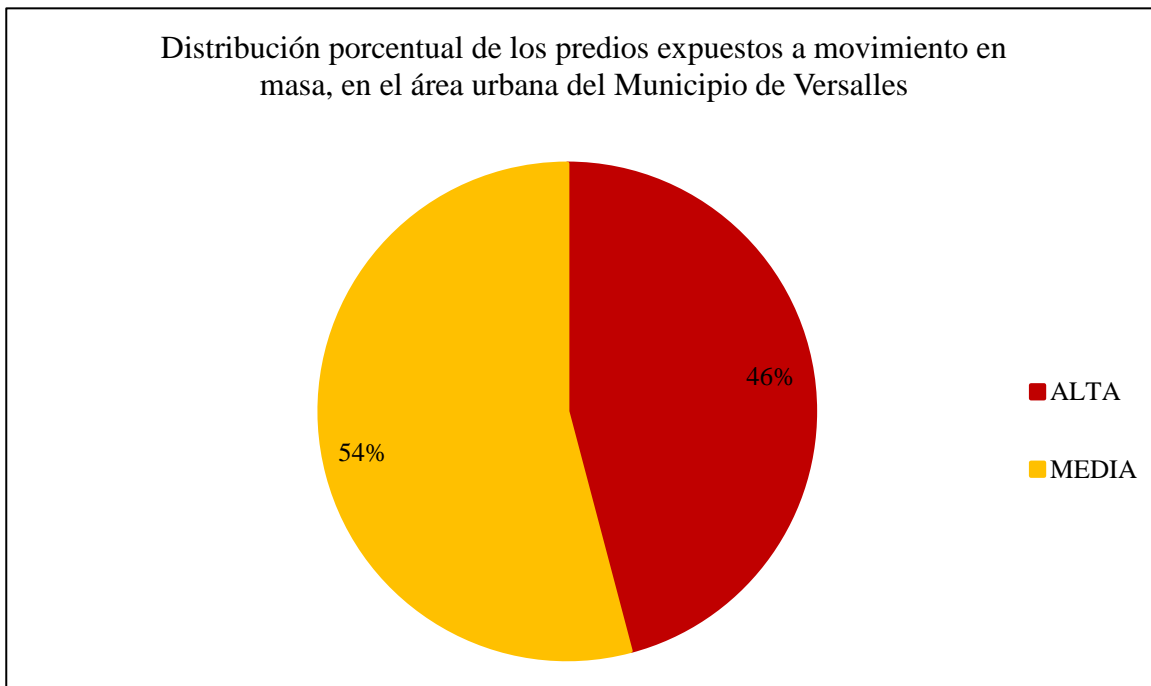
**Figura 3.6.** Mapa de exposición corporal ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia a partir de información de DANE,2005 y cartografía básica IGAC-CVC

### 3.2.3 Exposición de elementos estructurales

El análisis de la exposición de elementos estructurales se realizó a nivel predial de acuerdo a la información oficial liberada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC<sup>1</sup> los cuales fueron adquiridos de su plataforma. Por lo tanto, se consideró las edificaciones de los predios que legalmente están registrados teniendo en cuenta los factores o variables: 1) uso del predio, 2) tipología de la edificación, 3) estado de conservación, 4) edad de la edificación y 5) número de pisos de la edificación.

Tomando como base lo anterior, en el área urbana del municipio de Versalles hay un total de 106 viviendas (46%) expuestas en amenaza alta ante el fenómeno de movimientos en masa y 125 viviendas (54%) expuestas en amenaza media (Figura 3.7) para un total de 231 viviendas expuestas. En su gran mayoría de uso residencial, localizados en los barrios de Fundadores (en su mayoría), El Oasis, Las Olivas; y en menor cantidad El Comercio y el área de expansión del municipio.



**Figura 3.7.** Distribución porcentual de los predios expuestos a movimiento en masa, en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia

Cada uno de los factores considerados se describe a continuación:

<sup>1</sup> El Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia; elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble.

## Variable 1:

- **Uso Predial**

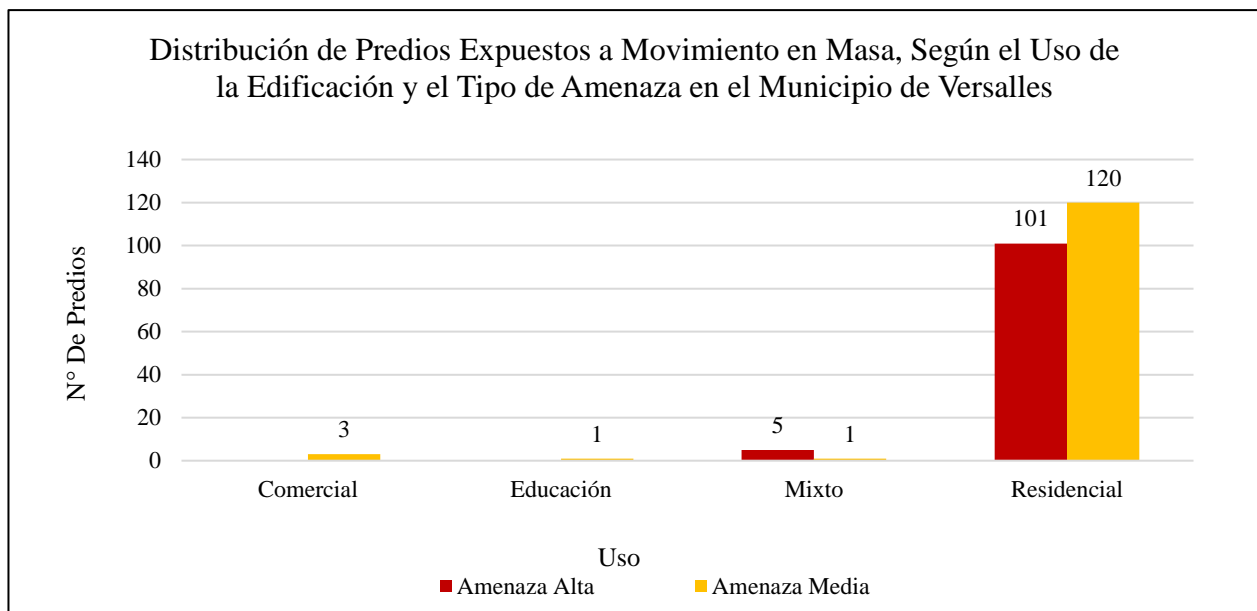
El análisis del uso predial de las edificaciones permite identificar la actividad destinada para cada construcción, dato relevante para el análisis de pérdidas económicas en caso de la manifestación de un evento de movimientos en masa.

Del total de las edificaciones expuestas el uso más representativo es el residencial tanto en amenaza alta y media con un total de 101 edificaciones expuestas en amenaza alta y 120 en media, el uso mixto hace referencia a comercial como tiendas, restaurantes u otras actividades económicas más el uso residencial, en este caso se tiene que hay 1 estructuras expuestas ante amenaza media y 1 en alta, en amenaza media se encontró una edificación de uso institucional educativa y 3 con uso comercial (Tabla 3.7 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

**Tabla 3.7.** Uso de la edificación expuesta ante movimientos en masa en zona de amenaza alta y media en el área del municipio de Versalles

USO	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
Comercial	0	3
Educación	0	1
Mixto	5	1
Residencial	101	120
<b>Total general</b>	<b>106</b>	<b>125</b>

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 3.8.** Distribución de las edificaciones expuestas a movimiento en masa según el uso y el tipo de amenaza en el municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.



**Variable 2:**

- **Tipología de la edificación**

El análisis de la tipología de las edificaciones permite establecer el material empleado en su construcción y que tan resistentes pueden ser, con el fin de establecer la cantidad de edificaciones de cada tipología expuestas y las pérdidas potenciales que podrían presentarse en cada una de ellas. 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 3.8).

**Tabla 3.8.** Tipología de construcción

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Mampostería Confinada y Edificaciones reforzadas (MC)</b>	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.
<b>Mampostería no reforzada (MNR)</b>	Estructuras con confinamiento deficiente y estructura 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.
<b>Muro Tapia, Bahareque (MTB)</b>	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.
<b>Otro</b>	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.

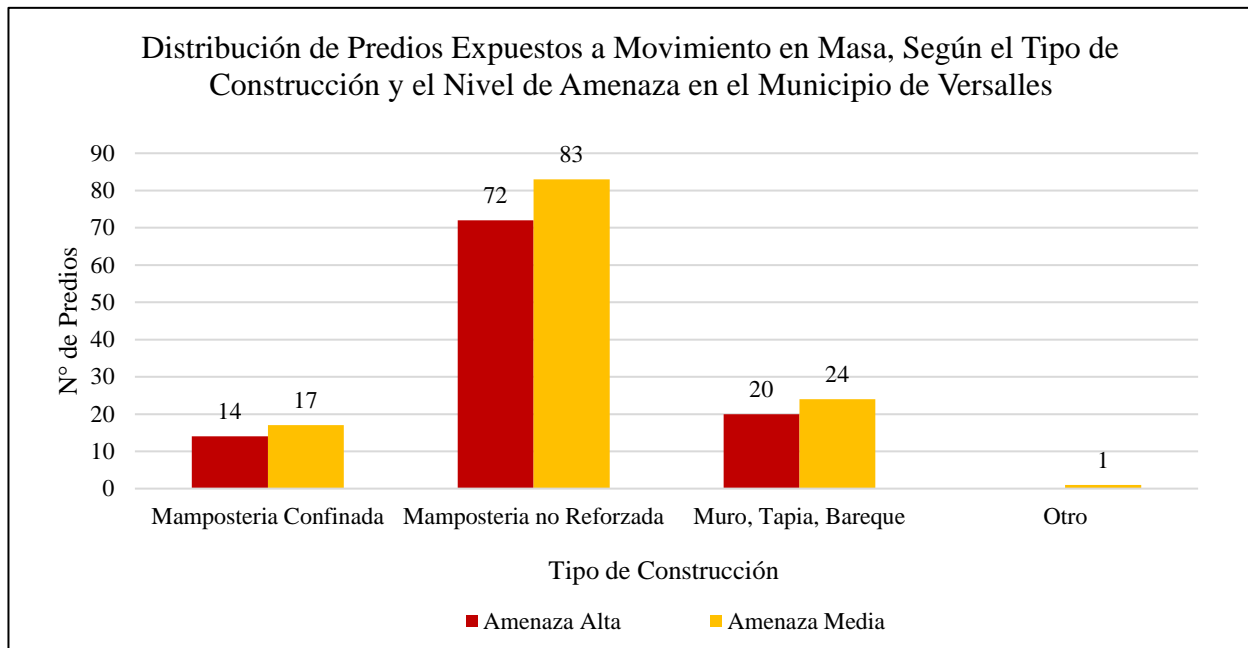
**Fuente:** elaborada con información de NRS-10, 2010 y SGC (2016).

De las 106 edificaciones en amenaza alta, la mayoría presenta como tipología de construcción mampostería no reforzada con un total de 72 construcciones, seguida de 20 en muro, tapia y bahareque (Tabla 3.9 y Figura 3.9), las que presentan exposición en amenaza media son 83 construcciones en mampostería no reforzada, seguida por 24 construcciones de muro, tapia y bahareque y 17 en mampostería confinada.

**Tabla 3.9.** Edificaciones en amenaza alta y media según la tipología de las construcciones

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
Mampostería Confinada	14	17
Mampostería no Reforzada	72	83
Madera, Tapia, Bahareque	20	24
Otro	0	1
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>106</b>	<b>125</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.9.** Distribución de las edificaciones expuestas a movimiento en masa según el tipo de construcción y el nivel de amenaza en el área urbana y de expansión municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

### Variable 3:

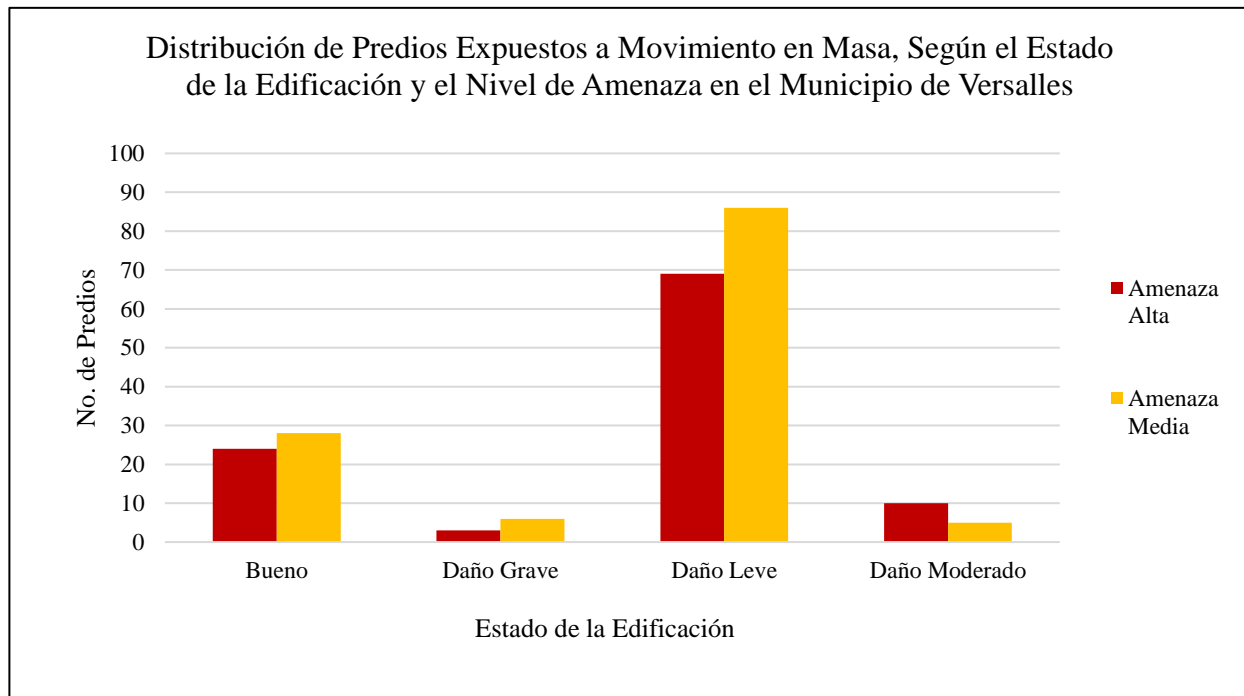
- **Estado de conservación**

Del total de las edificaciones observadas se tiene que 24 edificaciones se encuentran en buen estado y 69 con daños leves, 10 presentaron daños moderados y 3 daños graves, localizadas en zonas de amenaza alta, lo que indica que 3 de esas edificaciones expuestas podrían presentar grandes destrucciones en caso de la manifestación del evento de movimientos en masa. En amenaza media se identificaron 86 construcciones con daños leves, 5 con daños moderados y 28 en buen estado y 6 con daños graves, lo que indica que del total de las estructuras expuestas 9 se podrían ver fuertemente afectadas con la manifestación del evento. (Tabla 3.10 y Figura 3.10).

**Tabla 3.10.** Estado de conservación de las edificaciones expuestas a movimientos en masa, área urbana del municipio de Versalles

ESTADO	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
Bueno	24	28
Daño Grave	3	6
Daño Leve	69	86
Daño Moderado	10	5
<b>Total general</b>	<b>106</b>	<b>125</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.10.** Distribución de las edificaciones expuestas a movimiento en masa según el estado y el tipo de amenaza en el área urbana y de expansión municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

#### Variable 4:

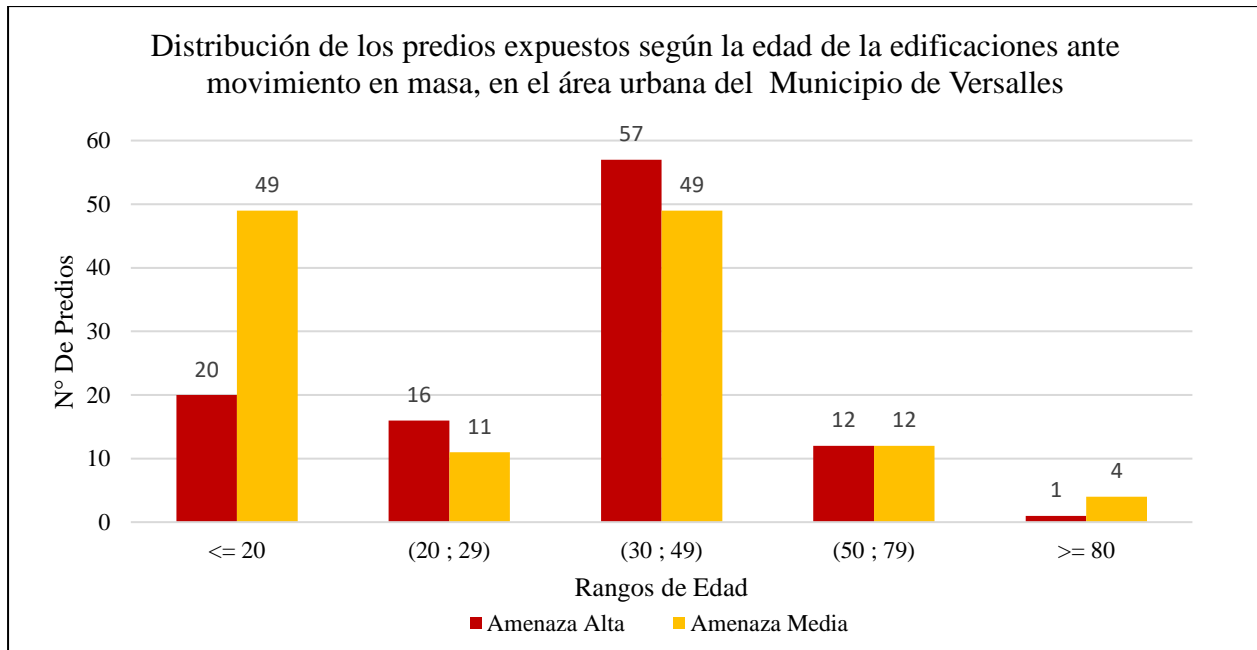
- **Edad de la estructura**

En las zonas donde la amenaza resulto alta se asume que las estructuras no son tan antiguas pues se tiene que en un rango de 20 a 49 años de edad se encuentran 73 construcciones y 13 construcciones mayores a cincuenta años; en amenaza media se encuentran 49 construcciones expuestas en edades entre los 30 y 49 años, seguido de 16 mayores de cincuenta años y 49 con menos de 20 años de construcción, lo anterior se ve reflejado en la Tabla 3.11 y en la Figura 3.11. Especialmente la información anteriormente expuesta se ve reflejada en la Figura 3.13, donde se identifican las manzanas del barrio Fundadores, Guayabito, El Comercio, Las Olivas y el área de expansión del municipio.

**Tabla 3.11.** Edad de las construcciones expuestas ante la amenaza alta y media por movimiento en masa en el área urbana del municipio de Versalles

RANGOS EDAD	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
<= 20	20	49
(20 ; 29)	16	11
(30 ; 49)	57	49
(50 ; 79)	12	12
>= 80	1	4
<b>Total general</b>	<b>106</b>	<b>125</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.11.** Distribución de la edad de las edificaciones expuestas ante movimiento en masa en el área urbana y de expansión municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

#### Variable 5:

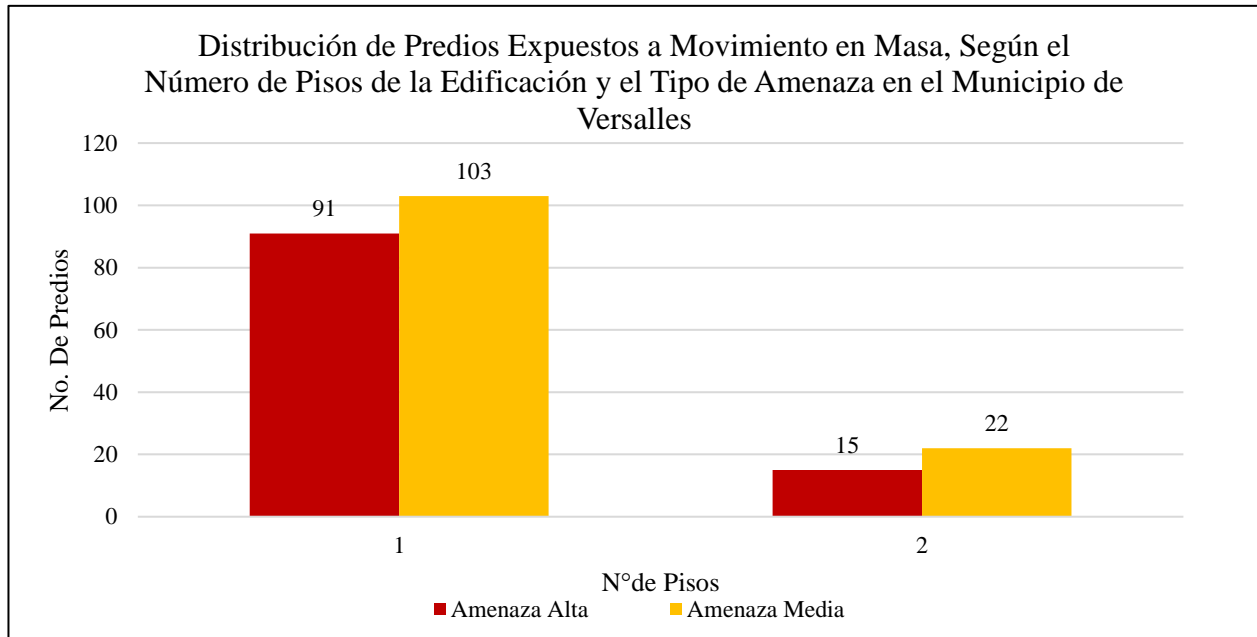
- **Altura de la edificación**

El número de pisos radica su importancia en la exposición a el evento de movimientos en masa en el impacto que puede causar en las edificaciones, en condición de amenaza alta se encontraron 15 construcciones de dos pisos, siendo más representativas las edificaciones de un solo piso con un total de 91, en amenaza media se tiene un total de 22 estructuras de dos pisos y 103 de un solo piso, siendo las edificaciones de un solo piso las más representativas en el área de interés (Tabla 3.12 y Figura 3.12).

**Tabla 3.12.** Número de pisos de las edificaciones expuestas a MM, área urbana del municipio de Versalles

PISOS DE LA EDIFICACIÓN	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
1	91	103
2	15	22
<b>Total general</b>	<b>106</b>	<b>125</b>

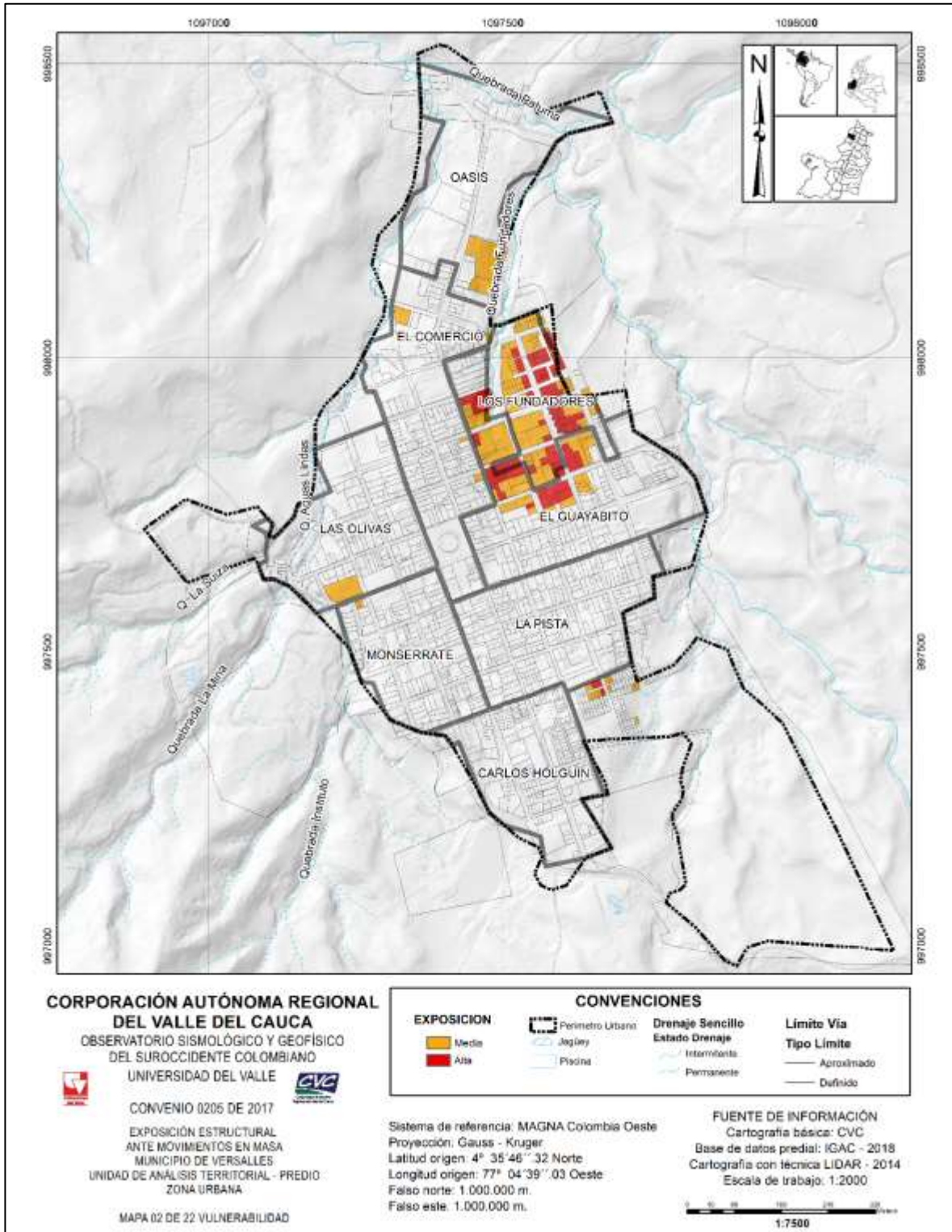
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.12.** Distribución de las edificaciones expuestas a movimiento en masa según el número de pisos y el tipo de amenaza en el área urbana y de expansión municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

En la **Figura 3.13** se espacializa la información de los elementos estructurales expuestas ante movimientos en masa correspondiente al nivel de amenaza alta y media en la zona urbana y de expansión del municipio de Versalles



**Figura 3.13.** Mapa de exposición estructural ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.2.4 Exposición de Líneas Vitales

Para el análisis de los elementos expuestos funcionales para las zonas de exposición alta y media por movimientos en masa se consideró los metros lineales de la red vial, redes de acueducto y alcantarillo y redes de gas natural domiciliario que se encuentran expuestas ante la posible manifestación del fenómeno.

Para el procesamiento de la información no fue posible obtener información oficial, sin embargo, se le da peso a la funcionalidad de la infraestructura y su longitud en km expuesto al fenómeno de movimientos en masa.

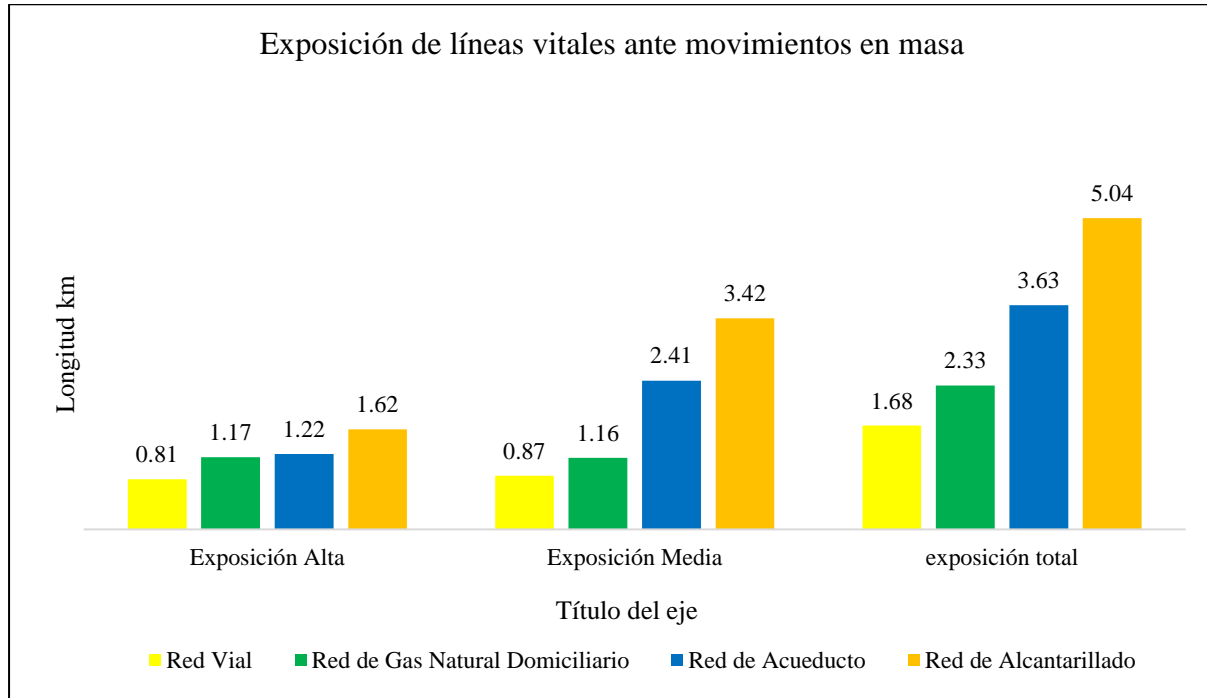
En la Tabla 3.13 y Figura 3.14 , se presenta las redes vial, de Acueducto y Alcantarillado y Gas Natural Domiciliario expuestas en las áreas de amenaza alta y media. La infraestructura vial se tiene en cuenta en caso de un deslizamiento ya que podría presentarse taponamiento en las vías, generando pérdida de comunicación del área urbana con otros sectores del municipio, donde la amenaza resulto alta y media en total hay 1,68 km de red vial expuesta de los cuales 0,81 están en amenaza alta y 0,87 km en media. En el caso de acueducto y alcantarillado, se tiene que un total de 3,63 km de acueducto se encuentran expuestos, de los cuales 1,22 km se encuentran en amenaza alta y 2,41 km en media, por alcantarillado en amenaza alta hay 1,62 km de red expuestos, seguido de 3,42 km expuestos en amenaza media. Del suministro de gas natural se tiene que 2,33 km se encuentran expuestos, 1,17 km en amenaza alta y 1,16 km en media.

**Tabla 3.13.** Líneas vitales expuestas al fenómeno de movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles.

TIPO DE LÍNEA VITAL	LONGITUD (KM)		TOTAL
	Exposición Alta	Exposición Media	
Red Vial	0,81	0,87	1,68
Red de Gas Natural Domiciliario	1,17	1,16	2,33
Red de Acueducto	1,22	2,41	3,63
Red de Alcantarillado	1,62	3,42	5,04

**Fuente:** elaboración propia.

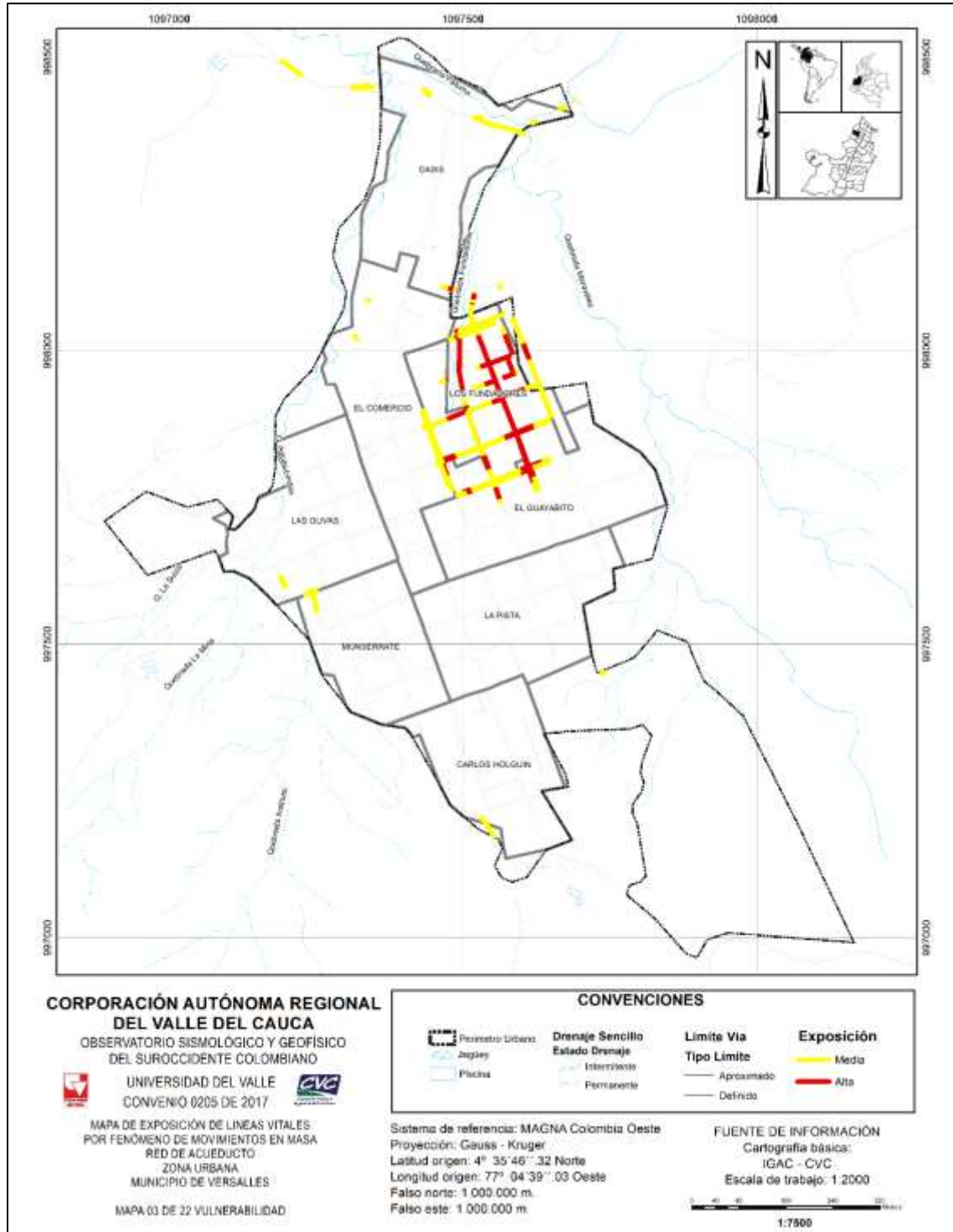
La especialización de la información anterior se refleja en las figuras Figura 3.15. Mapa de exposición de la red Acueducto ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión urbana del municipio de Versalles, Figura 3.16. Mapa de exposición de la red de Alcantarillado ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión urbana del municipio de Versalles, Figura 3.17. Mapa de exposición de la red de Gas Natural ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión urbana del municipio de Versalles, Figura 3.18. Mapa de exposición de la red Vial ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión urbana del municipio de Versalles.



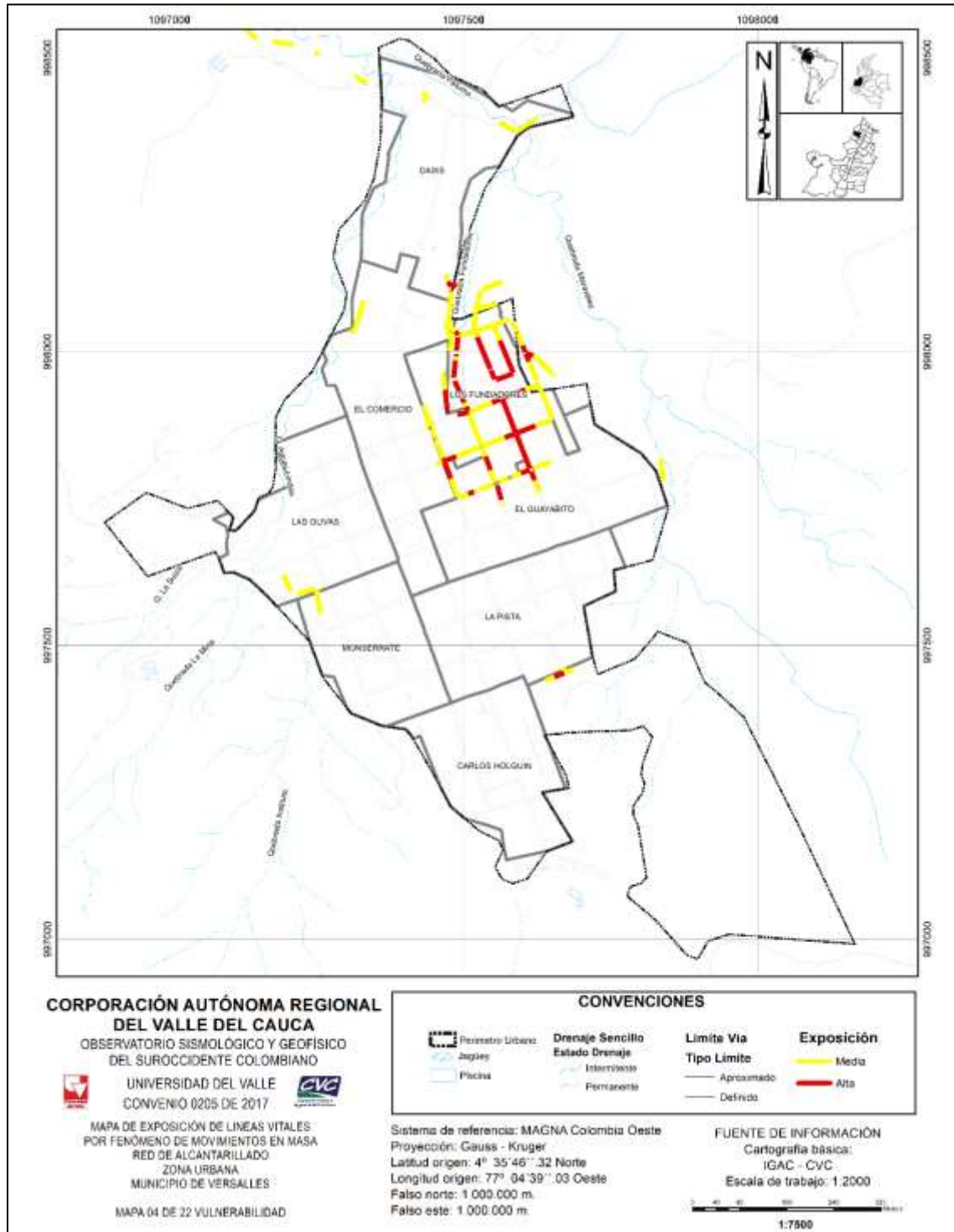
**Figura 3.14.** Exposición de líneas vitales ante movimientos en masa por nivel de amenaza en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

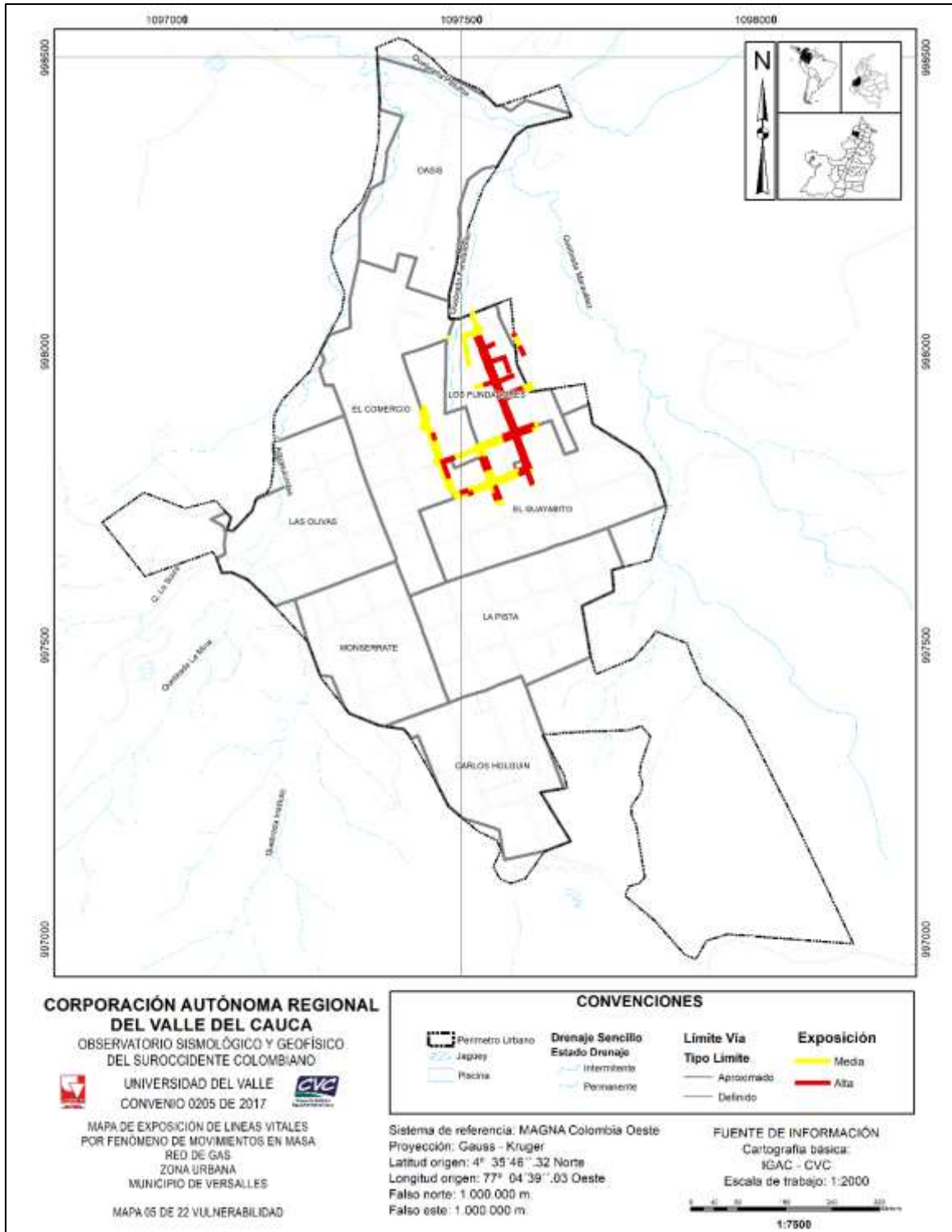




**Figura 3.15.** Mapa de exposición de la red Acueducto ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión urbana del municipio de Versalles  
**Fuente:** elaboración propia con información suministrada por la Alcaldía Municipal.

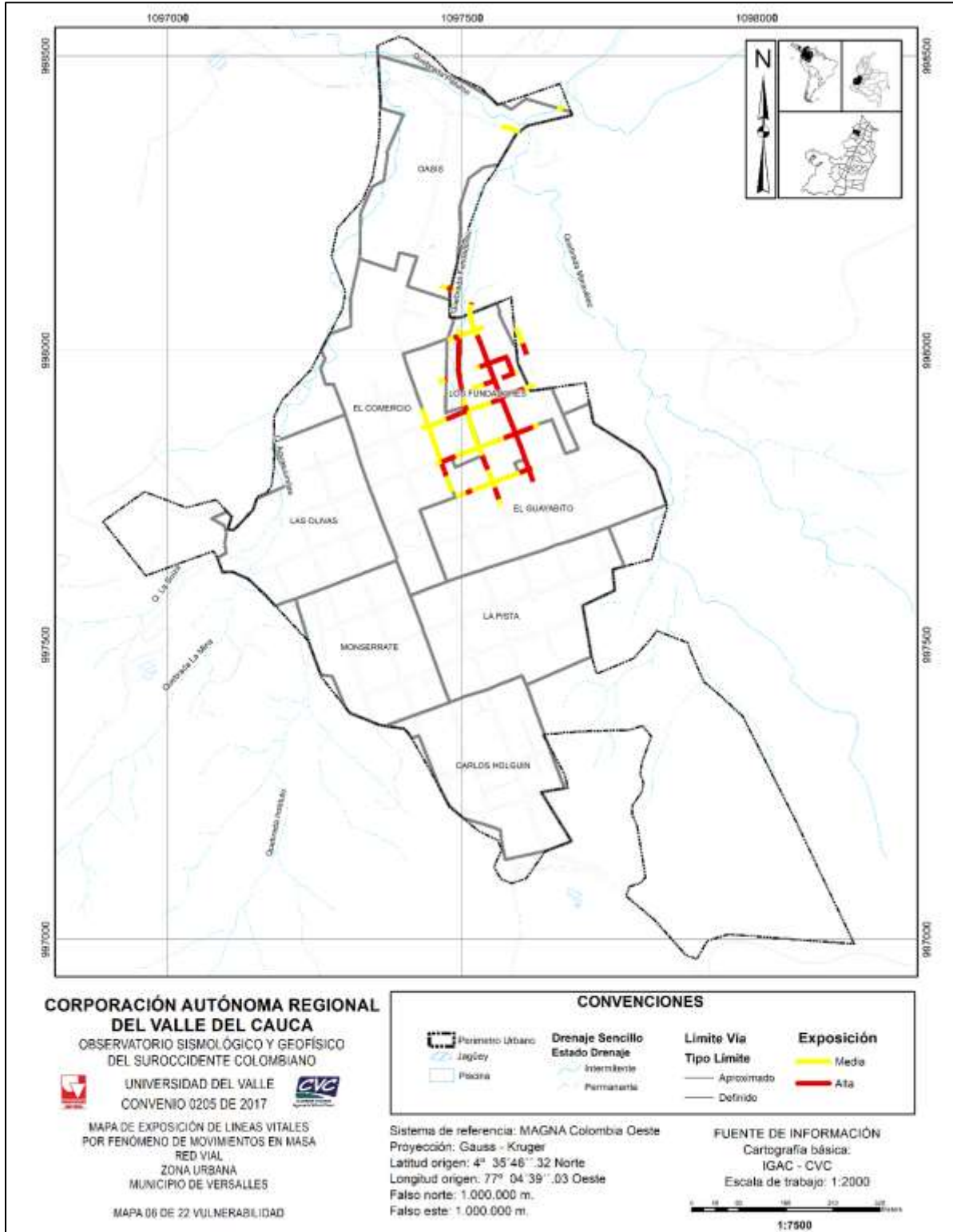


**Figura 3.16.** Mapa de exposición de la red de Alcantarillado ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión urbana del municipio de Versalles  
**Fuente:** elaboración propia con información suministrada por la Alcaldía Municipal.



**Figura 3.17.** Mapa de exposición de la red de Gas Natural ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia con información suministrada por Gases de Occidente



**Figura 3.18.** Mapa de exposición de la red Vial ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia con información del Instituto Nacional de Vías -APUS Valle (2018).

### 3.2.5 Factor de Resistencia (factor de seguridad) elementos expuestos

El factor de resistencia hace alusión a la fragilidad o debilidad ante el impacto de un elemento expuesto por el evento de movimientos en masa, siendo estos elementos corporales o estructurales.

#### 3.2.5.1 Factor de resistencia Corporal

Para el análisis del factor de resistencia corporal frente a movimientos en masa se contó con información poblacional del Censo del año 2005 (DANE, 2005) se logró una intercepción espacial. Teniendo en cuenta las variables: 1) la edad de la persona y 2) el número de personas con limitaciones físicas, al considerarse importantes para el análisis de vulnerabilidad.

Al igual que en exposición, para el factor de resistencia corporal se manejaron las mismas variables, edad de la población y limitaciones físicas.

#### Variable 1:

- **Edad de la Población**

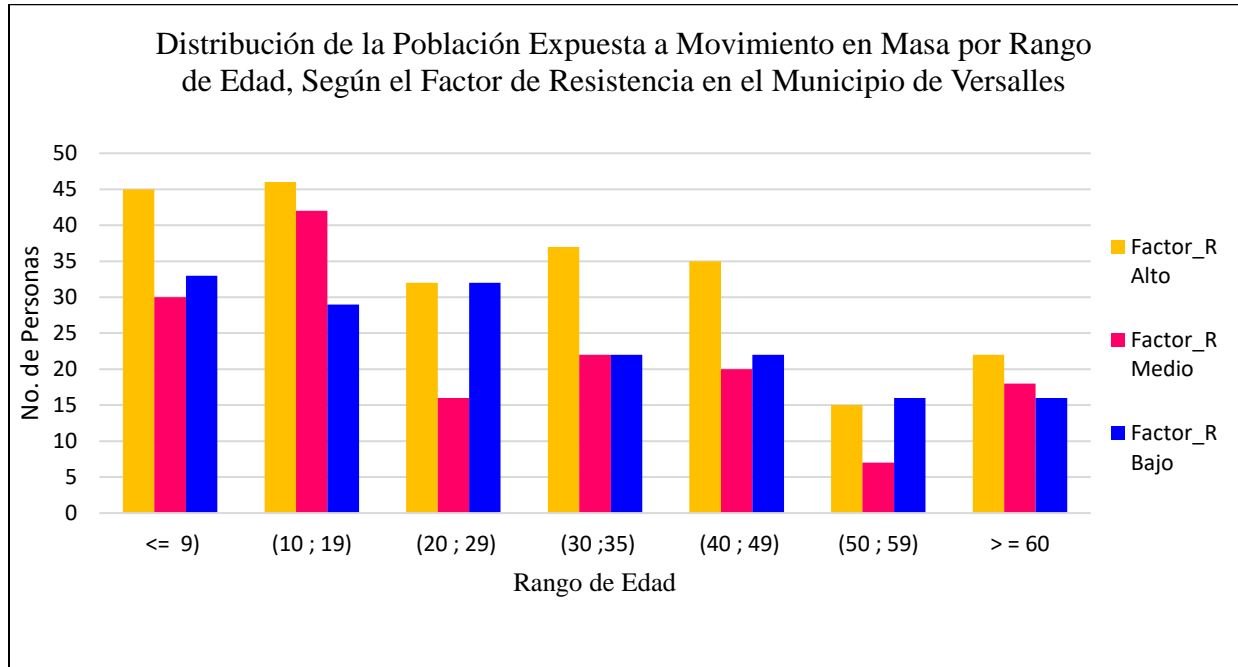
El análisis del factor de resistencia de la población según la edad considerada fue la población menor o igual a 9 años y mayor o igual a 60 años, puesto que se definió que esta población a la hora de la ocurrencia de un movimiento en masa necesita algún tipo de ayuda de otras personas, además en estudios de eventos ocurridos es la población más afectada. Cabe anotar que no se quiere decir que el resto de población no es vulnerable.

Las manzanas analizadas con estas características hacen parte del barrio Fundadores y una pequeña parte del área de expansión al sur del municipio. En la Tabla 3.14 se muestra la población con alta, media y baja resistencia, en este caso el análisis debe concentrarse en los resultados de resistencia media y baja, pues al presentar una baja resistencia se está señalando que son altamente frágiles o débil ante el impacto de la amenaza. Se tiene que un total de 170 personas son altamente frágiles principalmente los menores a 9 años con un total de 33, seguido de 32 personas en un rango de 20 a 29 años, 29 entre los 10 y 19 años, 44 en los rangos de 30 a 39 y 40 a 49, finalmente 16 personas entre los 50 y 59, otras 16 representan mayores a 60 años (Figura 3.19).

**Tabla 3.14.** Factor de resistencia de la población por edad expuesta a movimientos en masa en la zona urbana del municipio de Versalles

RANGOS DE EDAD	FACTOR DE RESISTENCIA ALTO	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
<= 9)	45	30	33
(10 ; 19)	46	42	29
(20 ; 29)	32	16	32
(30 ;39)	37	22	22
(40 ; 49)	35	20	22
(50 ; 59)	15	7	16
> = 60	22	18	16
<b>Total General</b>	<b>232</b>	<b>155</b>	<b>170</b>

**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005)



**Figura 3.19.** Población expuesta a movimiento en masa por manzanas, según el rango de edad y el factor de resistencia en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).

#### Variable 2:

- **Población con limitaciones físicas**

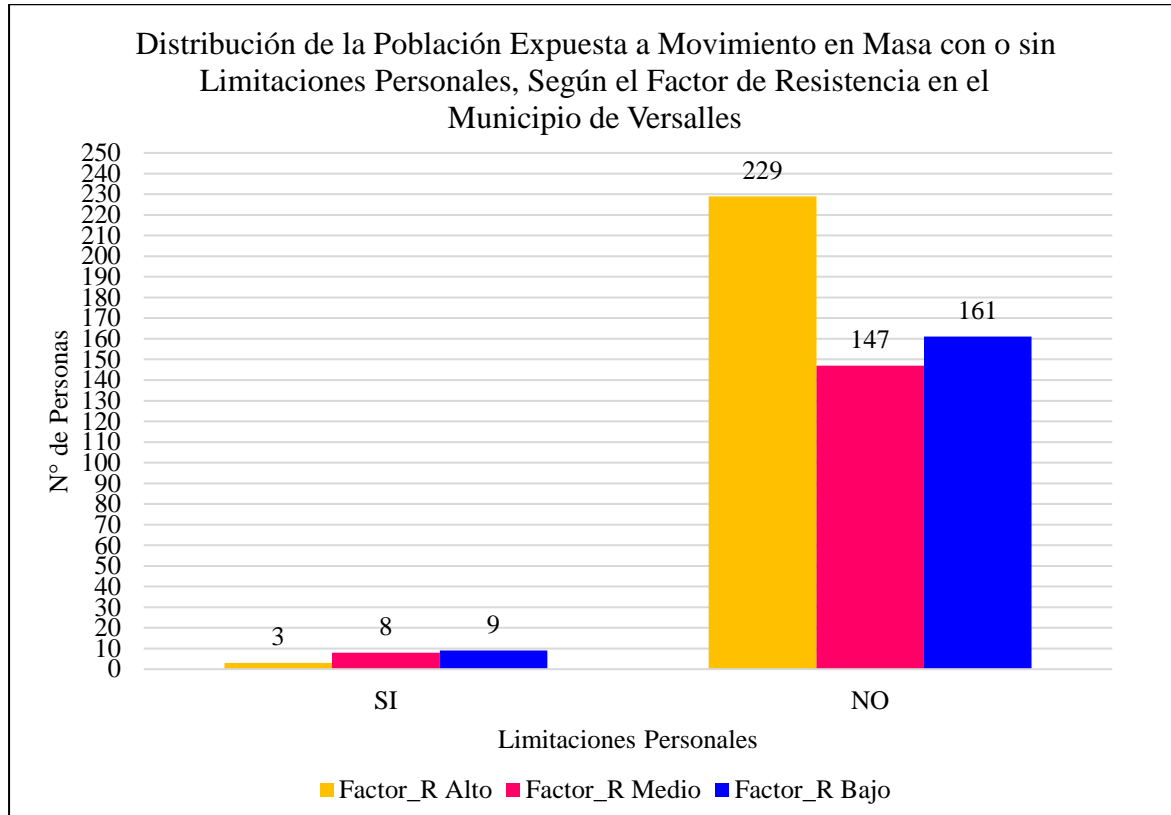
El análisis del factor de resistencia de la población con limitaciones físicas se consideró porque esta población depende total o parcialmente de la ayuda de otra persona para movilizarse; en el momento de la ocurrencia de un movimiento en masa el desplazamiento de esta población sería más complejo.

Con relación a las limitaciones personales en la Tabla 3.15 y Figura 3.20, se indica que 9 personas en condición de discapacidad presentan baja resistencia, seguida de 8 personas con resistencia media y 3 que a pesar de encontrarse con limitaciones presentan alta resistencia, siendo un total de 20 personas con limitaciones físicas. El cruce de las variables se ve reflejado en la Figura 3.21.

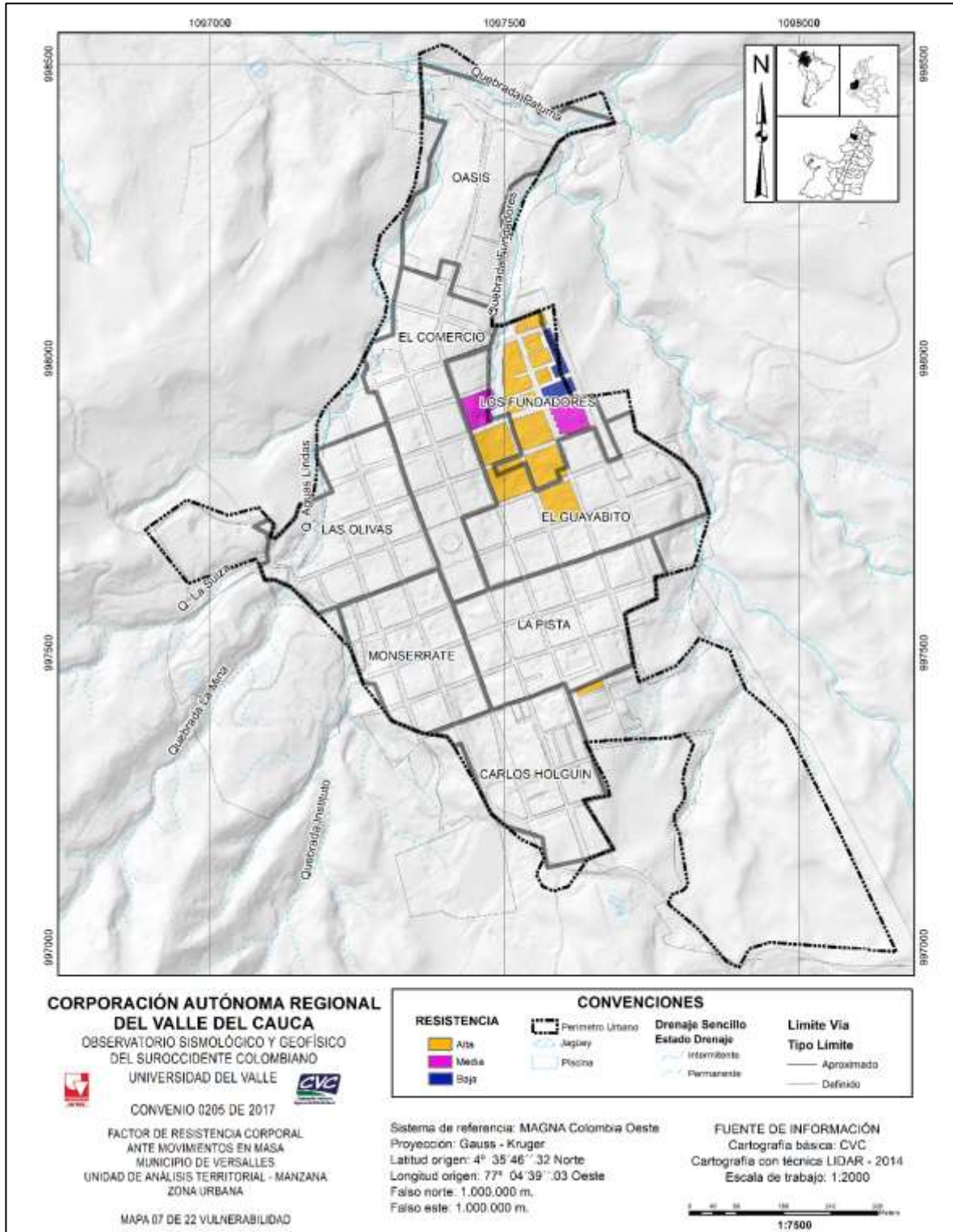
**Tabla 3.15.** Factor de resistencia de la población con o sin limitaciones expuesta ante movimientos en masa en el área urbana del municipio de Versalles

LIMITACIONES FÍSICAS	FACTOR DE RESISTENCIA ALTO	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
SI	3	8	9
NO	229	147	161
<b>Total General</b>	232	155	170

**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).



**Figura 3.20.** Población con y sin limitaciones personales por manzanas, expuesta a movimientos en masa, según el factor de resistencia en el área urbana municipio de Versalles
   
**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).



**Figura 3.21.** Mapa de factor de resistencia corporal ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia con datos del Censo 2005



### 3.2.5.2 Factor de Resistencia Estructural

El factor de resistencia de los elementos estructurales se analiza como la capacidad que tienen los elementos estructurales de soportar los esfuerzos a los que están sometidos en un movimiento en masa, teniendo en cuenta la intensidad, la magnitud y la distancia de viaje de la tierra movida con relación a las variables: 1) tipología de la edificación, el cual hace referencia al tipo de material empleado en la construcción, 2) estado de conservación, el cual se consideran los daños que presenta la edificación, 3) la edad de la construcción, es decir cuánto tiempo tiene la edificación de haberse construido y 4) Altura de la edificación, el cual hace referencia a la geometría.

#### Variable 1:

- **Tipología de la edificación**

En el caso de la resistencia estructural los resultados señalan que las estructuras en zona de amenaza alta y media ante el fenómeno de movimiento en masa en el área urbana del municipio con factor de resistencia bajo y medio son 231 de las cuales 17 (7%) presentan una resistencia media y 214 (93%) resistencia baja Figura 3.22, esto con relación al tipo de material y forma de construcción en el municipio.



**Figura 3.22.** Distribución porcentual de las edificaciones expuestas a movimiento en masa, según el factor de resistencia en el municipio de Versalles

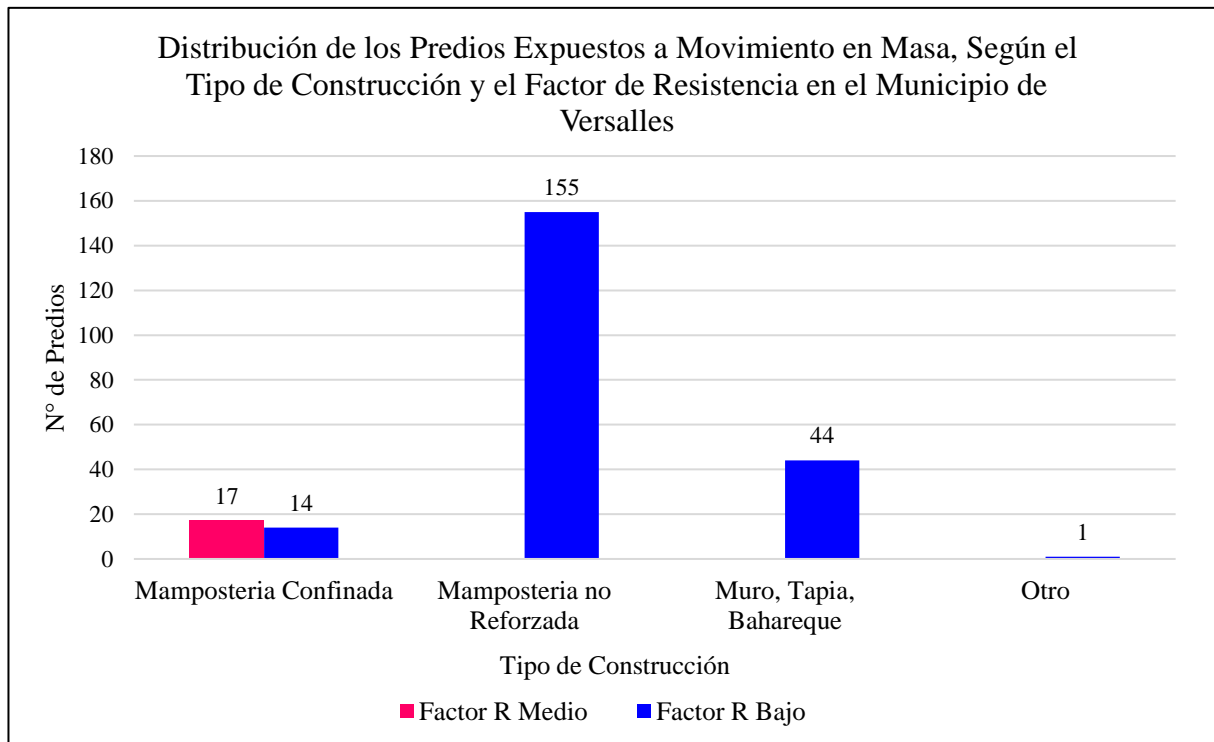
**Fuente:** Elaboración propia

Del total de las estructuras con factor de resistencia medio y bajo se tiene que 17 edificaciones construidas en mampostería confinada presentan un factor de resistencia medio, mientras que 155 construidas en mampostería no reforzada presentan factor de resistencia bajo, seguido de 44 en Muro, Tapia, Bahareque, 1 en material reciclable y 14 que a pesar de estar en mampostería confinada, por su localización y su cercanía a la amenaza presentan factor de resistencia bajo (Tabla 3.16 y Figura 3.23).

**Tabla 3.16.** Factor de resistencia por tipología de construcción en amenaza alta y media en el área urbana de Versalles

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
Mampostería Confinada	17	14
Mampostería no Reforzada	0	155
Muro, Tapia, Bahareque	0	44
Otro	0	1
<b>Total general</b>	<b>17</b>	<b>214</b>

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.23.** Edificaciones expuestas a movimiento en masa según el tipo de construcción y el factor de resistencia en el área urbana municipio de Versalles

**Fuente:** Elaboración propia

#### Variable 2:

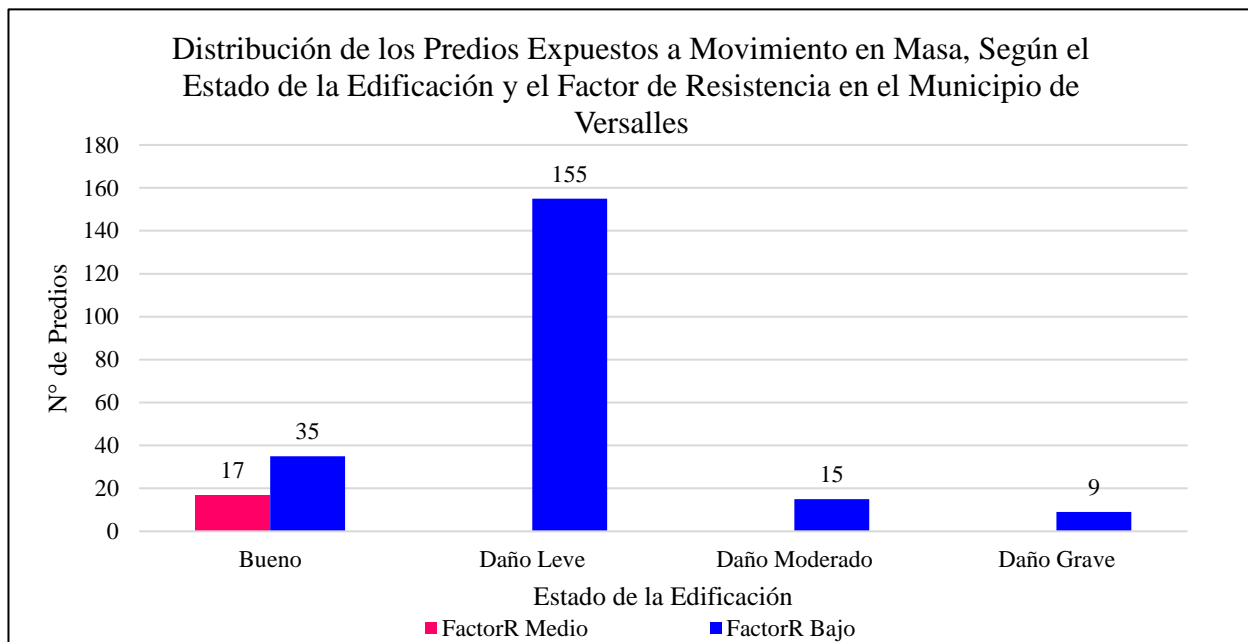
- **Estado de conservación de la edificación**

El factor de resistencia con relación al estado de las construcciones indica que 17 de las edificaciones con mediana resistencia se encuentran en buen estado, mientras que, 155 construcciones con baja resistencia presentan daños leves, 15 daños moderados y 9 graves daños (Tabla 3.17 y Figura 3.24), esto indica que en la manifestación de un evento las construcciones con factor de resistencia bajo y con el estado actual de conservación, se podrían ver fuertemente impactadas.

**Tabla 3.17.** Factor de resistencia según el estado de las edificaciones con base al fenómeno de movimientos en masa en zonas de amenaza alta y media en el área urbana del municipio de Versalles

ESTADO DE LA EDIFICACIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
Bueno	17	35
Daño Leve	0	155
Daño Moderado	0	15
Daño Grave	0	9
<b>Total general</b>	<b>17</b>	<b>214</b>

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.24.** Distribución de las edificaciones expuestas a movimiento en masa según el número de pisos y el factor de resistencia en el área urbana municipio de Versalles

**Fuente:** Elaboración propia

### Variable 3:

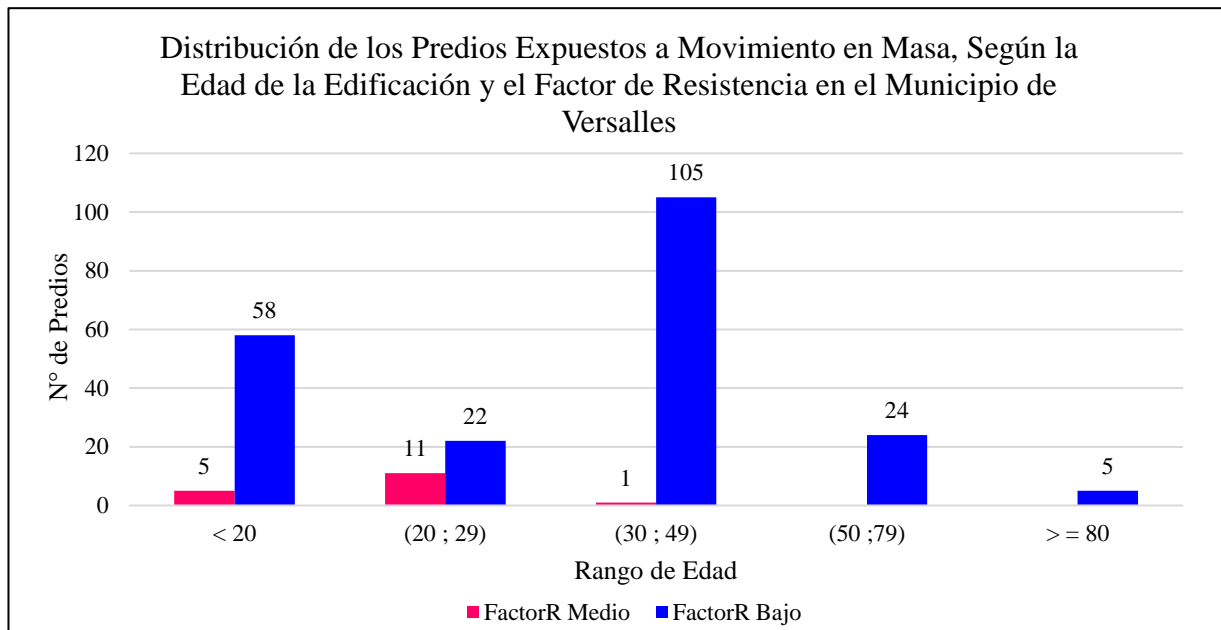
- **Edad de la edificación**

El factor de resistencia según la edad de la edificación se muestra en la Tabla 3.18 y Figura 3.25, en las cuales se establecieron rangos de acuerdo a la información obtenida en el censo de inspección visual realizado en campo en las zonas de amenaza alta y media del municipio, donde se encontraron 105 edificaciones con resistencia baja entre los 30-49 años de construcción, seguida por 58 construcciones con menos de 20 años de ser construidas, 22 en un rango de 20 a 29 y 24 construcciones entre los 50-79 años, 5 construcciones con más de 80 años.

**Tabla 3.18.** Factor de resistencia según la edad de la edificación frente a movimiento en masa del área urbana del municipio de Versalles

EDAD DE EDIFICACIONES	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
< 20	5	58
(20 ; 29)	11	22
(30 ; 49)	1	105
(50 ;79)	0	24
> = 80	0	5
<b>Total general</b>	<b>17</b>	<b>214</b>

**Fuente:** Elaboración propia



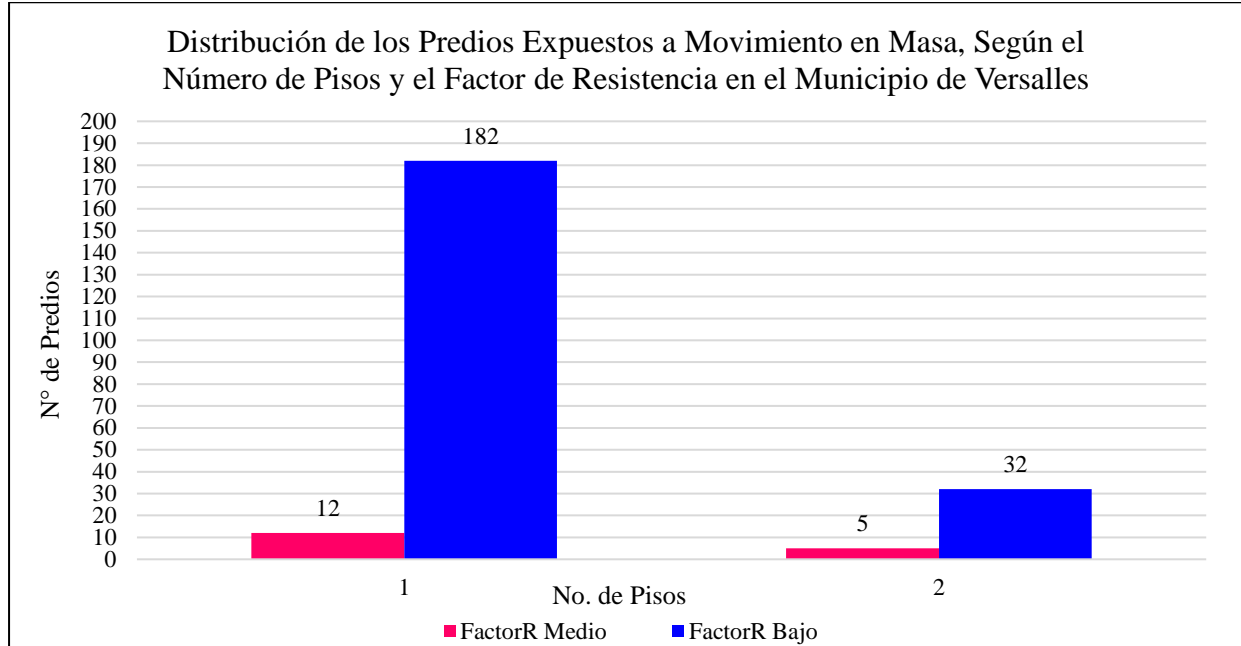
**Figura 3.25.** Edificaciones expuestas a movimiento en masa según la edad de la edificación y el factor de resistencia en el municipio de Versalles

**Fuente:** Elaboración propia

**Variable 4:**

- **Altura de la edificación**

El factor de resistencia con relación al número de pisos indica que en la zona de amenaza alta y media por movimientos en masa de Versalles 182 estructuras de un piso presentan baja resistencia ante el fenómeno, seguida de 32 de dos pisos. Con un factor de resistencia media se identificaron 12 estructuras de un piso y 5 de dos pisos, para un total de 231 estructuras con fragilidad o debilidad alta y media, localizadas principalmente en el barrio Fundadores, seguido de El Oasis, Las Olivas y unos predios del área de expansión (Figura 3.26).



**Figura 3.26.** Edificaciones expuestas a movimiento en masa según el número de pisos y el factor de resistencia en el área urbana Municipio de Versalles

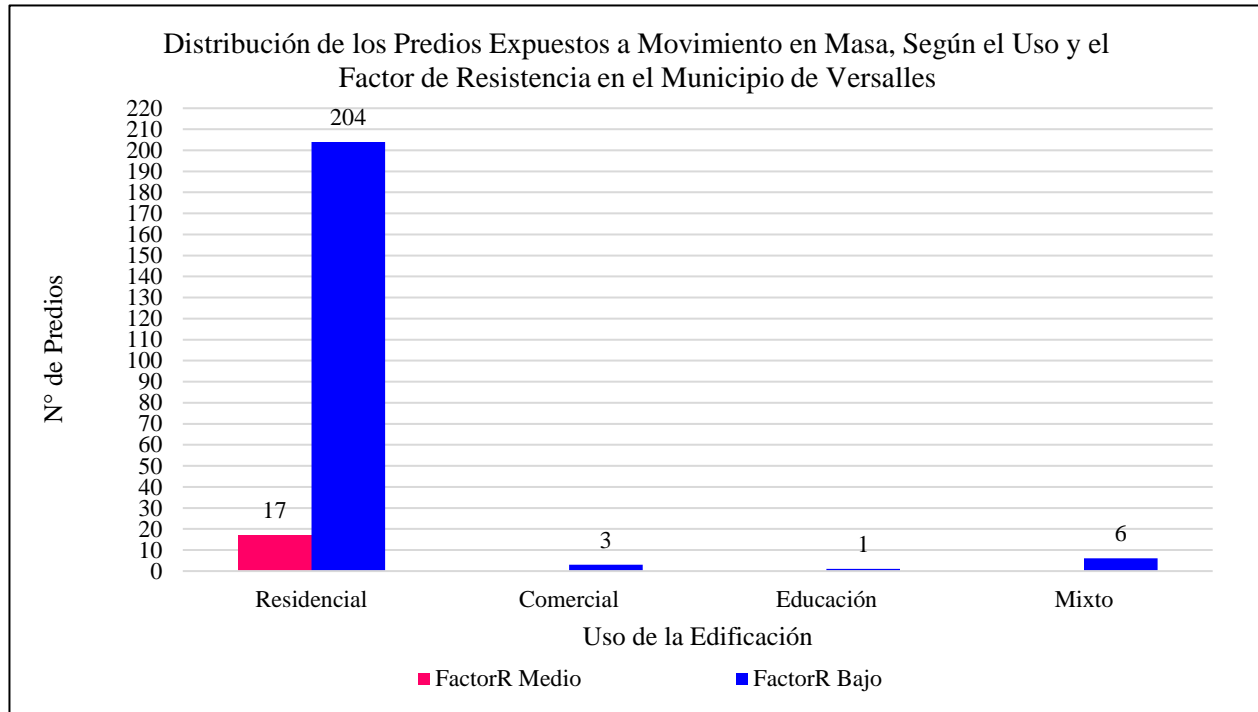
**Fuente:** Elaboración propia

El factor de resistencia con relación al uso de la edificación se estima que en baja resistencia se tienen 204 estructuras de uso residencial, 6 de uso mixto como tiendas y restaurantes acompañados del uso residencial, 3 en uso comercial, 1 en uso educativo, localizadas en zonas de amenaza alta y media. En el caso del factor de resistencia medio se encuentran 17 con uso residencial (Tabla 3.19 y Figura 3.27)

**Tabla 3.19.** Factor de resistencia estructural con relación al uso de la edificación

USO DE LA EDIFICACIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
Residencial	17	204
Comercial	0	3
Educación	0	1
Mixto	0	6
<b>Total general</b>	<b>17</b>	<b>214</b>

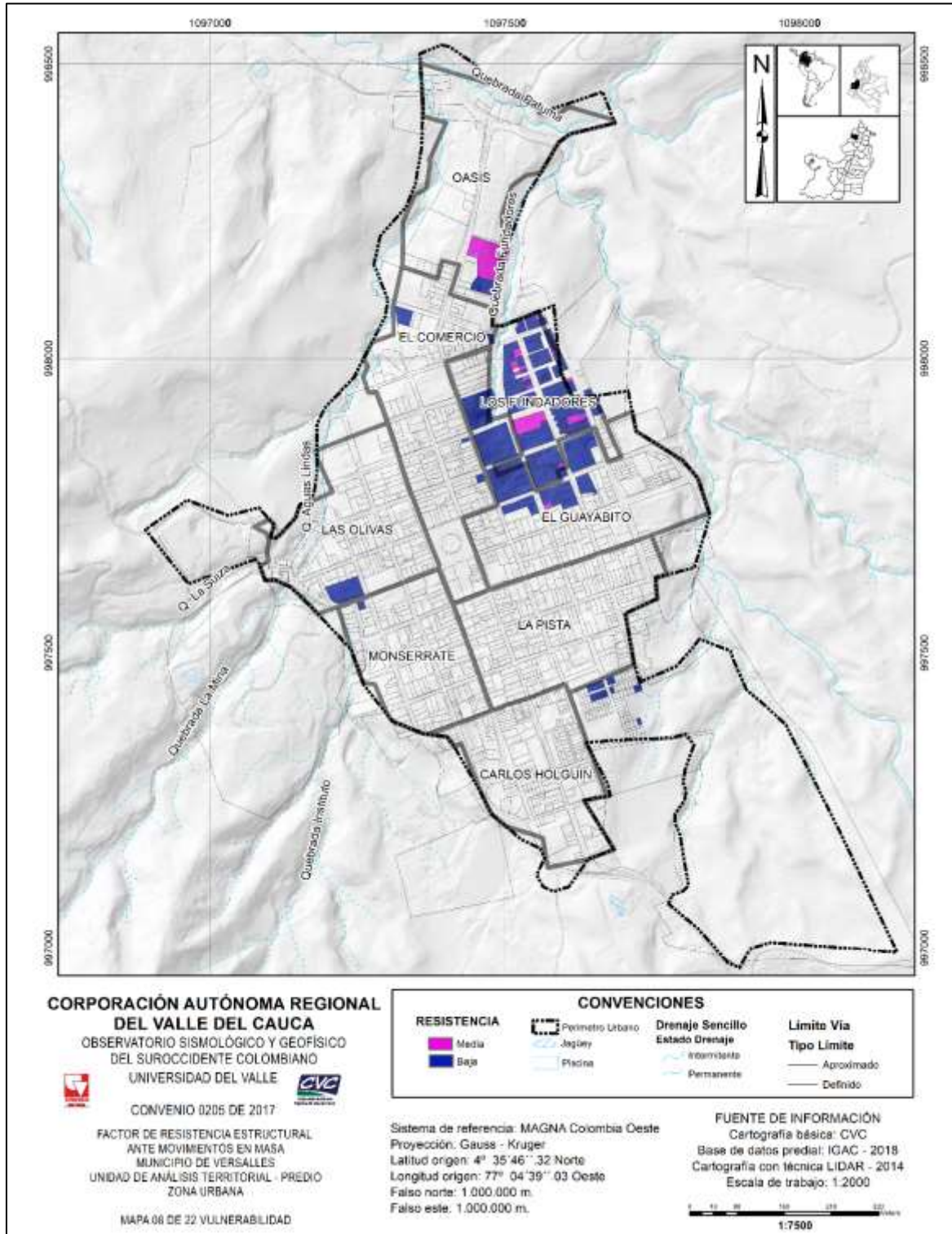
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.27.** Distribución de las edificaciones expuestas a movimiento en masa según el uso y el factor de resistencia en el área urbana de municipio de Versalles

**Fuente:** Elaboración propia

Espacialmente el cruce de las variables ya mencionadas se ven reflejadas en la Figura 3.28. Mapa de factor de resistencia estructural ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles donde se presenta baja resistencia corporal principalmente en los barrios: Fundadores, Las Olivas, El Comercio y El Oasis, siendo el barrio Fundadores donde predominan construcciones con un factor de resistencia bajo ante el fenómeno de movimientos en masa seguido del barrio El Oasis.



**Figura 3.28.** Mapa de factor de resistencia estructural ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia con datos recolectados en campo

### 3.3 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES

Con los resultados obtenidos de exposición de elementos y el factor de resistencia de los elementos expuestos se obtiene la vulnerabilidad tanto corporal como estructural para el fenómeno de movimiento en masa en el área urbana y de expansión en el municipio de Versalles.

#### 3.3.1 Vulnerabilidad Corporal (población)

En el análisis de la vulnerabilidad corporal se consideró la exposición y el factor de resistencia ante movimientos en masa de la población del área urbana del municipio de Versalles.

Se encuentra una población total de 557 personas con una vulnerabilidad alta y media, distribuida en 16 manzanas con un área de 36847,94m<sup>2</sup> y 168 predios. En vulnerabilidad alta se encuentra una población de 485 habitantes localizadas en un área por manzana de 30564,73 m<sup>2</sup>. La población con vulnerabilidad media es de 72 habitantes localizándose en 28 predios con un área de 6283,20 m<sup>2</sup>. (Tabla 3.20).

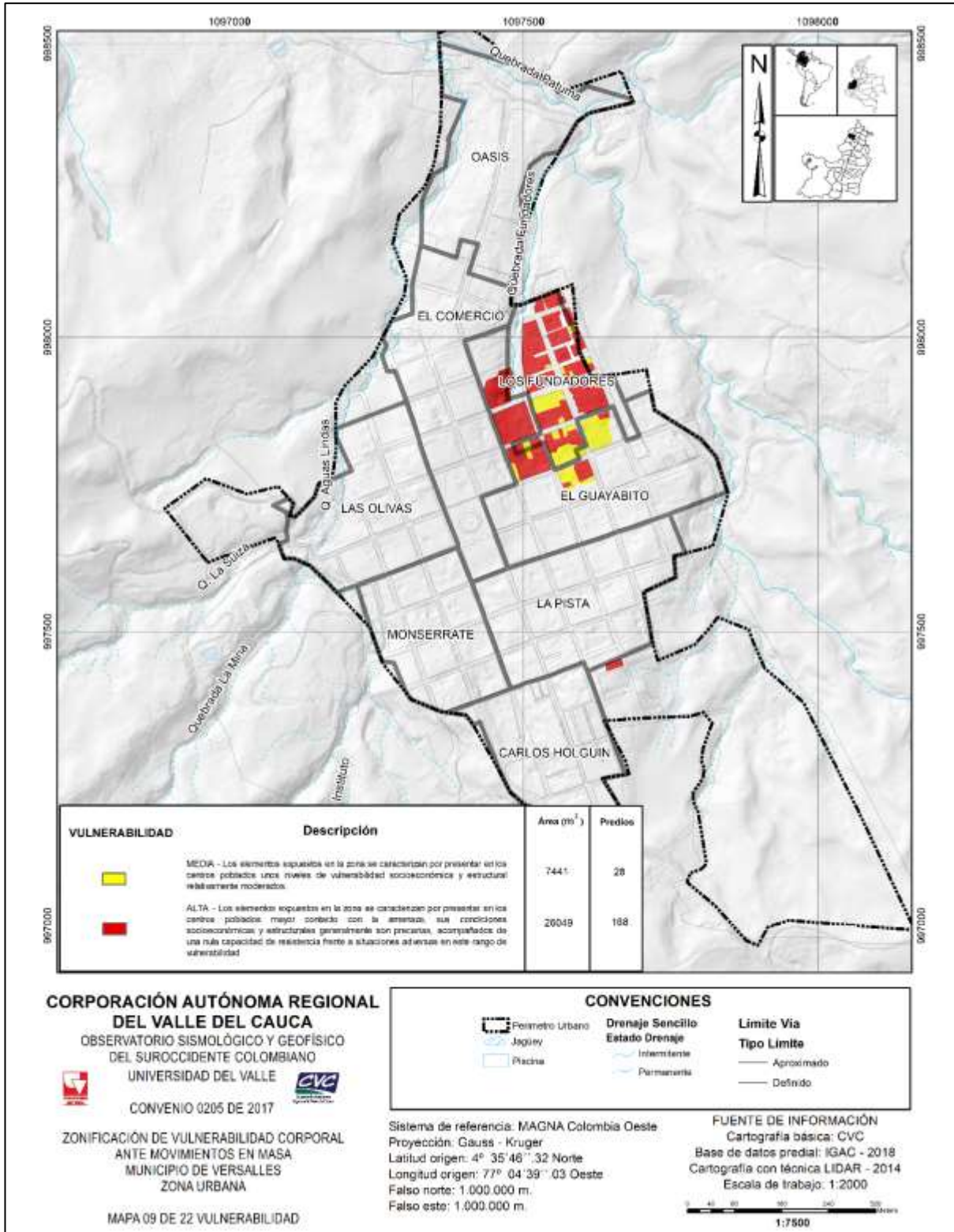
**Tabla 3.20.** Vulnerabilidad corporal por área de manzanas del área urbana del municipio de Versalles

VULNERABILIDAD CORPORAL	ÁREA (m <sup>2</sup> ) POR MANZANA	PORCENTAJE (%)	PREDIOS	MANZANAS	POBLACION POR MANZANA (DANE 2005)
ALTA	30564,73	0,83	168	14	485
MEDIA	6283,20	0,17	28	2	72
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>36847,94</b>	<b>1</b>	<b>196</b>	<b>16</b>	<b>557</b>

**Fuente:** elaboración propia con información del DANE, 2005.

En la Figura 3.29 se espacializa la vulnerabilidad corporal ante movimientos en masa en el área urbana del municipio de Versalles. En el mapa se visualiza que la vulnerabilidad es principalmente alta concentrada en el barrio Fundadores y media hacia la parte sur del mismo barrio. En el barrio Guayabito la vulnerabilidad es principalmente media en la parte norte del barrio, en este mapa se especifica unas áreas prediales de amenaza alta de 26926,23m<sup>2</sup> y en media de 8000,70 m<sup>2</sup>.





**Figura 3.29.** Mapa vulnerabilidad corporal por movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.3.2 Vulnerabilidad en las Edificaciones

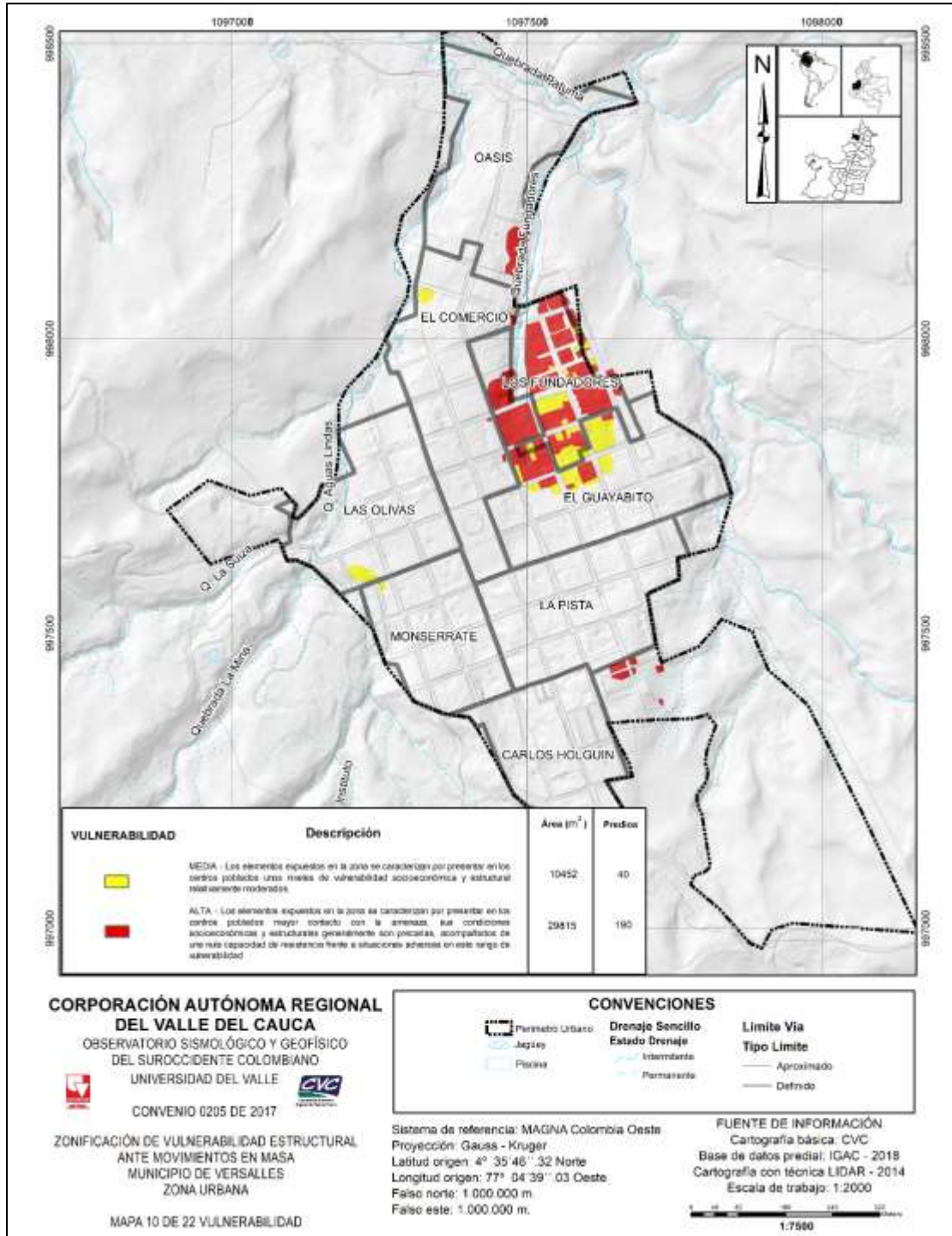
En el análisis de vulnerabilidad estructural se clasificó en alta y media por área m<sup>2</sup> del predio con un total de área de 46234,53 m<sup>2</sup>. En vulnerabilidad alta se encuentran un área de 33728,1 m<sup>2</sup>, representada en 190 predios; en vulnerabilidad media se tiene 40 predios y un área de 12506,4 m<sup>2</sup> (Tabla 3.21).

**Tabla 3.21.** Vulnerabilidad estructural predial en m<sup>2</sup> del área urbana del municipio de Versalles

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	PREDIOS
ALTA	33728,12	0,73	190
MEDIA	12506,40	0,27	40
TOTAL GENERAL	46234,53	1	230

**Fuente:** elaboración propia.

La espacialización de la vulnerabilidad estructural se visualiza en la Figura 3.30 donde se mantiene la tendencia en el barrio Fundadores pues este barrio es un relleno sobre una quebrada, condición que aumenta los procesos de desestabilización del terreno, también se resalta una franja del barrio El Oasis en la cercanía a la quebrada Fundadores, con vulnerabilidad media se encuentra un sector de los barrios Las Olivas y El Comercio.



**Figura 3.30.** Mapa de vulnerabilidad estructural ante movimientos en masa del área urbana y de expansión del municipio de Versalles.

**Fuente:** elaboración propia

#### 4. ESCENARIO DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE VERSALLES.

La reciprocidad entre el peligro de un fenómeno natural y las condiciones vulnerables creadas por una comunidad en su entorno físico y social es lo que determina el grado de afectación que pueda sufrir la misma.

La importancia de la realización de los estudios de los escenarios de afectación para el municipio de Versalles, ante el fenómeno de movimientos en masa a partir del desarrollo de la metodología propuesta en este estudio, se ve reflejada en el gran aporte al entendimiento del origen y comportamiento de escenarios de riesgo en los que, sin duda, es el primer paso para estructurar y aplicar acciones que eviten, en la medida de lo posible, pérdidas humanas y materiales, como consecuencia de la acción de dicho fenómeno.

Las zonas de estudio ante el fenómeno de movimientos en masa, se clasificaron en escenarios de afectación alta, media y baja:

- Afectación Baja: son las zonas que se caracteriza por presentar niveles de amenaza baja con unas condiciones de vulnerabilidad bajas.
- Afectación Media: son las zonas que se caracteriza por presentar niveles de amenaza moderada con niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural moderados.
- Afectación Alta: son las zonas que se caracterizan por presentar condiciones de amenaza alta, además de una vulnerabilidad alta debido a que las edificaciones presentan deficiencias en los materiales de construcción y daños moderados o graves. La población con poca o nula capacidad de resistencia.

##### 4.1 AFECTACIÓN CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA

En la Tabla 4.1 se presenta el número de la población por manzana y las áreas de cada una de las edificaciones que se localizan en los niveles de afectación alta, median y baja. Señalando que en afectación alta se encuentra un total de 557 personas, en 16 manzanas con un área predial de 29939,82 m<sup>2</sup> y 181 predios; en afectación media un área de 4987,11m<sup>2</sup>.

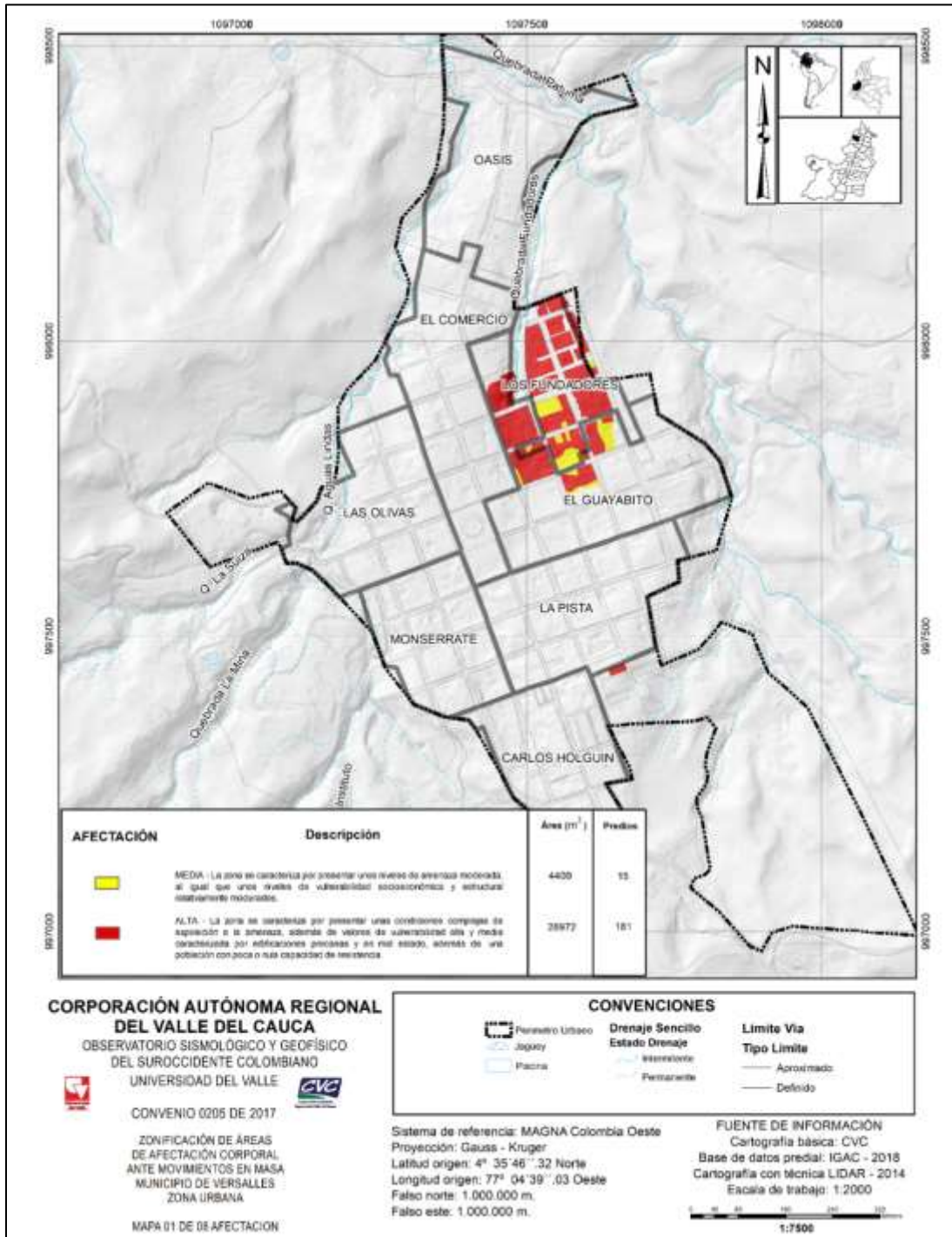
**Tabla 4.1.** Afectación corporal en el área urbana del municipio de Versalles

AFECTACION CORPORAL	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	PREDIOS	MANZANAS	POBLACION POR MANZANA (DANE 2005)
ALTA	29939,82	4,58	181	16	557
MEDIA	4987,11	0,76	15	0	0

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 4.1 Se presenta la espacialización de afectación corporal como resultado del cruce de las variables amenaza y vulnerabilidad ante el fenómeno de movimientos en masa en el casco

urbano del municipio de Versalles. El resultado indica que el barrio Fundadores presenta unos niveles de afectación o riesgo alta ante este fenómeno, resaltando unos pequeños sectores con afectación media.



**Figura 4.1.** Zonificación de áreas de afectación corporal ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia

## 4.2 AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE EL FENÓMENO DE MOVIMIENTOS EN MASA

En afectación estructural ante el evento de movimiento en masa se tiene que 205 predios se encuentran en afectación alta, seguido de 24 en afectación media, con relación al número de áreas con afectación alta se tienen 38944,21 m<sup>2</sup> y en media 7215,31m<sup>2</sup>, para un total de 46159,53m<sup>2</sup>, localizadas en el barrio Fundadores el cual se caracteriza por estar formado de suelos antrópicos depositados sobre una quebrada y con el tiempo estas áreas han sido edificadas (Tabla 4.2).

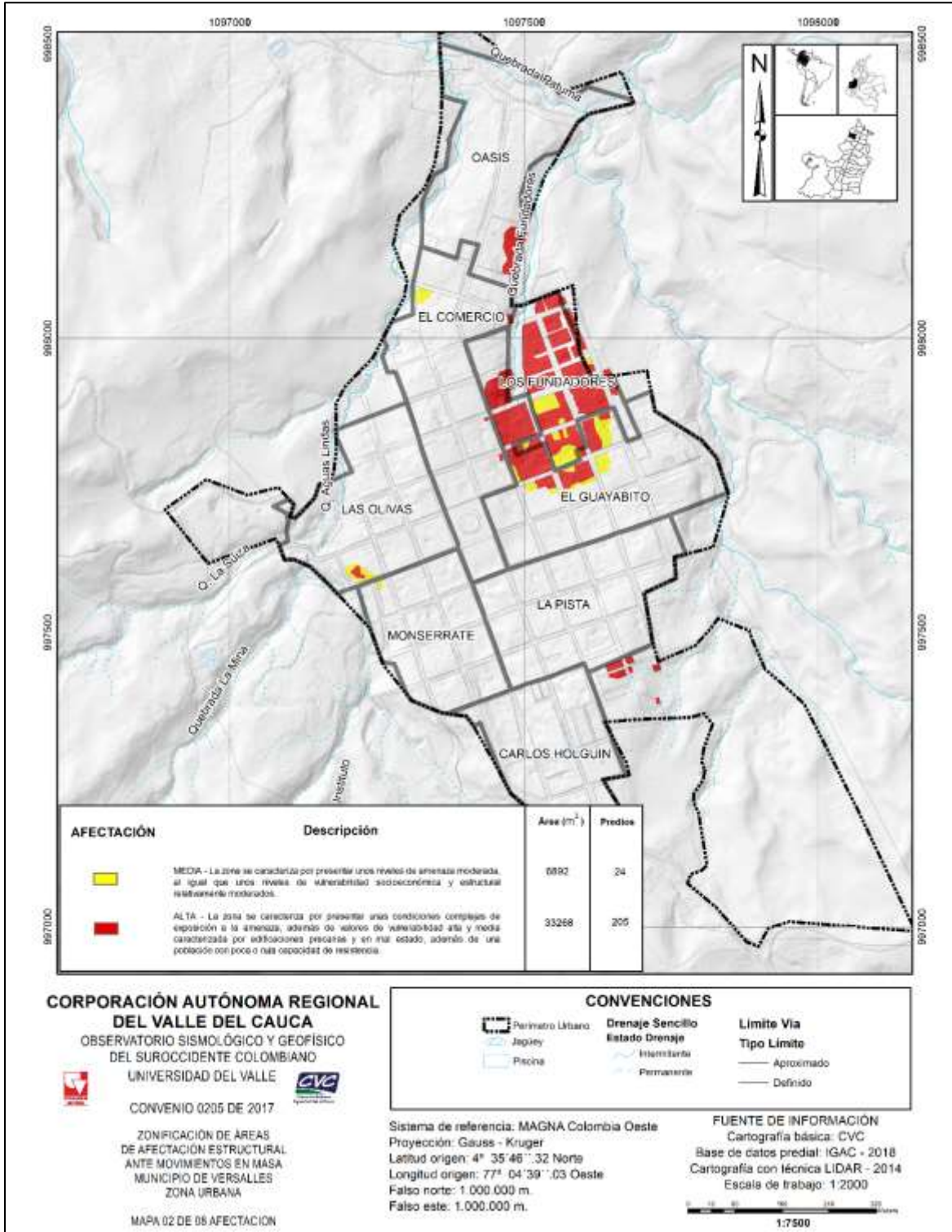
**Tabla 4.2.** Afectación estructura en el área urbana del municipio de Versalles

AFECTACION ESTRUCTURAL	ÁREA (M <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	PREDIOS
ALTA	38944,21	5,96	205
MEDIA	7215,31	1,10	24
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>46159,53</b>	<b>7,06</b>	<b>229</b>

**Fuente:** elaboración propia

La expresión gráfica se evidencia en la Figura 4.2, se puede identificar que la mayor afectación se mantiene en el barrio Fundadores, además de afectación alta en el sector del Oasis en el costado de la quebrada Fundadores, en afectación alta también se resalta un área en el barrio de La Pista; con afectación media se tiene un pequeño sector en el barrio El Comercio y otra en Las Olivas con tendencia a alta.

La afectación general se espacializa en la Figura 4.3 donde se logra identificar unos pequeños cambios en el barrio Las Olivas donde el riesgo por movimientos en masa se configura en medio, en los sectores resaltados con afectación en los barrios El Comercio, El Oasis y el área de expansión en el costado sur del municipio presentan riesgo alto; en el barrio Guayabito las áreas aumentan a riesgo medio con tendencia a alto. En el barrio Fundadores se mantienen los niveles de afectación siendo, en más del 80%, riesgo alto.



**Figura 4.2.** Zonificación de áreas de afectación estructural ante movimientos en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia

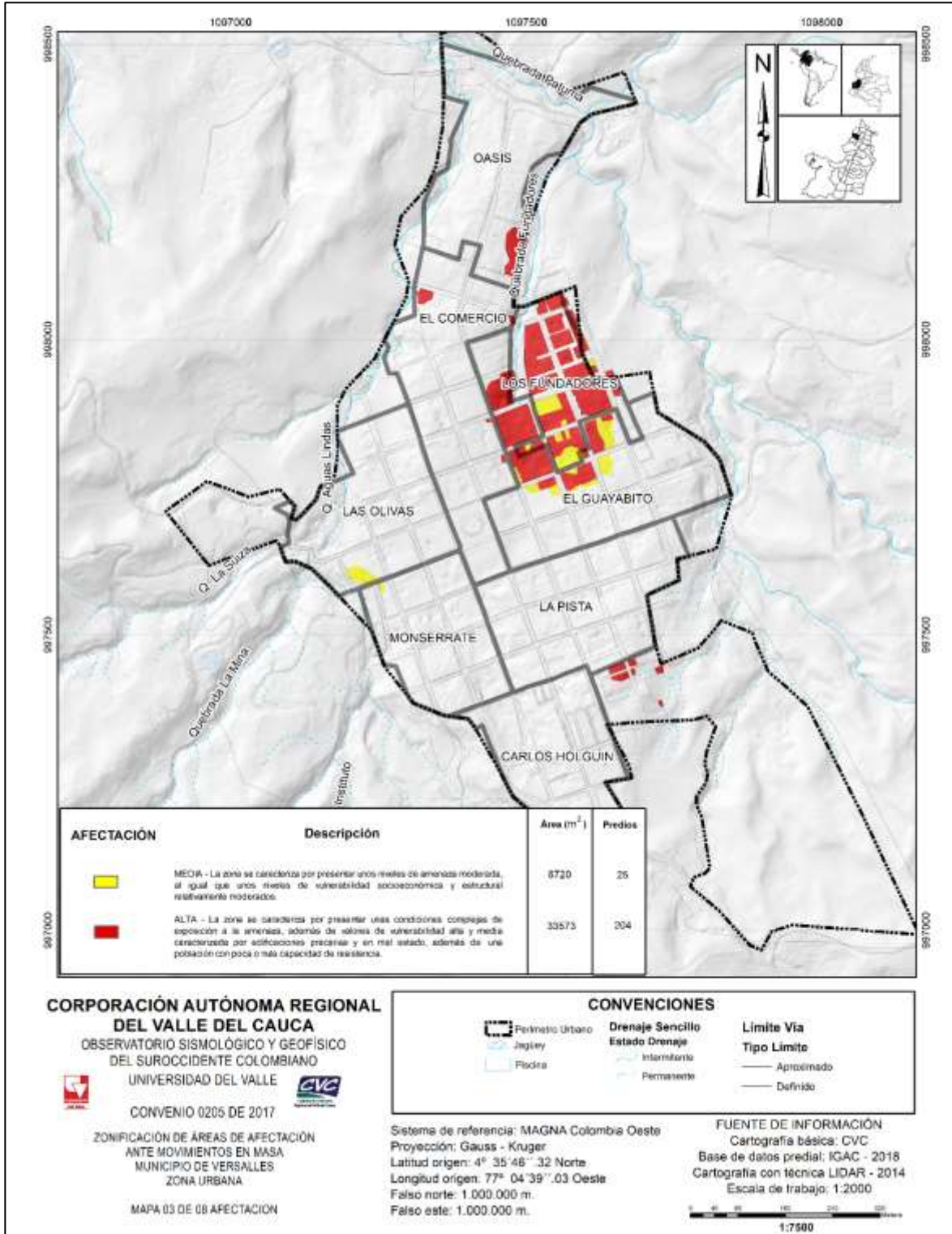


Figura 4.3. Zonificación de áreas de afectación total ante movimientos en masa municipio de Versalles

Fuente: elaboración propia



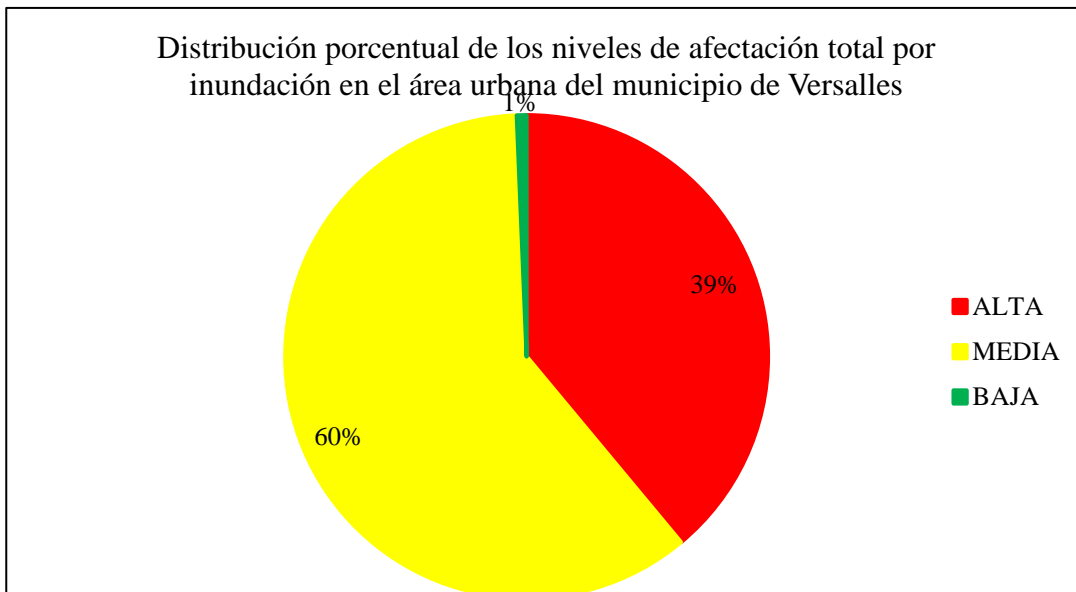
### 4.3 AFECTACIÓN TOTAL ANTE EL FENÓMENO DE MOVIMIENTOS EN MASA

En la Tabla 4.3 y Figura 4.4 se muestra la afectación total ante el escenario de inundación en casco urbano del municipio de Versalles por los afluentes hídricos de Aguas Lindas y Patuma. La tabla indica que un área total de 61919,85 m<sup>2</sup> se encuentra en afectación por inundación y se distribuye en alta 24123,0289 m<sup>2</sup> (39%), en 8 manzanas con 33 predios y una población expuesta de 167 habitantes; en media 37393,6891 m<sup>2</sup> (60%) con 5 manzanas, 17 predios y un total de población expuesta de 161 habitantes, finalmente en afectación baja hay un total de 3 predios con un área de 403,13m<sup>2</sup> es decir el 1% del área en condición de afectación.

**Tabla 4.3.** Afectación total en el área urbana del municipio de Versalles

NIVEL DE AFECTACIÓN	ÁREA PREDIAL EN (M <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	PREDIOS	MANZANAS	POBLACIÓN POR MANZANA (DANE 2005)
ALTA	24123,02	0,38958472	33	8	167
MEDIA	37393,68	0,60390467	17	5	161
BAJA	403,13	0,00651061	3	0	0
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>61919,85</b>	<b>1</b>	<b>53</b>	<b>13</b>	<b>328</b>

**Fuente:** elaboración propia

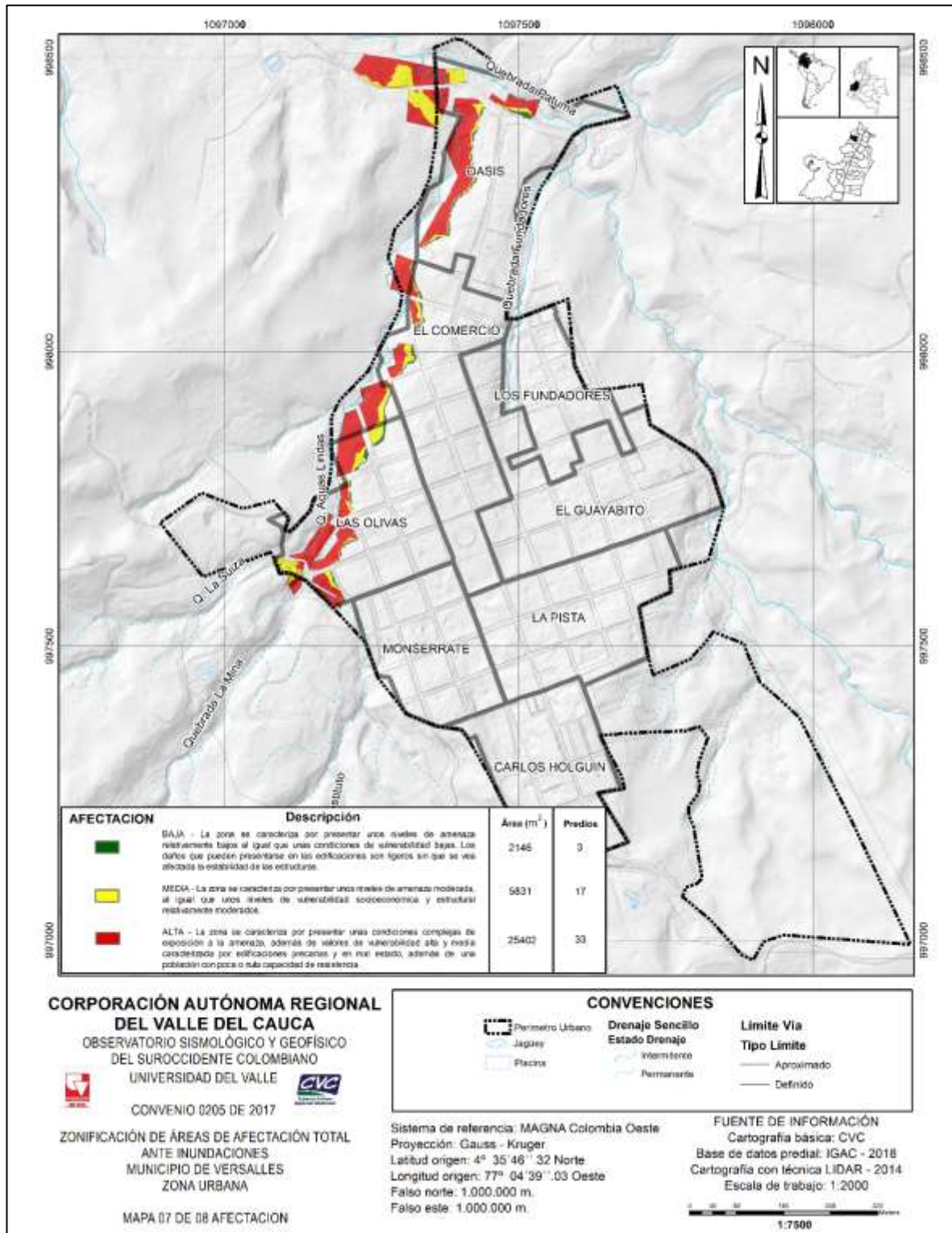


**Figura 4.4.** Distribución porcentual de los niveles de afectación por inundación en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 4.5 se espacializan estas áreas en afectación alta, media y baja las cuales se concentran en el barrio Las Olivas y parte de El Comercio con mayor tendencia a afectación media a causa del

afluente Aguas Lindas. La afectación alta resalta en las áreas cercanas a la quebrada Patuma al norte del municipio y se prolonga hacia el área rural más cercana al perímetro urbano.



**Figura 4.5.** Afectación total ante inundaciones en el área urbana del municipio de Versalles  
**Fuente:** elaboración propia

#### 4.4 ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES

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.

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. La mitigación no es viable por condiciones técnico-económicas, por lo cual los predios se incluyen dentro del Programa de Reasentamientos de Familias en Alto Riesgo No Mitigable.

##### 4.4.1 Zonas de alto riesgo mitigable y no mitigable

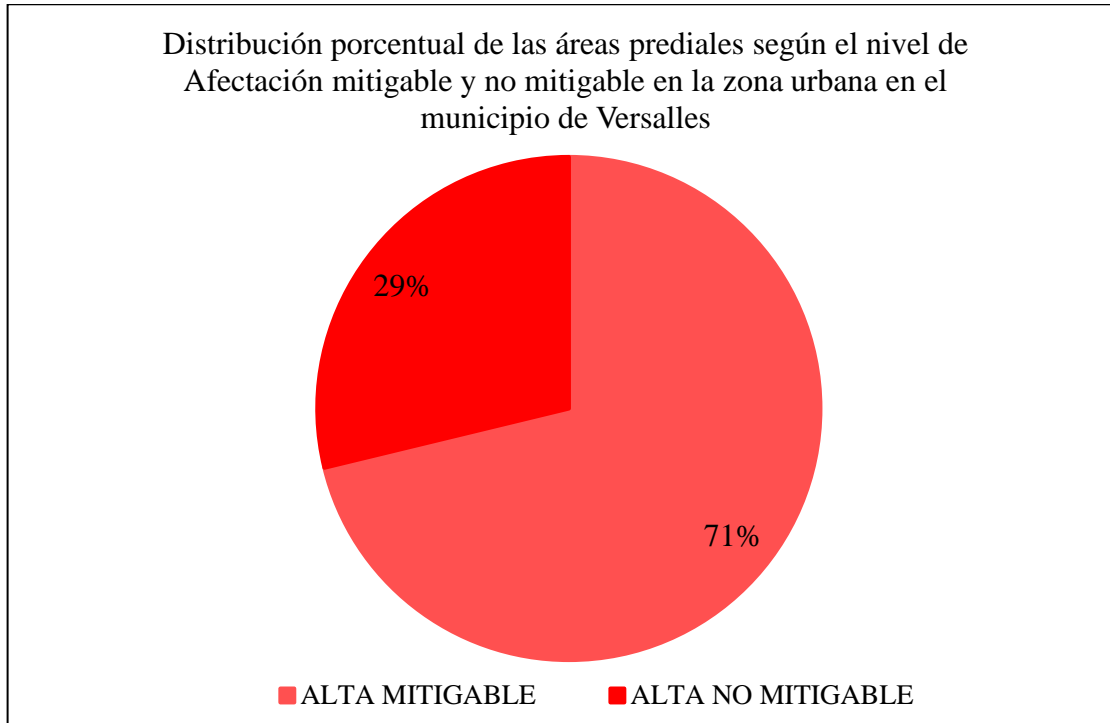
Las zonas se definieron con base en la realización de estudios técnicos detallados para la zonificación de la amenaza por movimientos en masa, que determinan la viabilidad de la ejecución de medidas de reducción para permitir que un asentamiento existente pueda permanecer o no en estas áreas. Tal como se mencionó anteriormente, la adopción de estas zonas es una decisión técnica, económica, social y política (guía metodológica).

La Tabla 4.4 indica las áreas a nivel predial de afectación o riesgo alto mitigable y no mitigable ante el escenario de inundación para el casco urbano del municipio de Versalles. El área total predial en afectación por inundación es de 24123,03 m<sup>2</sup> los cuales se distribuyen en amenaza alta mitigable un total de 17179,77 m<sup>2</sup> en dos manzanas con 6 predios y una población de 17 habitantes y en afectación alta no mitigable se tiene un área de 6943,26 m<sup>2</sup> conformado por 6 manzanas con 27 predios y 150 habitantes. Bajo esta condición de afectación alta mitigable y no mitigable se encuentra una población total de 167 habitantes. El porcentaje de estas áreas se identifica en la Figura 4.6.

**Tabla 4.4.** Nivel de afectación alta mitigable y no mitigable por movimientos en masa del área urbana del municipio de Versalles

NIVEL DE AFECTACIÓN	ÁREA PREDIAL EN (M <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	PREDIOS	MANZANAS	POBLACIÓN POR MANZANA (DANE 2005)
ALTA MITIGABLE	17179,77	0,71217301	6	2	17
ALTA NO MITIGABLE	6943,26	0,28782704	27	6	150
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>24123,03</b>	<b>1</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>167</b>

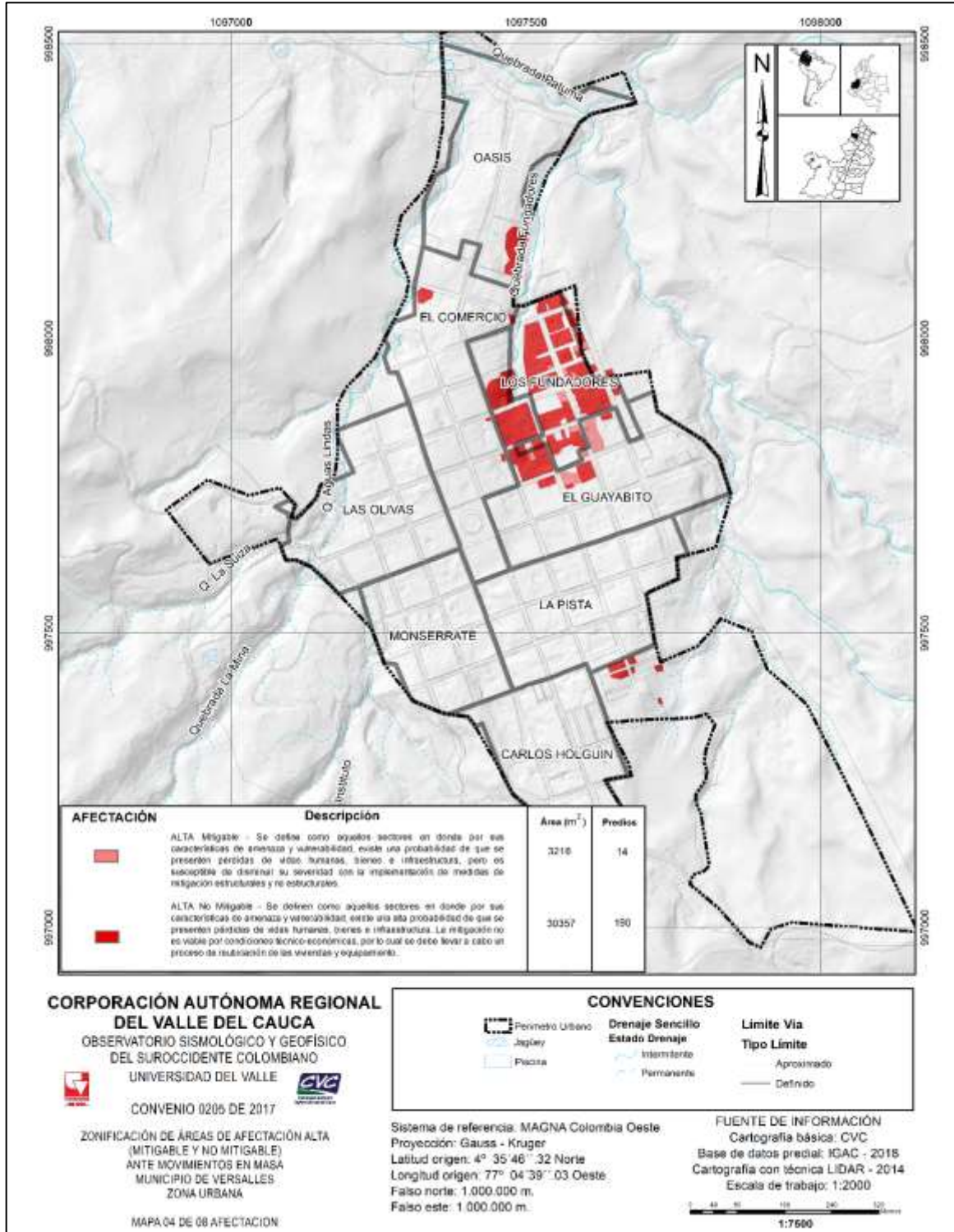
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 4.6.** Distribución porcentual de las áreas prediales según el nivel de Afectación mitigable y no mitigable en la zona urbana en el municipio de Versalles

**Fuente:** Elaboración propia.

Las áreas con afectación alta mitigable y no mitigable se especializadas en la Figura 4.7 teniendo un mayor predominio de afectación alta no mitigable en la parte norte y oeste del barrio Fundadores, en el barrio Oasis se identifica afectación alta no mitigable en la margen izquierda (de sur a norte) de la quebrada Fundadores, en el barrio El Comercio se reconoció afectación alta no mitigable en la margen derecha (de sur a norte) de la quebrada Aguas Lindas. También se resaltan unos pequeños sectores al norte del barrio Guayabito los cuales colindan con el barrio Fundadores.



**Figura 4.7.** Áreas de afectación alta mitigable y no mitigable en el área urbana y de expansión del municipio de Versalles  
**Fuente:** elaboración propia.

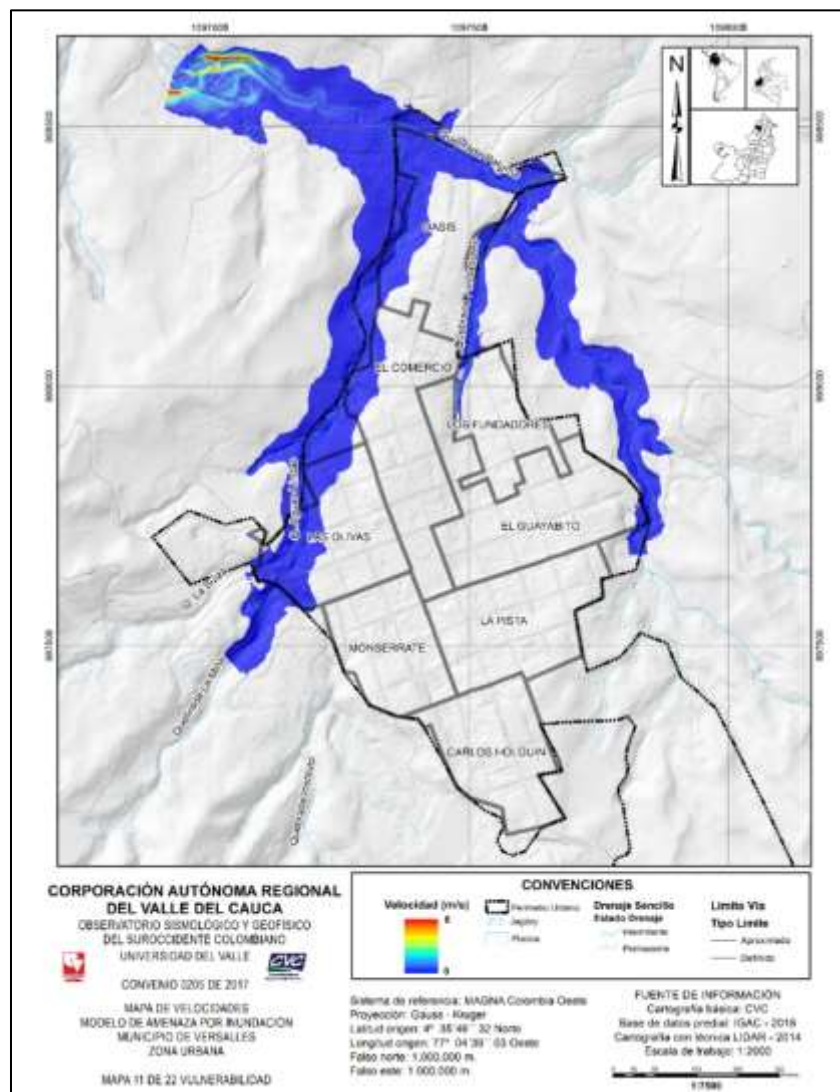
## 5. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES

El análisis de vulnerabilidad ante Inundación se realiza conforme a la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano -SGC (2016), fue adaptada para este estudio en la que se tiene en cuenta la presión de impacto, la exposición y la fragilidad de los elementos expuestos.

A continuación, se presentan los parámetros tenidos en cuenta para el análisis de la vulnerabilidad ante el evento de inundación, donde se modelan las quebradas Patuma, Fundadores y Aguas Lindas.

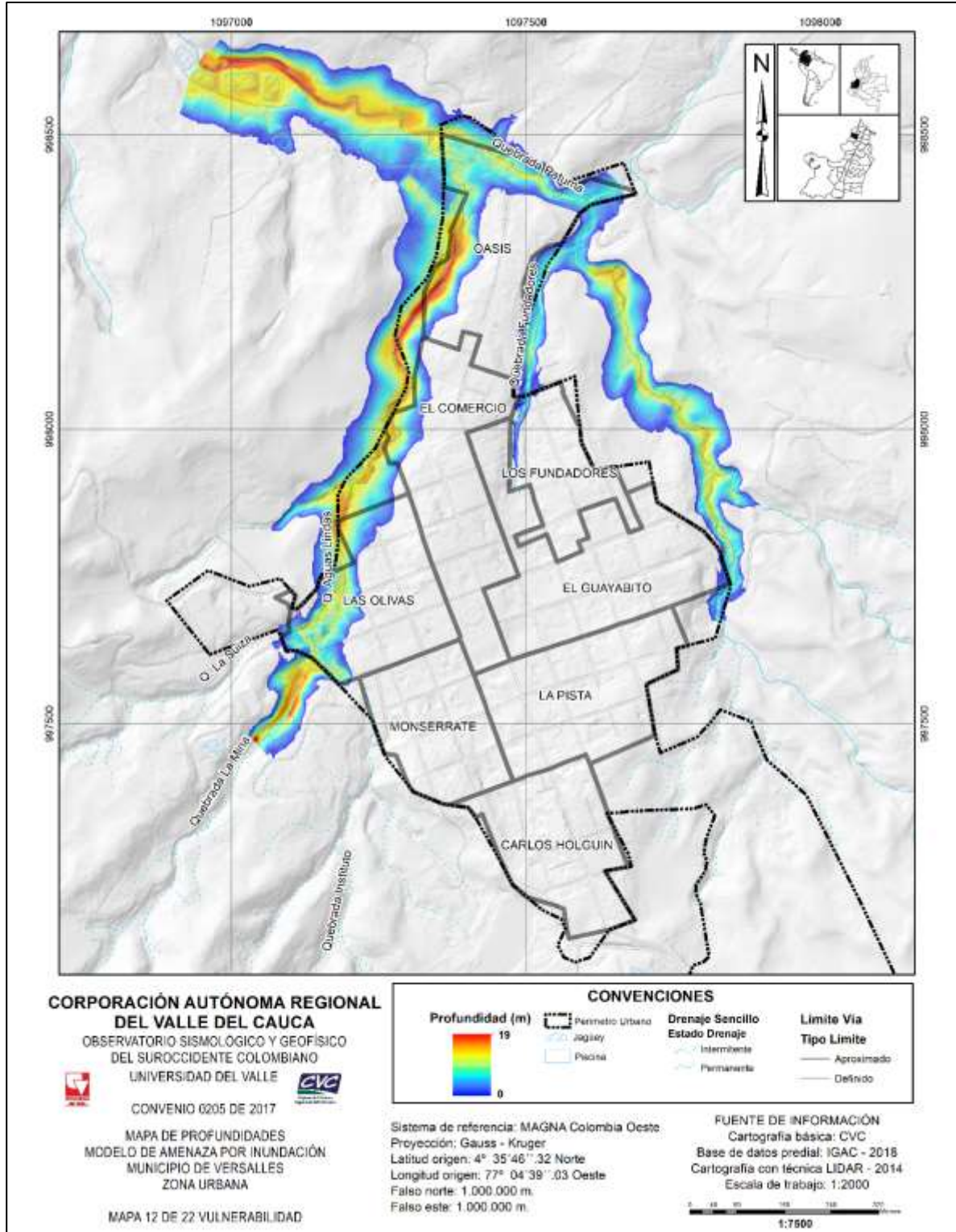
### 5.1 PRESIÓN DE IMPACTO ANTE INUNDACIONES

Para la Presión de impacto ante inundación se tuvo en cuenta los parámetros de velocidad (0-8 m/s) (Figura 5.1) y la profundidad (0-19 metros) del agua (Figura 5.2)



**Figura 5.1.** Mapa de velocidades modelo de amenaza por inundación, área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 5.2.** Mapa de profundidades modelo de amenaza por inundación, área urbana del municipio de Versalles

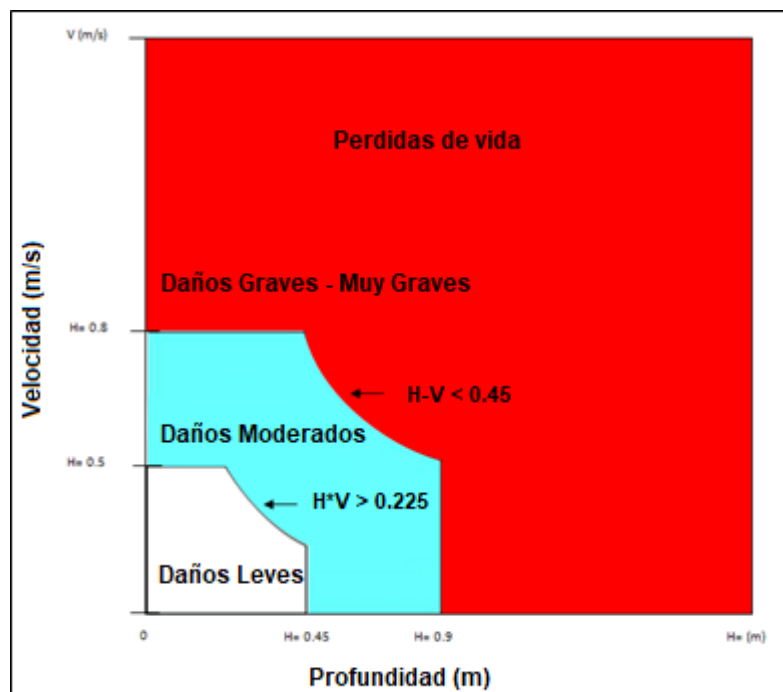
**Fuente:** elaboración propia

## 5.2 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

A partir de la información recolectada en campo y la información secundaria de los documentos del PBOT del año 2000, Censo 2005, Sisbén 2009-2018, PMGRD del año 2012, Plan de Desarrollo 2015-2019, se llevó a cabo la fase de identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos.

### 5.2.1 Exposición de elementos expuestos

Para el fenómeno de inundación se determinaron posibles daños y afectaciones en la población en los elementos de infraestructura, funcionales y ambientales. En la Figura 5.3 se presenta los tipos de daños leves, moderados, graves y muy graves en los que se presenta pérdidas humanas y destrucción de las edificaciones en relación con la profundidad y la velocidad del agua ante inundación y condiciones de flujo.



**Figura 5.3.** Tipos de daños por inundación y condiciones de flujo.

**Fuente:** Ricardo A. Smith, et al., (2004).

En la Tabla 5.1 se presenta los parámetros de intensidad mediante la velocidad del agua y magnitud teniendo en cuenta la profundidad del agua, además los posibles efectos o daños generados en los elementos expuestos corporales, estructurales, funcionales y ambientales teniendo en cuenta los zonas de amenaza alta, media y baja por inundaciones.



**Tabla 5.1.** Determinación de los posibles efectos acorde con la intensidad y magnitud de las inundaciones

NIVEL	MAGNITUD (Profundidad) H (m)	INTENSIDAD (Velocidad) V (m/seg)	H*V (m <sup>2</sup> /seg)	EFECTOS O DAÑOS												
				CONSTRUCCIONES Y LÍNEAS VITALES*						FUNCIONALES	AMBIENTALES	CORPORALES				
				1	2	3	4	5	6							
ALTO (daños graves, muy graves)	H ≥ 0,90	V ≥ 0,80	H*V ≥ 0,45											<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desabastecimiento de alimentos</li> <li>• Daños en las redes de prestación de servicios públicos.</li> <li>• Cierre de instituciones educativas de comercios y de servicios.</li> <li>• Afectación en la prestación de los servicios de aseo y mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de suelo y vegetación.</li> <li>• Pérdida de la capacidad portante del suelo y asentamiento diferenciado.</li> <li>• Pérdida de calidad y/o cantidad de agua disponible.</li> <li>• Cambios en la dinámica de los ecosistemas.</li> <li>• Destrucción o afectación de los cultivos que quedan cubiertos total o parcialmente por el agua durante varios días, a consecuencia del estrés hídrico excesivo.</li> <li>• Cambios en los cursos fluviales y perturbaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posible morbilidad y mortalidad en seres humanos.</li> <li>• Migración de población.</li> <li>• Enfermedades infecciosas y epidemias.</li> <li>• Aumento de enfermedades endémicas.</li> <li>• Problemas sanitarios.</li> </ul>
MEDIO (daños moderados)	0,45 – 0,90	0,50 – 0,80	0,225 – 0,45											<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños en el equipamiento del espacio público.</li> <li>• Suspensión temporal de los servicios públicos.</li> <li>• Suspensión temporal de actividades educativas y laborales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de rendimiento agrícola de los cultivos y de la producción en general.</li> <li>• Saturación de los suelos o aumento significativo de la humedad de los mismos.</li> <li>• Dispersión de contaminantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de habilidad.</li> <li>• Personas atrapadas.</li> </ul>
BAJO (daños leves)	0,05 – 0,45	0,0 – 0,50	0,0 – 0,225											<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectaciones y traumatismos en los servicios de transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anegamiento parcial de suelo agrícola y no agrícola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas emocionales leves y transitorios.</li> </ul>

**Nota:**\* la información de estas variables se presenta en tabla separada.

**Fuente:** elaboración propia con datos.

**Tabla 5.1.** Continuación

NIVEL	1	2	3	4	5	6		7
						SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	DAÑOS EN VÍAS	NO ESTRUCTURALES
<b>ALTO</b> (daños graves, muy graves)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplomes de viviendas por debilitamiento de su estructura (depende del tiempo de exposición al agua).</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplome parcial de paredes o colapso total de la infraestructura.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Daños en la tubería por sedimentación del barro.</li> <li>Contaminación de reservorios por aguas residuales.</li> <li>Colapso del sistema de drenaje de las aguas residuales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ruptura de puentes peatonales y vehiculares, afectados por socavaciones en el suelo y arrastre.</li> </ul>	
<b>MEDIO</b> (daños moderados)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desprendimiento del revoque.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisuras o grietas en muros y columnas por asentamientos diferenciales del terreno, socavaciones o erosión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Debilitamiento de la cimentación por asentamientos diferenciados, socavación y erosión.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Taponamiento de accesos.</li> <li>Afectación en el transporte público.</li> </ul>	
<b>BAJO</b> (daños leves)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deterioro del acabado superficial de los muros.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Deterioro de los ladrillos de las primeras filas de las paredes por el contacto con el agua.</li> <li>Desprendimientos de revoques (repellos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisuras en muros y columnas.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Desprendimiento, deformaciones y agrietamientos del piso de la infraestructura.</li> <li>Putrefacción y deformación por humedecimiento en puertas y ventanas de madera. En metálicas se presenta oxidación.</li> <li>Pérdidas en el inmobiliario por la exposición a la humedad. Generalmente, el efecto de la inundación en el mobiliario es temporal, pues buena parte del mismo se puede recuperar rápidamente.</li> </ul>

1. Viviendas de Bahareque
2. Viviendas de Construcciones de Adobe, Tapial
3. Viviendas de Construcciones de Construcciones de caña y madera
4. Viviendas de Mampostería
5. Viviendas de Construcciones de hormigón armado, con diseño sismorresistente
6. Líneas vitales
7. No estructurales

A continuación, se realiza la caracterización de los elementos expuestos tanto corporal y estructural y funcional, siguiendo la metodología anteriormente mencionada.

### 5.2.1.1 Exposición Corporal (población)

Para el análisis de la exposición corporal, se utilizó información poblacional por manzanas del Censo del año 2005 (DANE, 2005) localizada en amenaza alta y media por inundación. Teniendo en cuenta las variables: 1) la edad de las personas y 2) el número de personas con limitaciones físicas. Estas dos variables se consideran importantes para el análisis de vulnerabilidad. Los resultados obtenidos se notan a continuación:

#### Censo del año 2005

##### Variable 1:

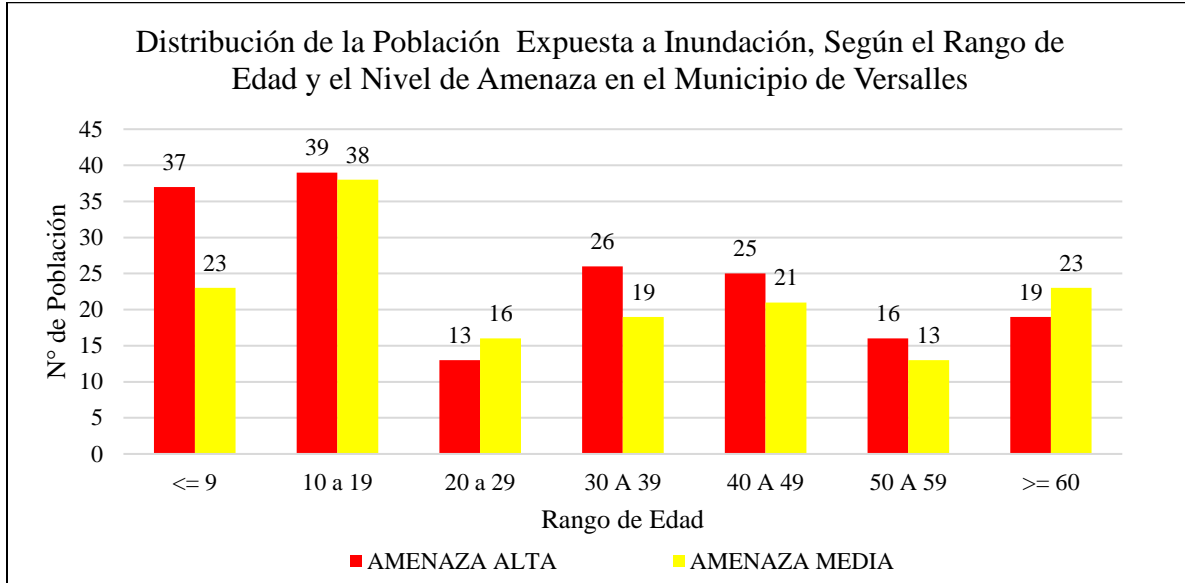
- **Edad de la Población**

El total de la población expuesta ante el fenómeno de inundación en amenaza alta es de 175 personas y en exposición media es de 153 personas. La población mayormente expuesta se encuentra en edad juvenil entre los 10 y 19 años donde por exposición alta se tienen 39 jóvenes y en exposición media 38; le siguen las personas en los rangos de edad de los 30 a 39 años con 26 en exposición alta y 19 en media, seguido de los rangos de edad de 40 a 49 con un total de 25 en exposición alta y 21 en exposición media, también se tiene que los adultos mayores a 60 años se ven expuestos ante el fenómeno de inundación en amenaza alta 19 personas y en media 23 personas. (Tabla 5.2 y Figura 5.4).

**Tabla 5.2.** Edad de la población expuesta por inundación, área urbana del municipio de Versalles

RANGO_EDAD	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
<= 9	37	23
10 a 19	39	38
20 a 29	13	16
30 A 39	26	19
40 A 49	25	21
50 A 59	16	13
>= 60	19	23
Total general	175	153

**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005)



**Figura 5.4.** Distribución de la Población Expuesta a Inundación, Según el Rango de Edad en Amenaza Alta en el Municipio de Versalles

**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).

**Variable 1:**

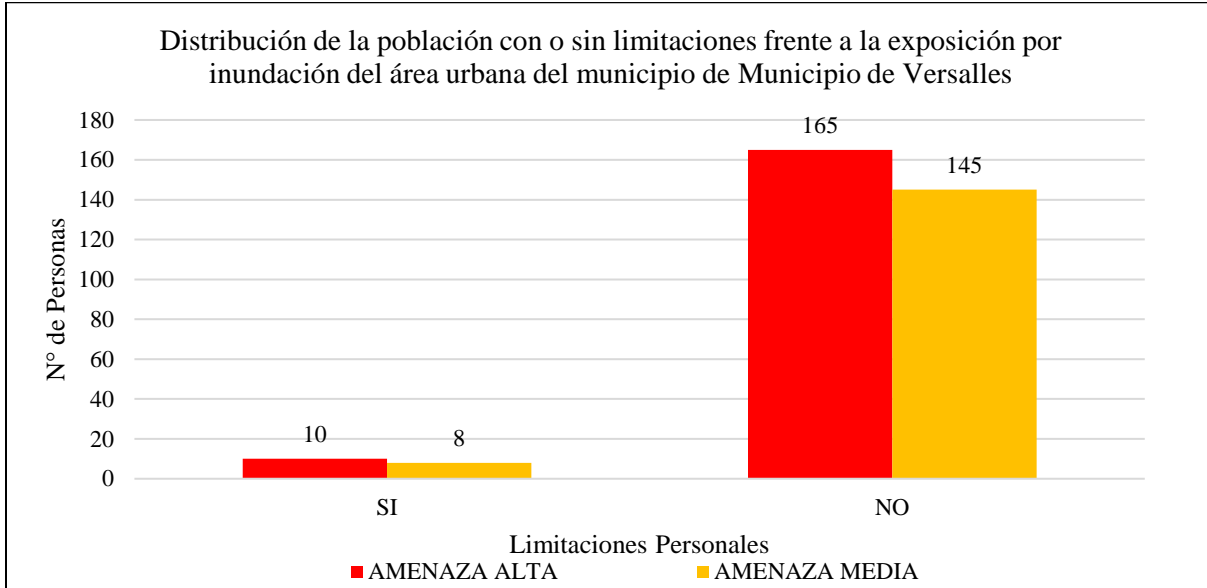
- **Limitación de la Población**

El análisis de la variable Limitación de la población total del área urbana del municipio indica que 18 personas tienen algún tipo de limitación de los cuales, 10 personas se encuentran en exposición alta y 8 en exposición media (Tabla 5.3 y Figura 5.5).

**Tabla 5.3.** Número de personas con o sin limitaciones frente a la exposición por inundación en la zona urbana del municipio de Versalles.

LIMITACIONES	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
SI	10	8
NO	165	145
Total general	175	153

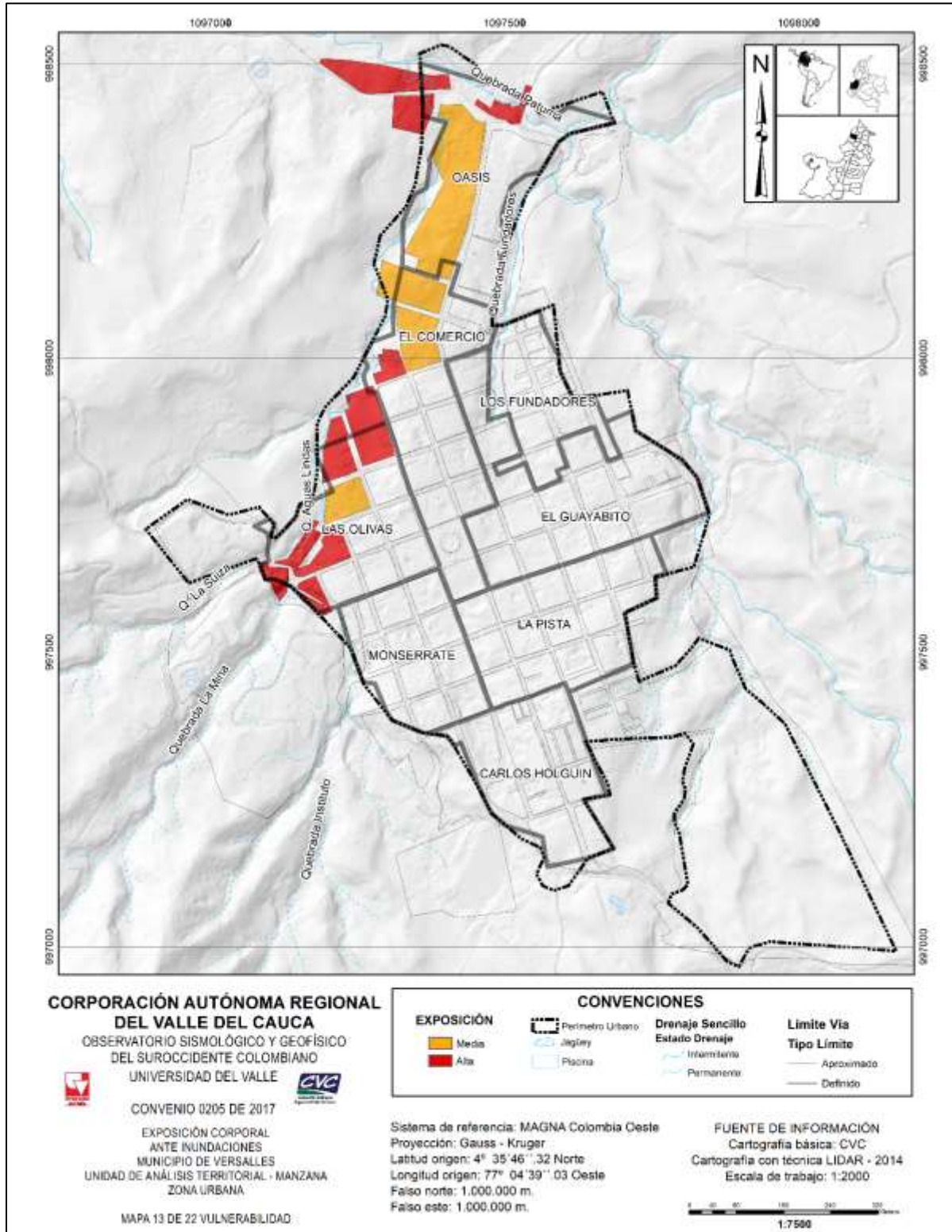
**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).



**Figura 5.5.** Distribución de la población con o sin limitaciones frente a la exposición por inundación del área urbana del municipio de Municipio de Versalles

**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).

En la **Figura 5.6** se espacializa la población que se encuentra expuesta ante la ocurrencia de un evento por inundación, en el barrio Las Olivas la población se encuentra expuesta en una zona de amenaza alta, el barrio el Comercio presenta una exposición media y en el barío el Oasis , en la zona norte donde se localiza el Geriátrico se encuentran la población se encuentra expuesta en amenaza alta.



**Figura 5.6.** Exposición corporal ante inundación en el municipio de Versalles  
**Fuente:** elaboración propia con datos del DANE, 2005

### 5.2.1.2 Exposición de elementos estructurales (edificación)

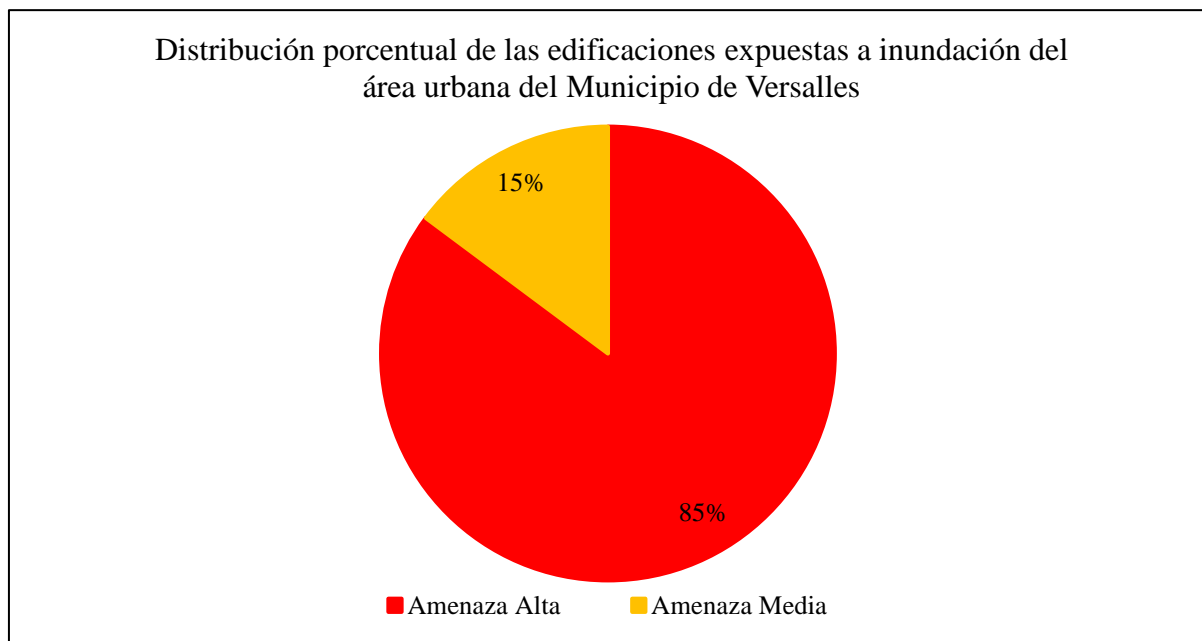
El análisis de la exposición estructural se realizó a nivel predial teniendo en cuenta los factores o variables: 1) de uso del predio, 2) tipología de la edificación, 3) estado de conservación, 4) número de pisos de la edificación y 5) la edad de la edificación.

Teniendo en cuenta lo anterior, se tiene un total de 54 predios en condición de amenaza alta y media ante el fenómeno de inundación de los cuales 46 se encuentran en exposición alta es decir un 85% y 8 en media para un 15% (Tabla 5.4 y Figura 5.7).

**Tabla 5.4.** Número de edificaciones en exposición por inundación en el área urbana del municipio de Versalles

TIPO DE AMENAZA	NUMERO DE PREDIOS EXPUESTOS
Amenaza alta	46
Amenaza media	8
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>54</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.7.** Distribución porcentual de las edificaciones expuestas a inundación del área urbana del Municipio de Versalle

**Fuente:** elaboración propia.

#### Variable 1:

- **Uso Predial**

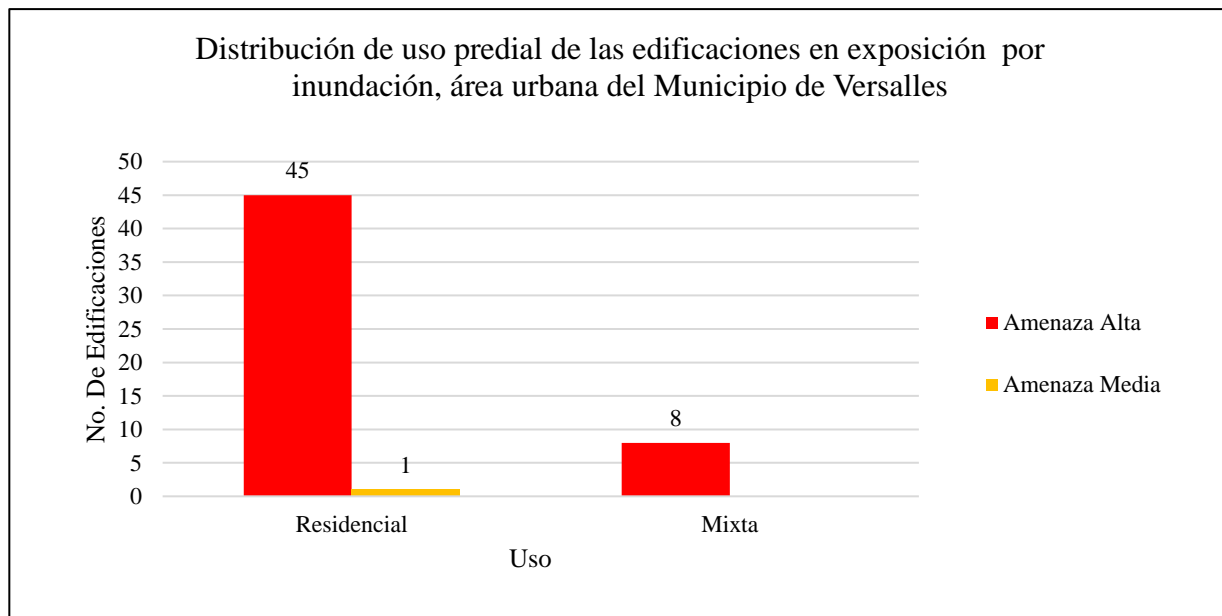
El análisis del uso predial de las edificaciones permite establecer la cantidad de personas expuestas y las pérdidas potenciales que podrían presentarse. El uso del suelo en el área de exposición ante el evento de inundación para el casco urbano se destaca por ser residencial con un total de 53

estructuras de las cuales 45 se encuentran en exposición alta y 8 en media. Solo se encontró registro de un predio con uso mixto, es decir tienda y vivienda en el mismo lugar, el cual se encuentra en exposición alta (Tabla 5.5 y Figura 5.8)

**Tabla 5.5.** Uso de los elementos expuesto ante el evento de inundación en el área urbana del municipio de Versalles

USO	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
Residencial	45	8
Mixta	1	0
Total general	46	8

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.8.** Distribución de uso predial de las edificaciones en exposición por inundación, área urbana del Municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

## Variable 2:

- **Tipología de la edificación**

El análisis de la tipología de las edificaciones permite establecer el material empleado en su construcción y que tan resistentes pueden ser, con el fin de establecer la cantidad de edificaciones de cada tipología expuestas y las pérdidas potenciales que podrían presentarse en cada una de ellas. Se siguió la normativa de la NRS-10, y con lo observado en el reconocimiento de la zona de estudio, en la **Tabla 5.6. Tipología de construcción** Tabla 5.6 se describe cada una de las tipologías de las edificaciones expuestas en amenaza alta y media ante inundaciones.



**Tabla 5.6.** Tipología de construcción

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Mampostería Confinada y Edificaciones reforzadas (MC)</b>	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.
<b>Mampostería no reforzada (MNR)</b>	Estructuras con confinamiento deficiente y estructura 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.
<b>Muro Tapia, Bahareque (MTB)</b>	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.
<b>Otro</b>	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.

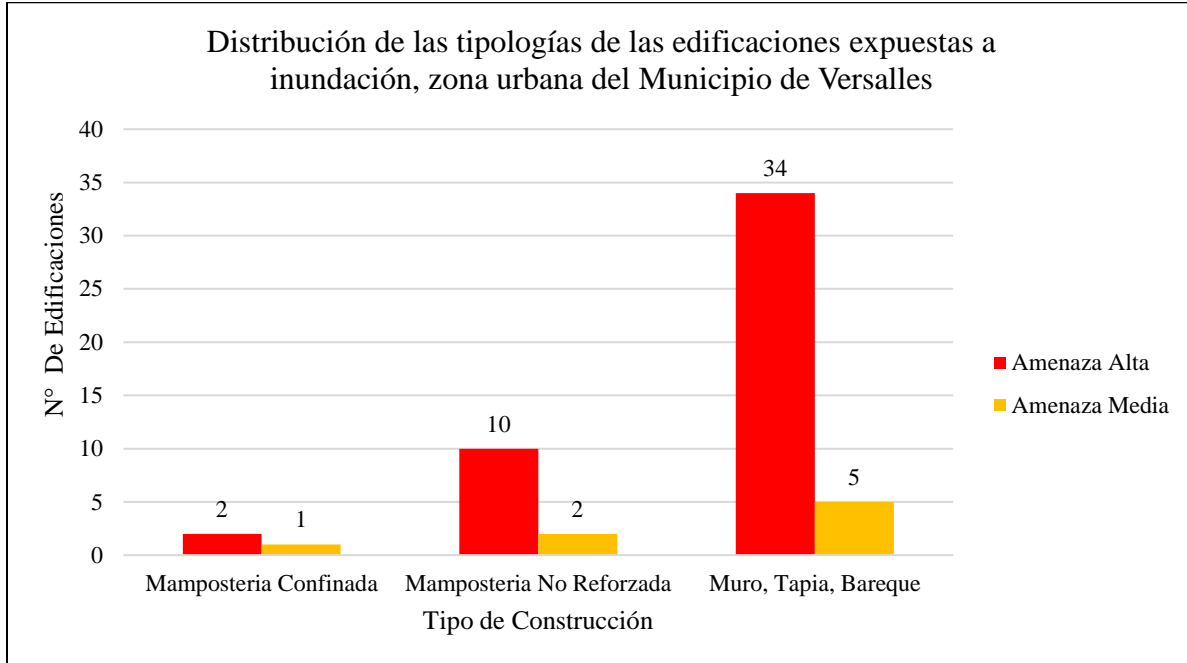
**Fuente:** elaborada con información de NRS-10, (2010) y SGC (2016).

Las viviendas expuestas ante el fenómeno de inundación se caracterizan en sus materiales de construcción de la siguiente manera: en exposición alta se tienen 2 viviendas construidas en mampostería confinada, 10 en mampostería no reforzada, 34 en muro-tapia- bahareque, para un total de 46 viviendas en exposición alta; en exposición media se tiene un total de 8 viviendas de las cuales 5 están construidas en muro-tapia- bahareque, 2 en mampostería no reforzada y solo una en mampostería reforzada (Tabla 5.7 y la Figura 5.9).

**Tabla 5.7.** Tipo de edificaciones frente a la exposición por inundación, área urbana del municipio de Versalles

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
Mampostería Confinada	2	1
Mampostería No Reforzada	10	2
Muro, Tapia, Bahareque	34	5
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>46</b>	<b>8</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.9.** Distribución de las tipologías de las edificaciones expuestas a inundación, zona urbana del Municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

### Variable 3:

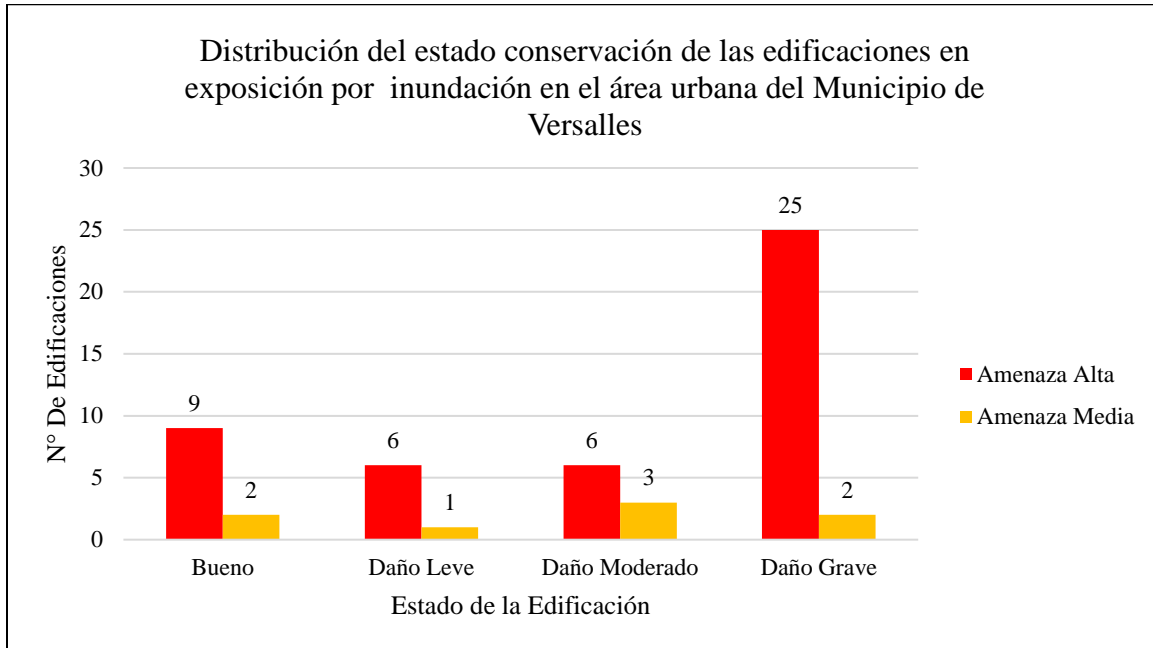
- **Estado de conservación de la edificación**

El análisis del estado de conservación, se definió en bueno, daños leves, daños moderados y daños graves. En Tabla 5.8 se presenta en exposición alta 46 construcciones, de los cuales, 9 de los expuestos en amenaza alta se encuentran en buen estado, 6 con daños leves y 6 con daños moderados y 25 con daños graves; con exposición media se tiene que 1 presentan daños leves, 3 con daños moderados, 2 con daños graves y 2 en buen estado. En la Figura 5.10 se presenta su distribución.

**Tabla 5.8.** Estado de conservación de las edificaciones frente a la exposición por inundación de la zona urbana del municipio de Versalles

ESTADO DE CONSERVACIÓN	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
Bueno	9	2
Daño Leve	6	1
Daño Moderado	6	3
Daño Grave	25	2
Total general	46	8

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.10.** Distribución del estado conservación de las edificaciones en exposición por inundación en el área urbana del Municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

**Variable 4:**

- **Número de pisos de la edificación**

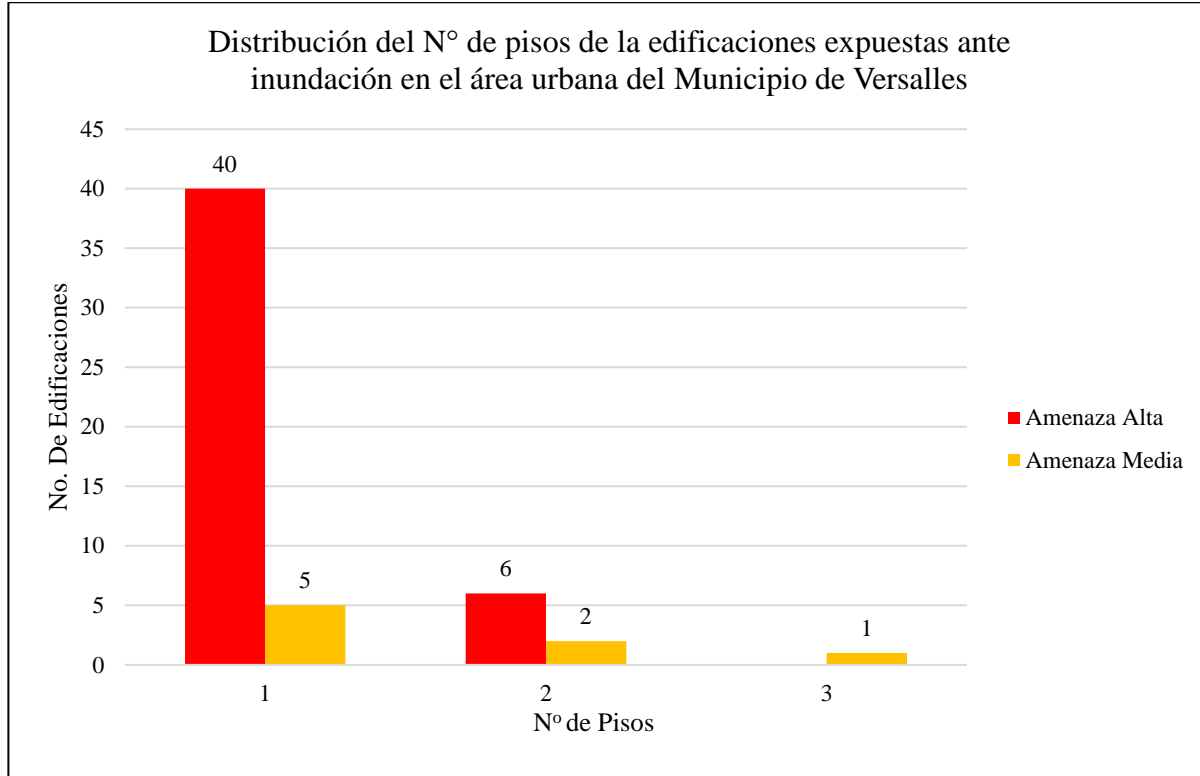
El número de pisos es tenido en cuenta ya que el impacto de este evento no es de igual en todas las construcciones, normalmente los que se ven fuertemente expuestos son las personas que tienen un solo piso, los que viven en más de dos pisos tienen la posibilidad de usarlos como refugio en caso de que se manifiesta la amenaza (Tabla 5.9).

**Tabla 5.9.** Número de pisos de las estructuras expuestas ante las inundaciones

PISOS EDIFICACIÓN	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
1	40	5
2	6	2
3		1
Total general	46	8

**Fuente:** elaboración propia.

En la Figura 5.11 se presenta la distribución de las edificaciones en amenaza alta 46 predios de los cuales 40 son de 1 piso. Y 6 de 2 pisos. En amenaza media se encuentran 8 predios, de los cuales 5 predios son de 1 piso, 2 de dos pisos y 1 predio de tres pisos.



**Figura 5.11.** Distribución del N° de pisos de la edificaciones expuestas ante inundación en el área urbana del Municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

**Variable 5:**

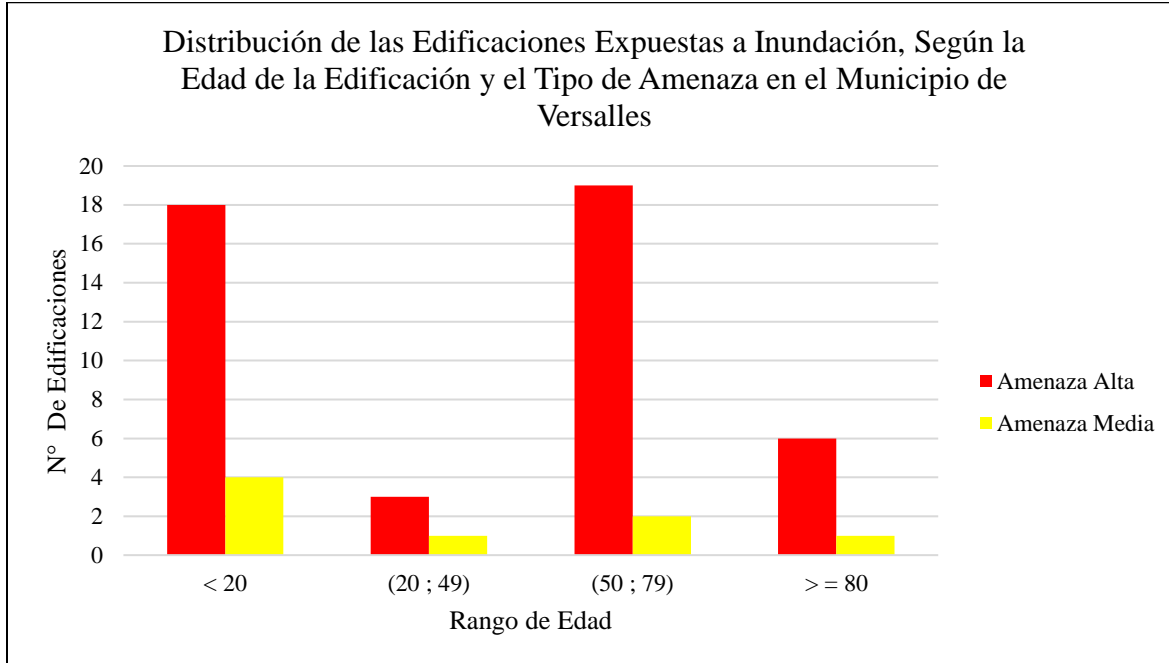
- **Edad de las construcciones**

La edad de las construcciones más representativas en exposición alta para el municipio son las menores de 20 años con un total de 18 y en el rango de 50 a 79 un total de 19 construcciones; en exposición media se tienen 2 menores a 20 años y 2 entre los 50 y 79 años de construcción (Tabla 5.10 y Figura 5.12).

**Tabla 5.10.** Edad de las construcciones expuestas ante el fenómeno de inundación

EDAD EDIFICACIÓN	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA
< 20	18	4
(20 ; 49)	3	1
(50 ; 79)	19	2
> = 80	6	1
Total general	46	8

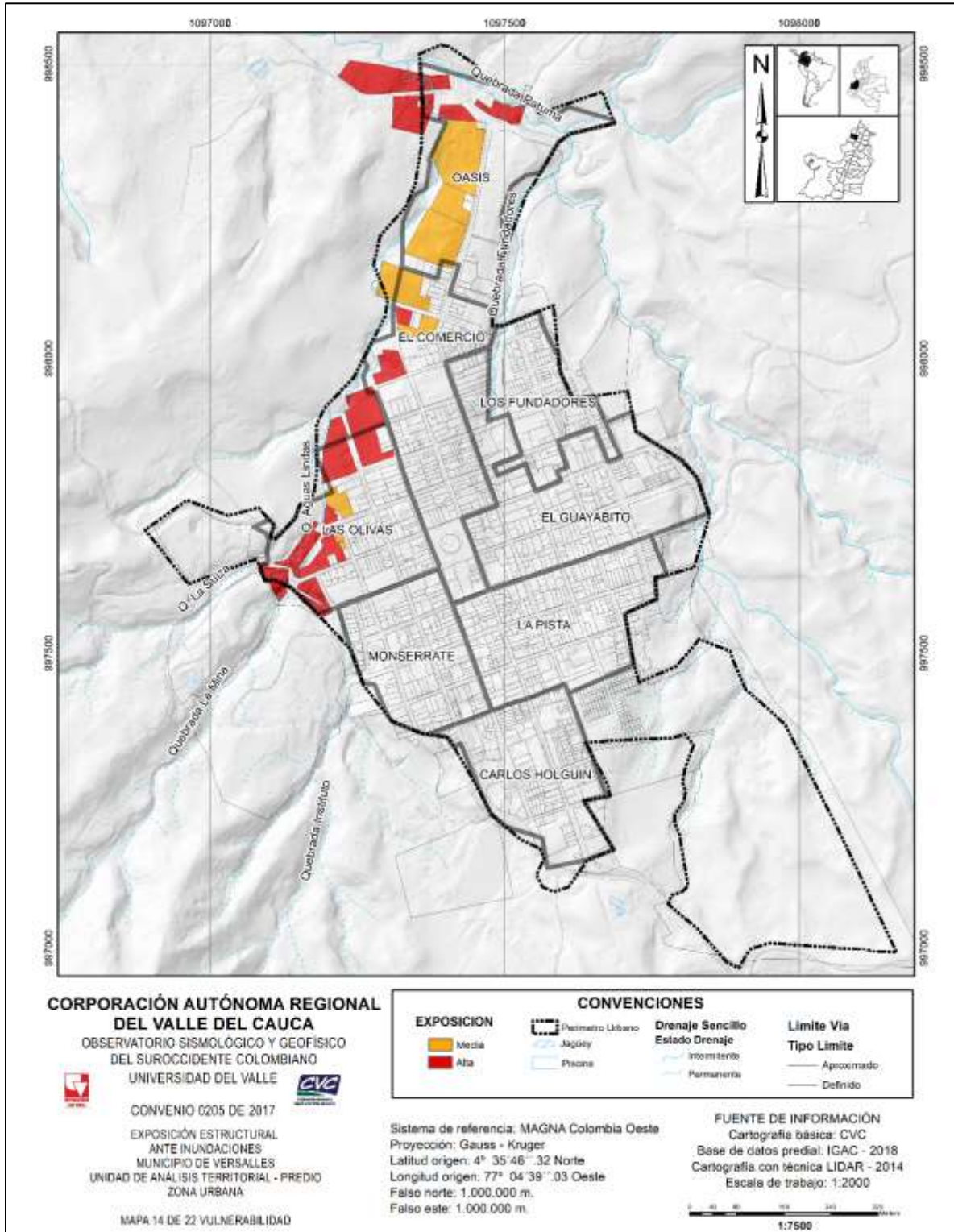
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.12.** Distribución de las Edificaciones Expuestas a Inundación, Según la Edad de la Edificación y el Tipo de Amenaza en el Municipio de Versalles

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5.13 se presenta la espacialización de la información consolidada de los parámetros tenidos en cuenta para el análisis de la exposición estructural ante inundaciones en el área urbana del municipio de Versalles. La exposición alta se refleja en el barrio Las Olivas causada principalmente por la quebrada Aguas Lindas, también se ven expuestos en amenaza media los barrios del Oasis y El Comercio, estos también se ven expuestos por la quebrada Patuma



**Figura 5.13.** Exposición de las edificaciones ante inundación en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia

### 5.2.1.3 Exposición de Líneas Vitales

Para el análisis de los elementos expuestos funcionales para las zonas de exposición alta y media por inundación se consideró la longitud (km) de la red vial, redes de acueducto y alcantarillo y redes de gas natural domiciliario que se encuentran expuestas ante la posible ocurrencia de una inundación.

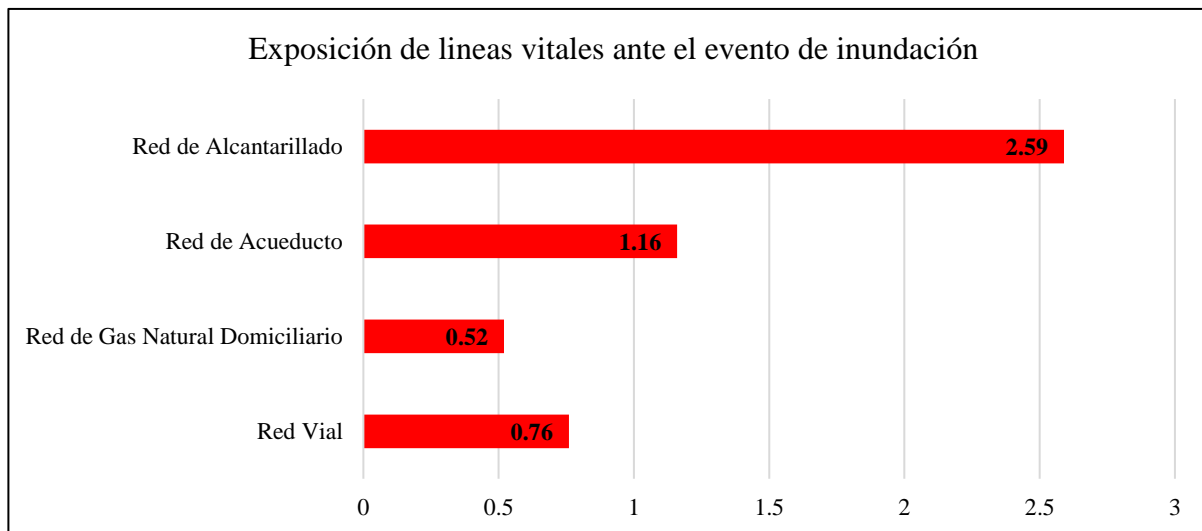
En la Tabla 5.11 y Figura 5.14 se presentan la longitud (km) de la red vial, las redes de Acueducto, Alcantarillado y Gas Natural Domiciliario que se encuentran expuesta ante el evento de inundación en el municipio de Versalles. Los resultados arrojaron que ante el evento de inundación todas estas líneas vitales se encuentran en amenaza alta. La red vial se vería afectadas un total de 0,76 km, las redes de acueducto se verían afectadas un total de 1,16 km, la red de alcantarillado se afectarían 2,59 km de longitud y un total de 0,52 km de la red de gas natural.

**Tabla 5.11.** Líneas vitales expuestas ante inundación del área urbana del municipio de Versalles

TIPO DE LÍNEA VITAL	LONGITUD (KM)
	Exposición Alta
Red Vial	0,76
Red de Gas Natural Domiciliario	0,52
Red de Acueducto	1,16
Red de Alcantarillado	2,59

**Fuente:** elaboración propia.

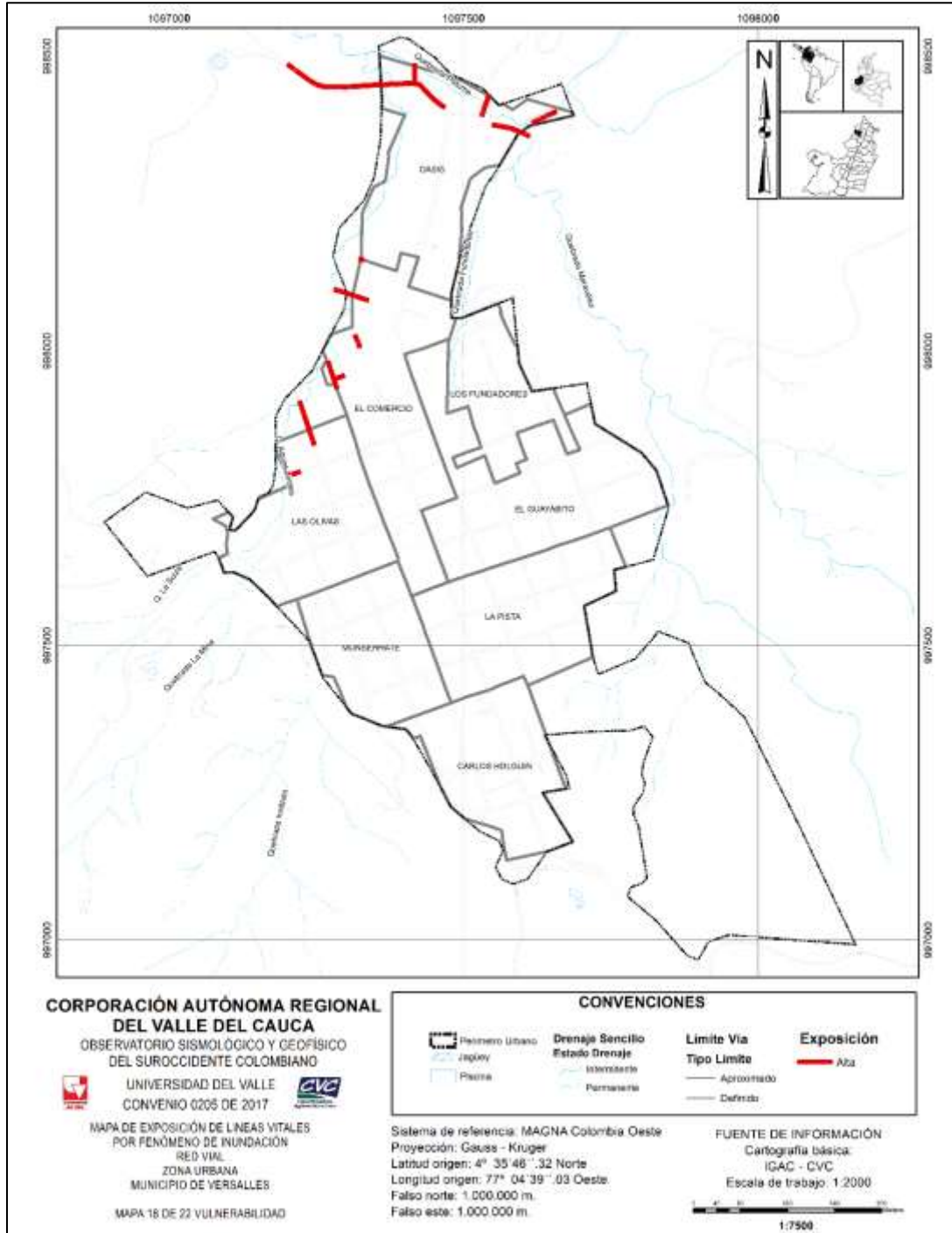
**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Alcaldía municipal del municipio de Versalles y Gases de Occidente S,A



**Figura 5.14.** Distribución de la red vial, redes acueducto, alcantarillado y gas natural domiciliario expuestas ante inundación del área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la alcaldía municipal de Versalles y Gases de Occidente S.A

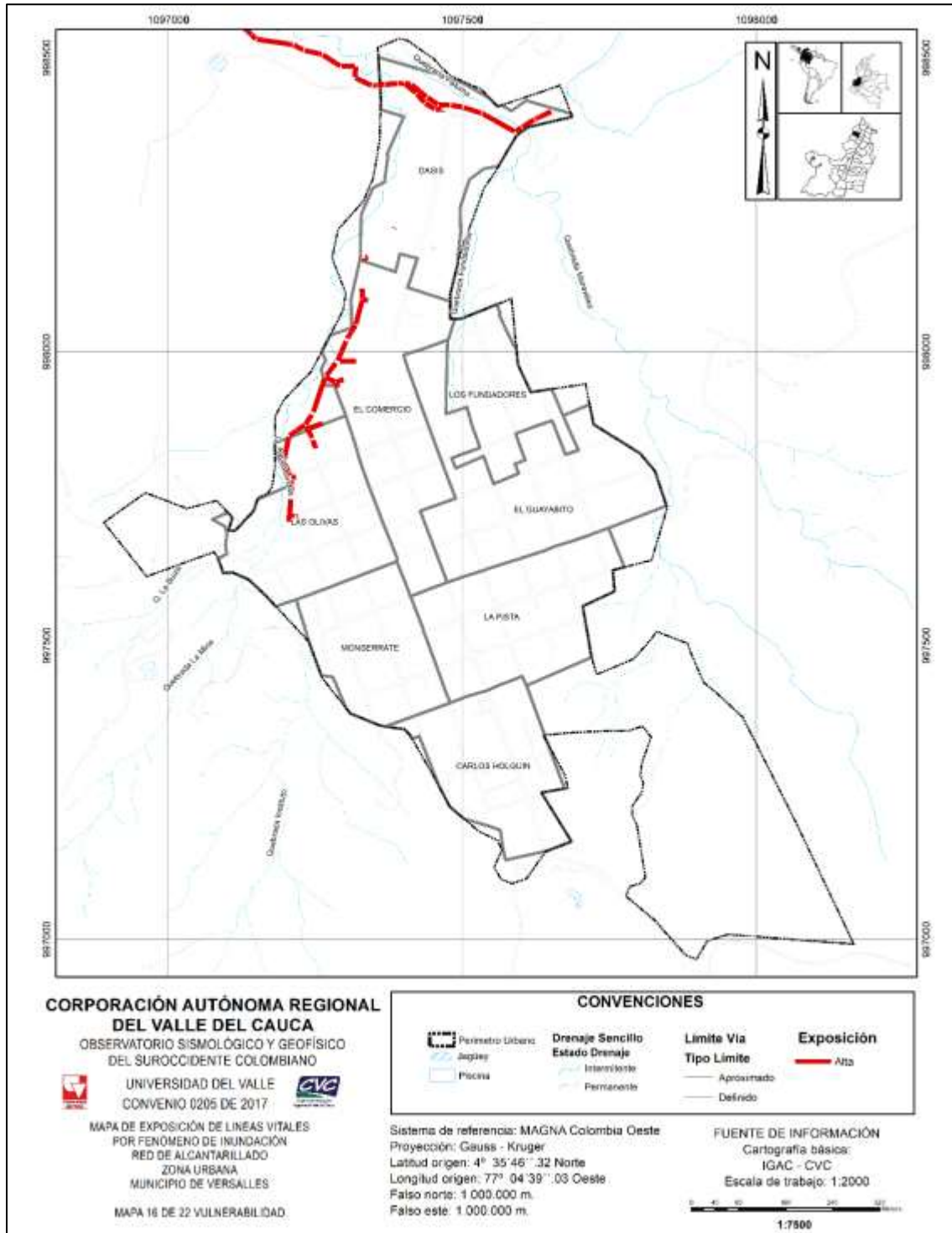
En las Figura 5.15 a la Figura 5.18 se espacializa las redes que se encuentran expuestas en amenaza alta y media del área urbana del municipio de Versalles.



**Figura 5.15.** Exposición de la red vial ante inundación en el área urbana del municipio de Versalles

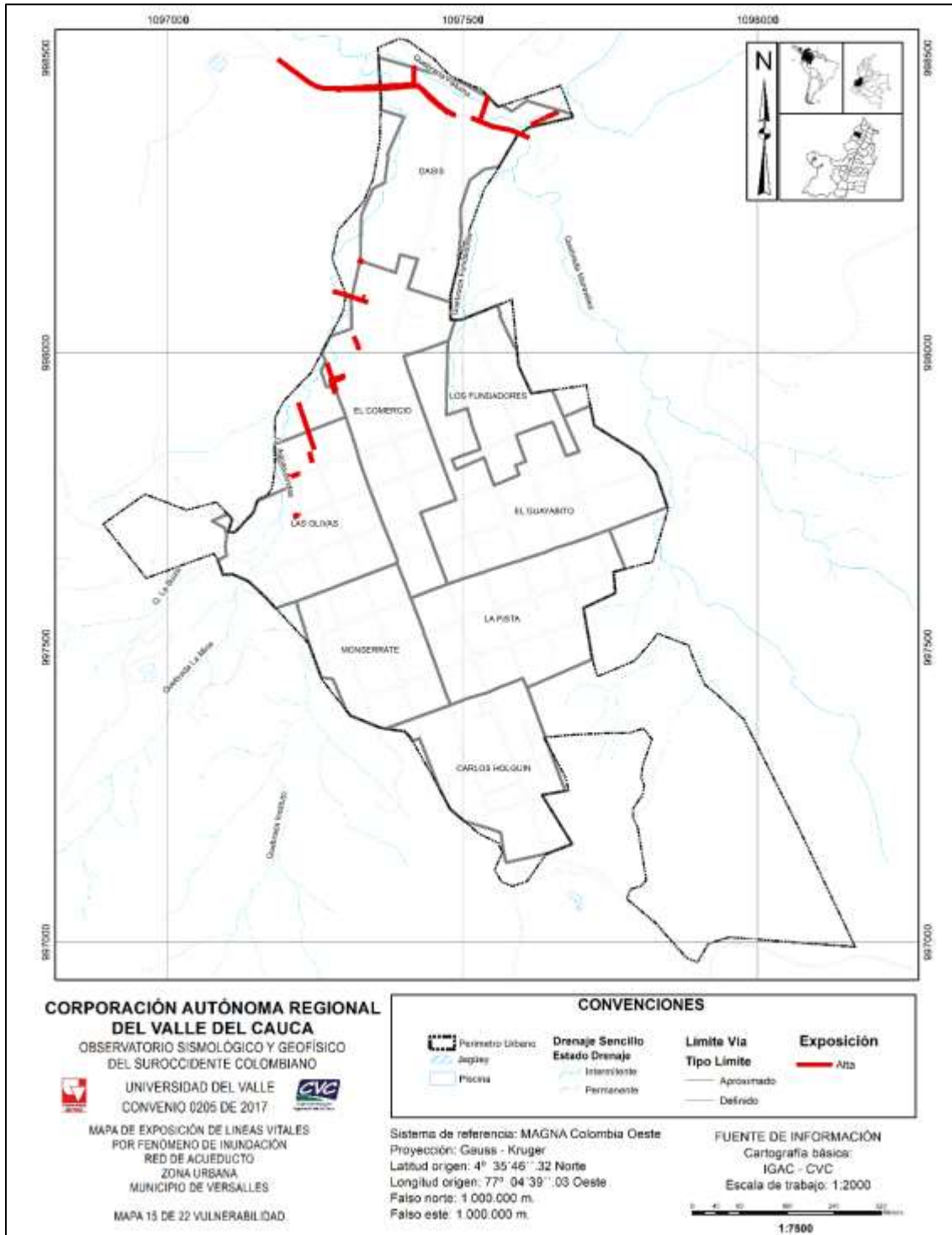
**Fuente:** elaboración propia.





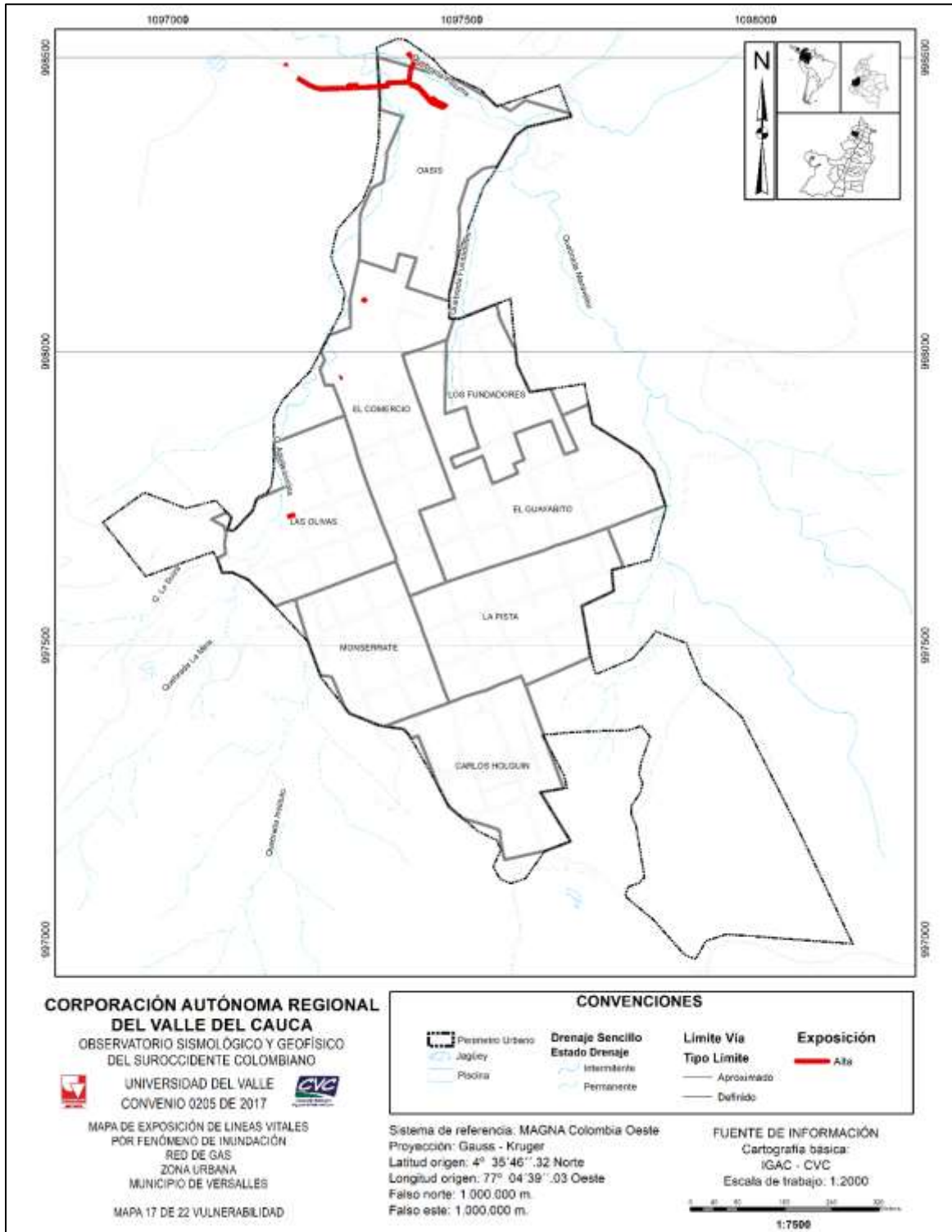
**Figura 5.16.** Exposición de la red de alcantarillado ante inundación en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia,



**Figura 5.17.** Exposición de la red de acueducto ante inundación en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.18.** Exposición de la red de gas natural domiciliario ante inundación en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por Gases de Occidente S,A (2018)

## 5.2.2 Factor de Resistencia (factor de seguridad) de los elementos expuestos

El factor de resistencia, indica que tan resistente es el individuo o elemento expuesto frente a la inundación, está en relación con la información de los niveles de exposición ante el fenómeno.

### 5.2.2.1 Factor de Resistencia de los elementos Corporal

El análisis del factor de resistencia de la población según la edad considerada fue la población menor o igual a 9 años y mayor o igual a 60 años, puesto que se definió que esta población a la hora de la ocurrencia de una inundación necesita algún tipo de ayuda de otra persona además en estudios de eventos ocurridos es la población más afectada. Cabe anotar que no se quiere decir que el resto de población no es vulnerable. En esta ocasión se tuvieron en cuenta dos variables 1) la edad de la población y 2) las limitaciones personales.

#### Variable 1:

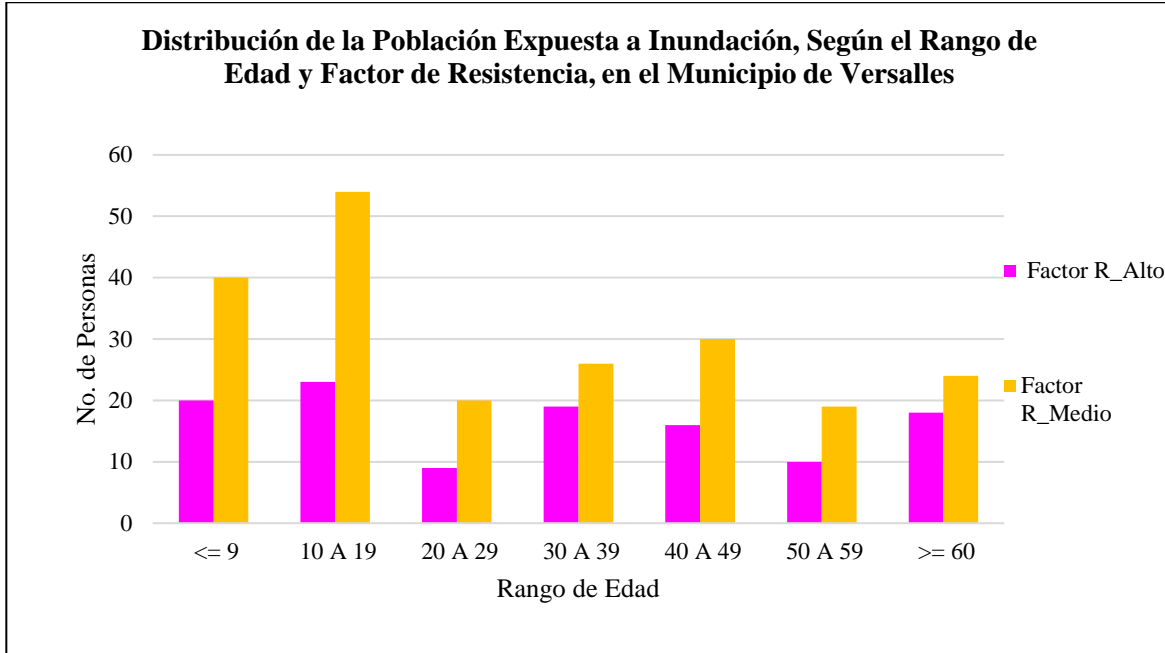
- **Edad de la población**

El análisis del factor de resistencia de la edad de la población se realizó con el Censo del 2005 por manzanas y rangos de edad. En la Tabla 5.12 se muestra la población con alta y media resistencia que se encuentra expuesta en zonas de amenaza alta y media por inundación. La población que presenta un factor de resistencia es de 328 habitantes de los cuales 115 personas presentan factor de resistencia alto distribuidos en promedios de edad así: 43 se encuentran entre los 0 y los 19 años, 19 entre los 30 a 39, 16 entre los 40 y 49, finalmente 18 personas son mayores a 60 años. El factor de resistencia medio o fragilidad media indica que los infante menores de 9 años son 40, seguido de los jóvenes entre los 10 y 19 años, las personas entre los 30 y 39 años son un total de 26, entre los 40 a 49 son un total de 30 y finalmente los mayores de 50 años don un total de 43 en fragilidad media. (Figura 5.19).

**Tabla 5.12.** Factor de resistencia de la población por edad expuesta por inundación en el área urbana del municipio de Versalles

RANGO DE EDAD	FACTOR DE RESISTENCIA ALTO	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO
<= 9	20	40
10 A 19	23	54
20 A 29	9	20
30 A 39	19	26
40 A 49	16	30
50 A 59	10	19
>= 60	18	24
<b>Total general</b>	<b>115</b>	<b>213</b>

**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005)



**Figura 5.19.** Distribución de la Población por edad de acuerdo al factor de Resistencia ante inundación, en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).

## Variable 2:

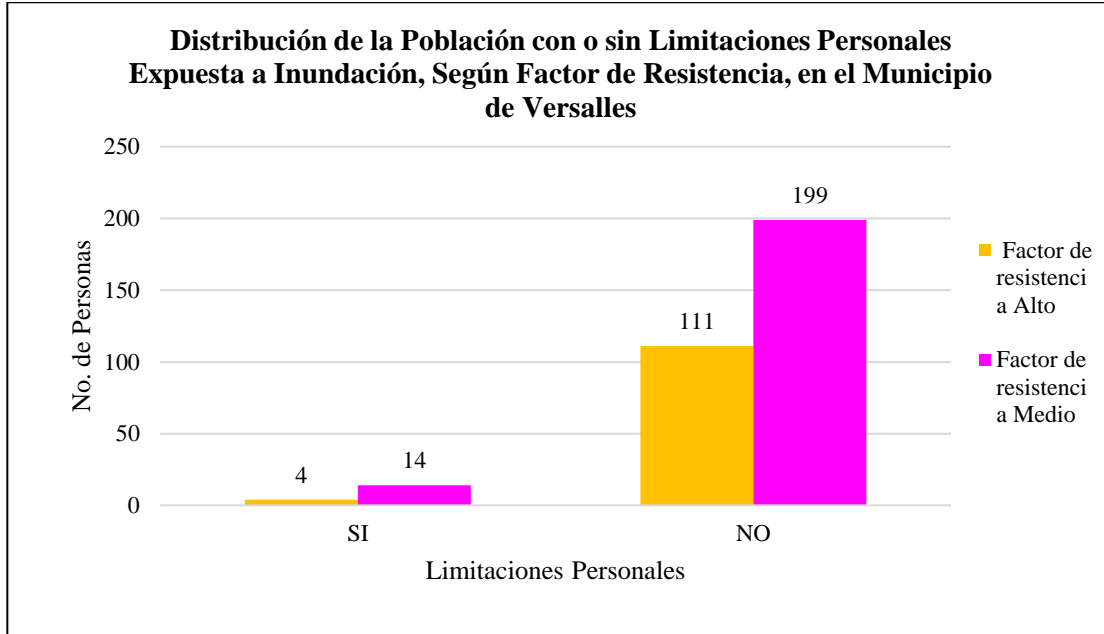
- **Limitación de la Población**

El análisis del factor de resistencia de la variable Limitación de la población de la zona urbana del municipio con fragilidad en amenaza alta y media se encuentran 18 personas con algún tipo de limitación, de los cuales 4 personas tienen alta resistencia y 14 tienen una resistencia media ante la ocurrencia de una inundación (Tabla 5.13 y Figura 5.20).

**Tabla 5.13.** Factor de resistencia de la población con o sin limitaciones expuesta ante inundación en el área urbana del municipio de Versalles.

LIMITACIONES PERSONALES	FACTOR DE RESISTENCIA ALTO	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO
SI	4	14
NO	111	199
<b>Total general</b>	<b>115</b>	<b>213</b>

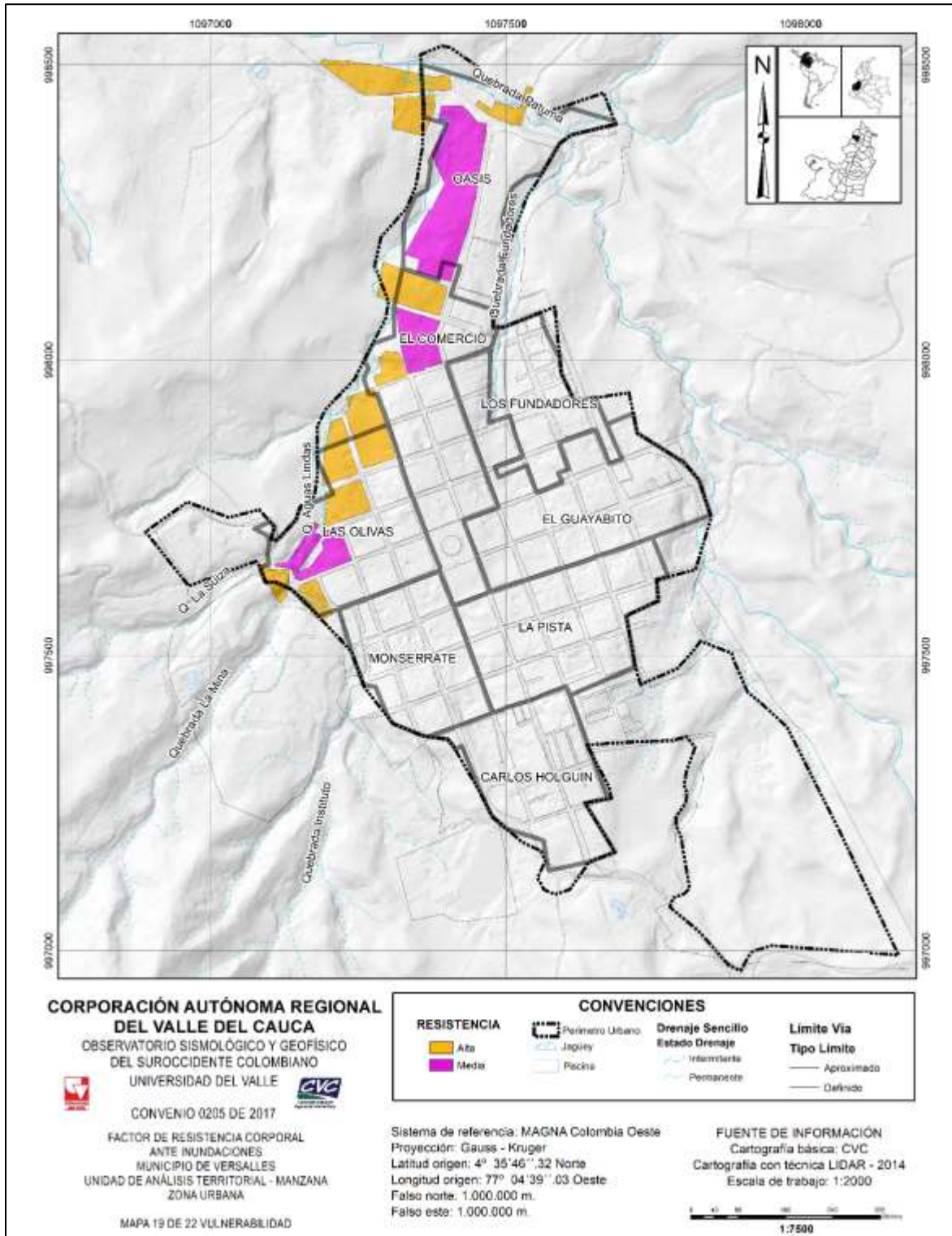
**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).



**Figura 5.20.** Distribución del factor de resistencia de la población con o sin limitaciones frente a exposición por inundación en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).

En la Figura 5.21 se muestra la espacialización del factor de resistencia de la población de acuerdo a la modelación hidráulica correspondiente a la velocidad hasta de 8 m/s o una profundidad del agua hasta de 0,90 m o la sumatoria de ambos parámetros. La población con factor de resistencia alto y medio ante esta amenaza se encuentran localizados en el barrio el Oasis, El Comercio y Las Olivas colindante con la quebrada Patuma al norte del casco urbano y Aguas Lindas al costado izquierdo del mismo.



**Figura 5.21.** Factor de resistencia de la población expuesta ante inundación en el municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia con información del DANE, (2005).

### 5.2.2.2 Factor de Resistencia de elementos estructurales ante inundación

El factor de resistencia de los elementos estructurales se analiza como la capacidad que tienen los elementos estructurales de soportar los esfuerzos a los que están sometidos en una inundación teniendo en cuenta la velocidad y la profundidad del agua con relación a las siguientes variables: 1) tipo de material empleado en la construcción de la edificación, 2) estado de conservación, el cual se consideran los daños que presenta la edificación, 3) la edad de la construcción, es decir cuánto tiempo tiene la edificación de haberse construido y 4) Altura de la edificación, el cual hace referencia a la geometría.

Para el municipio de Versalles el factor de resistencia estructural resulto bajo, es decir que las viviendas expuestas ante esta amenaza son altamente frágiles.

#### Variable 1:

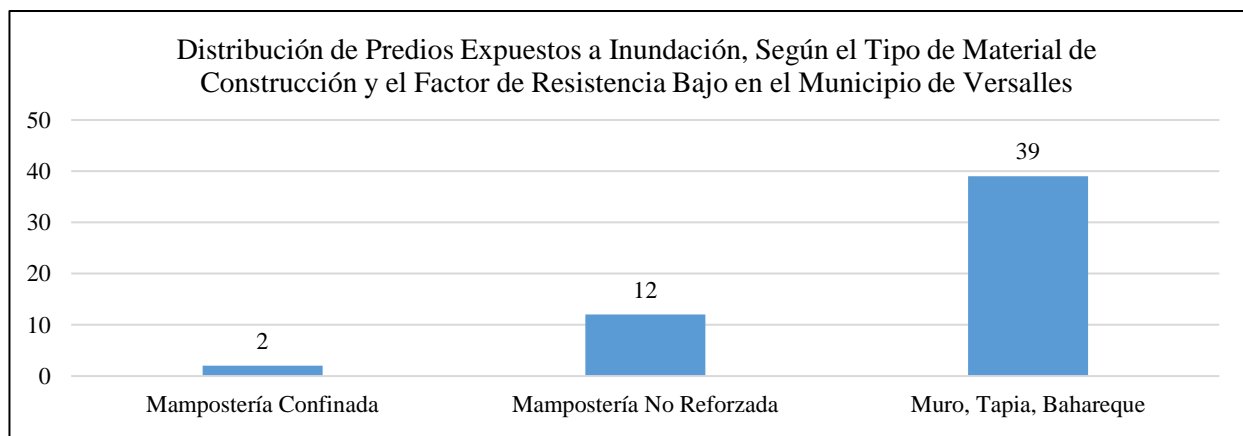
- **Tipología de la edificación**

Para el análisis del factor de resistencia según la tipología de la edificación de las 53 viviendas con factor de resistencia bajo o alta fragilidad, 39 se encuentran construidas en muro, tapia y bahareque, 12 en mampostería no reforzada y 2 en mampostería confinada (Tabla 5.14 y Figura 5.22).

**Tabla 5.14.** El Factor de resistencia según la tipología de la edificación del área urbana del municipio de Versalles

TIPO DE CONSTRUCCION	FACTOR RESISTENCIA BAJO
Mampostería Confinada	2
Mampostería No Reforzada	12
Muro, Tapia, Bahareque	39
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>53</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.22.** Distribución del factor de resistencia según la tipología de la edificación ante inundación en la zona urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.



**Variable 2:**

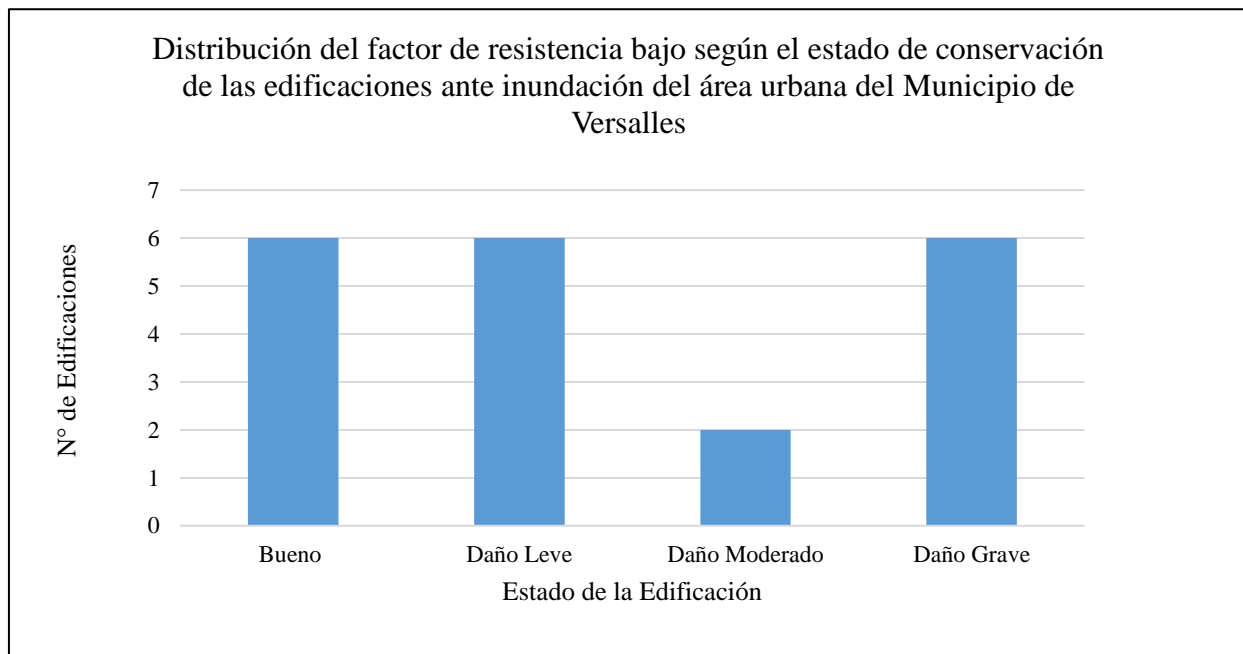
- **Estado de conservación de la edificación**

El análisis del factor de resistencia según el estado de conservación, se definió con las categorías de bueno, daños leves, daños moderados y daños graves. De las 54 estructuras 7 presentan daños leves, daños moderados 9, daños graves 27 y en buen estado 11 (Tabla 5.15 y Figura 5.23)

**Tabla 5.15.** Factor de resistencia según el estado de conservación de las edificaciones frente a la exposición por inundación del área urbana del municipio de Versalles

ESTADO DE LA EDIFICACIÓN	FACTOR RESISTENCIA BAJO
Bueno	11
Daño Leve	7
Daño Moderado	9
Daño Grave	27
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>54</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.23.** Distribución del factor de resistencia bajo según el estado de conservación de las edificaciones ante inundación del área urbana del Municipio de Versalles.

**Fuente:** elaboración propia.

**Variable 3:**

- **Edad de la edificación**

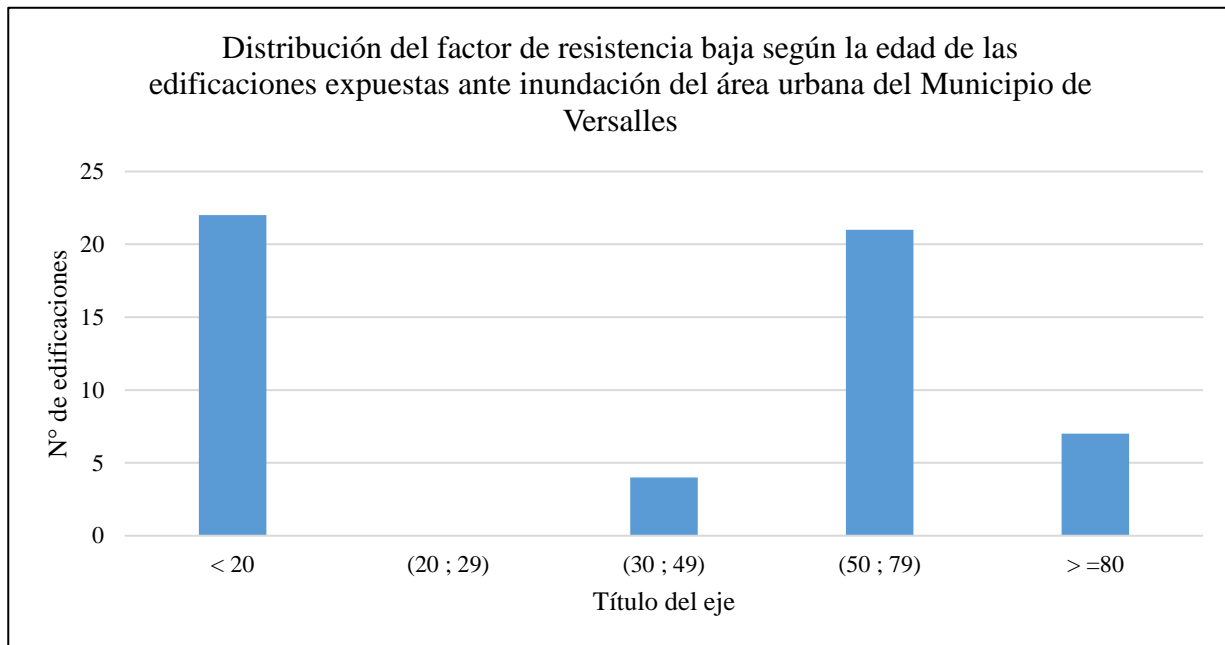
El factor de resistencia según la edad de la edificación se muestra en la Tabla 5.16 en el cual se establecieron por rangos de acuerdo a la información obtenida en el censo de inspección visual en

las zonas de amenaza alta y media realizado en el municipio, encontrándose que 21 viviendas se encuentran entre los 50 y 79 años de construcción, 4 entre los 30 y los 49, mayores de 80 años son 7 y 22 menores de 20 años de construcción (Figura 5.24).

**Tabla 5.16.** Factor de resistencia según la edad de la edificación expuesta frente a inundación del área urbana del municipio de Versalles

RANGO DE EDAD	FACTOR RESISTENCIABAJO
< 20	22
(20 ; 29)	0
(30 ; 49)	4
(50 ; 79)	21
> =80	7
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>54</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.24.** Distribución del factor de resistencia baja según la edad de las edificaciones expuestas ante inundación del área urbana del municipio de Versalles.

**Fuente:** elaboración propia.

#### Variable 4:

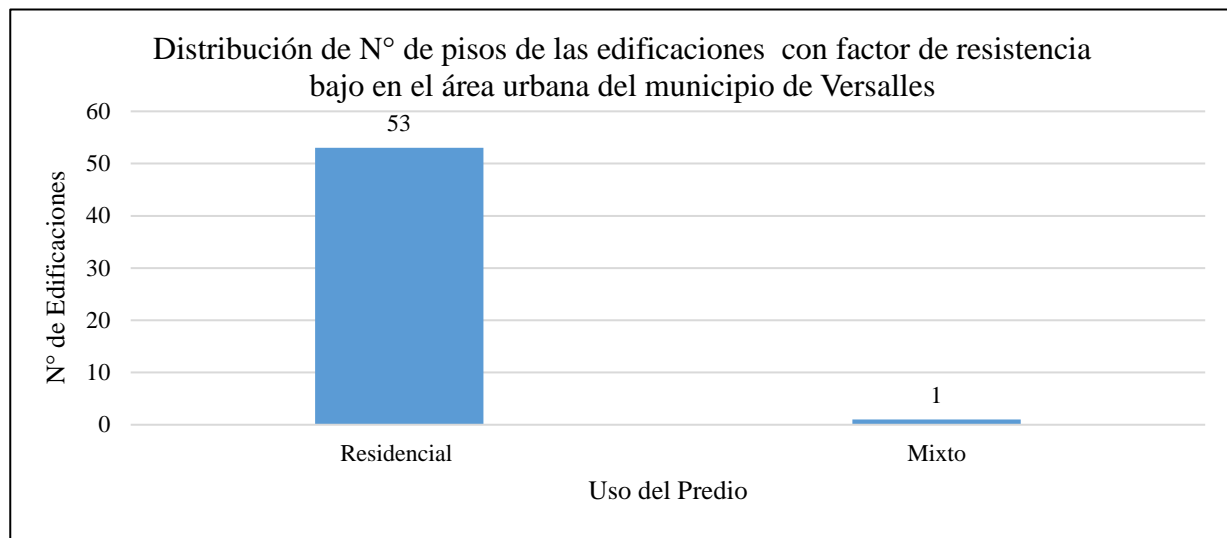
- **Uso y Altura de la edificación**

En el uso de las construcciones predomina la residencial con un total de 53 viviendas y una de uso mixto relacionada con residencia-tienda, de estas estructuras 45 están en un solo piso, 8 construidas en dos pisos y una en tres pisos con factor de resistencia bajo o alta fragilidad o debilidad ante el impacto de una inundación (Tabla 5.17 y la Figura 5.25).

**Tabla 5.17.** Número de pisos de las edificaciones expuestas a inundación del área urbana del municipio de Versalles

NÚMERO DE PISOS	FACTOR RESISTENCIA BAJO
1	45
2	8
3	1
Total general	54

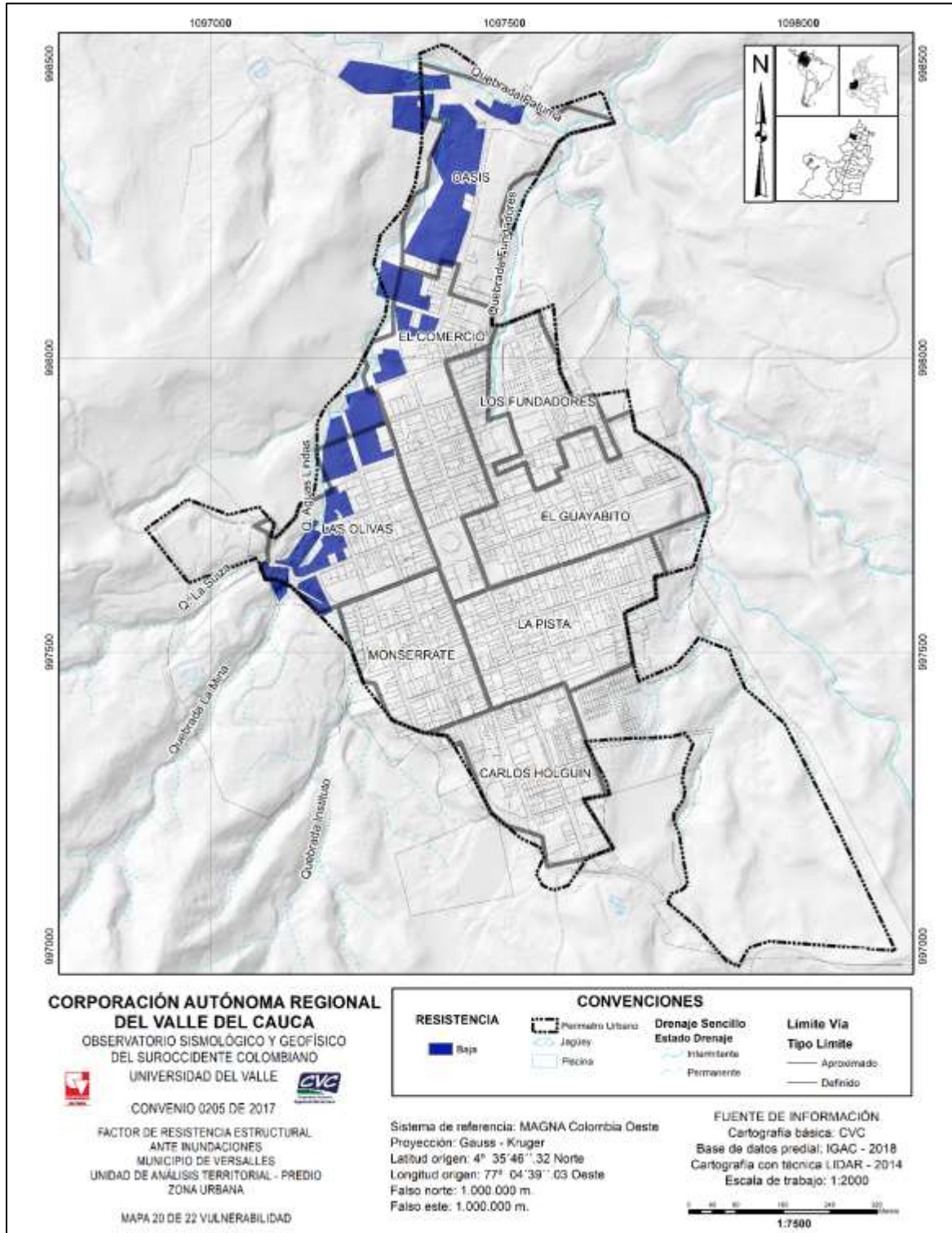
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.25.** Distribución de N° de pisos de las edificaciones con factor de resistencia bajo en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

En la Figura 5.26 se presenta la espacialización del factor de resistencia de estructural de acuerdo a la modelación hidráulica correspondiente a la velocidad hasta de 8 m/s o una profundidad del agua hasta de 0,90 m o la sumatoria de ambos parámetros. Teniendo en cuenta la tipología, la edad, el estado de conservación y la altura de las edificaciones.



**Figura 5.26.** Factor de resistencia estructural ante inundación en la zona urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia con datos recolectados en campo

### 5.3 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD PARA EL ESCENARIO DE INUNDACIÓN

Para el análisis de la vulnerabilidad se consideran los resultados obtenidos de la exposición ante la amenaza y el factor de resistencia de la población y las edificaciones para el fenómeno de inundación en el área urbana del municipio de Versalles.

A continuación, se presentan los resultados de vulnerabilidad corporal y vulnerabilidad estructural:

#### 5.3.1 Vulnerabilidad Corporal (población)

En el análisis de la vulnerabilidad corporal se consideró la exposición y el factor de resistencia ante inundaciones de la población del área urbana y de expansión por manzanas del municipio de Versalles.

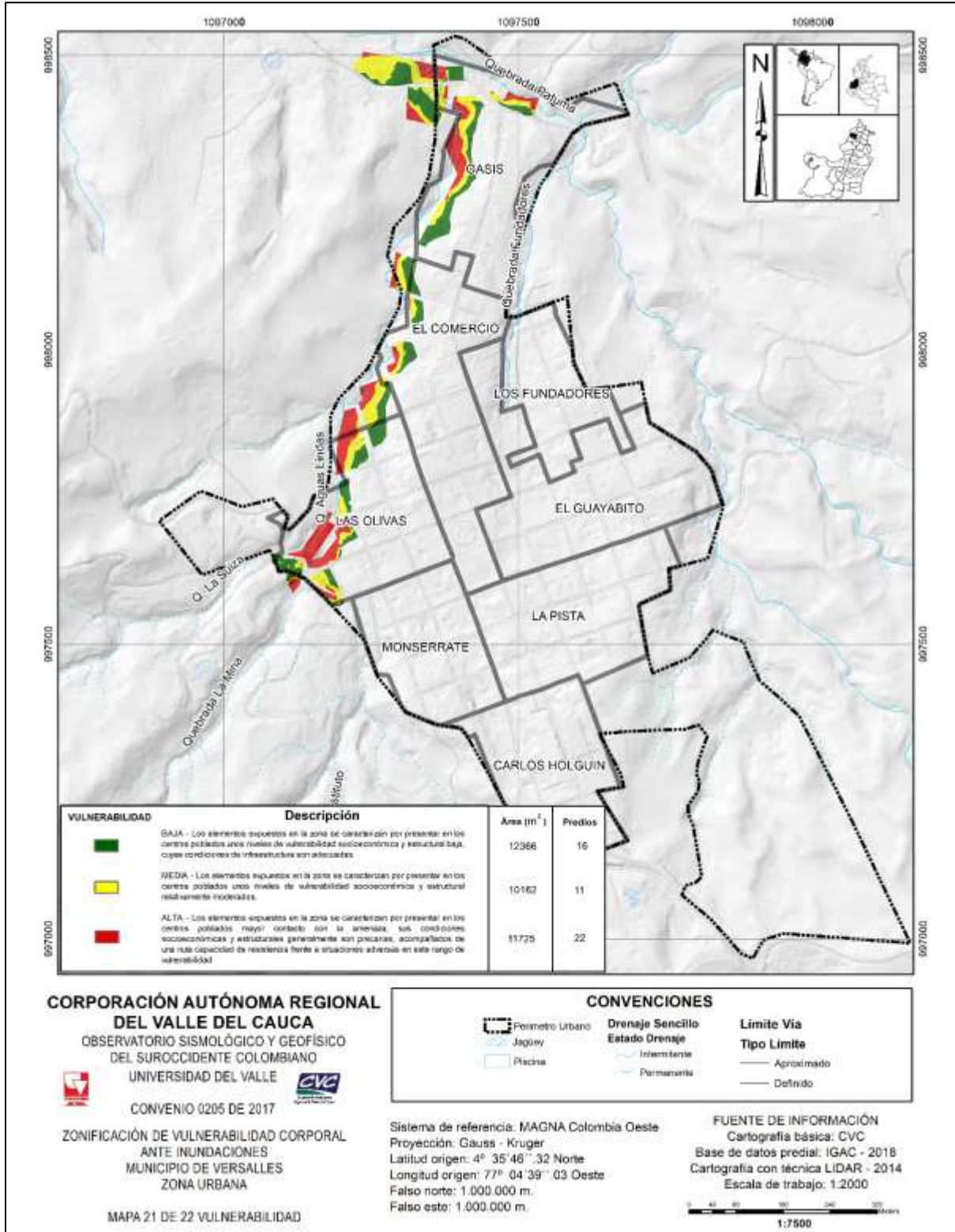
Ante la vulnerabilidad se manejan los tres niveles: alta, media y baja, representados en un área total de 36641,42 m<sup>2</sup> por manzana, donde se tiene en vulnerabilidad corporal alta un área por manzana de 11997,38 m<sup>2</sup> distribuidas en 3 manzanas con un total de 22 construcciones y 107 personas bajo esta condición, en vulnerabilidad media se tienen 15723,79 m<sup>2</sup> distribuido en 4 manzanas con 11 construcciones un total de 42 personas y el resto se encuentra en vulnerabilidad baja (Tabla 5.18)

**Tabla 5.18.** Vulnerabilidad corporal por área de manzanas del área urbana del municipio de Versalles

NIVEL DE VULNERABILIDAD	ÁREA (M <sup>2</sup> ) POR MANZANA	ÁREA (%)	MANZANAS	NO. POBLACIÓN
ALTA	11997,38	0,32742673	3	107
MEDIA	15723,79	0,429126	4	42
BAJA	8920,25	0,24344727	2	26
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>36641,42</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>175</b>

**Fuente:** elaboración propia con información del DANE, 2005.

En la Figura 5.27 se espacializa la vulnerabilidad corporal ante inundaciones en el área urbana del municipio de Versalles. Los barrios que se ven directamente afectados son Las Olivas, El Comercio y El Oasis gracias a su cercanía con los afluentes de la quebrada Aguas Lindas y la Quebrada Patuma.



**Figura 5.27.** Mapa vulnerabilidad corporal por inundación de la zona urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

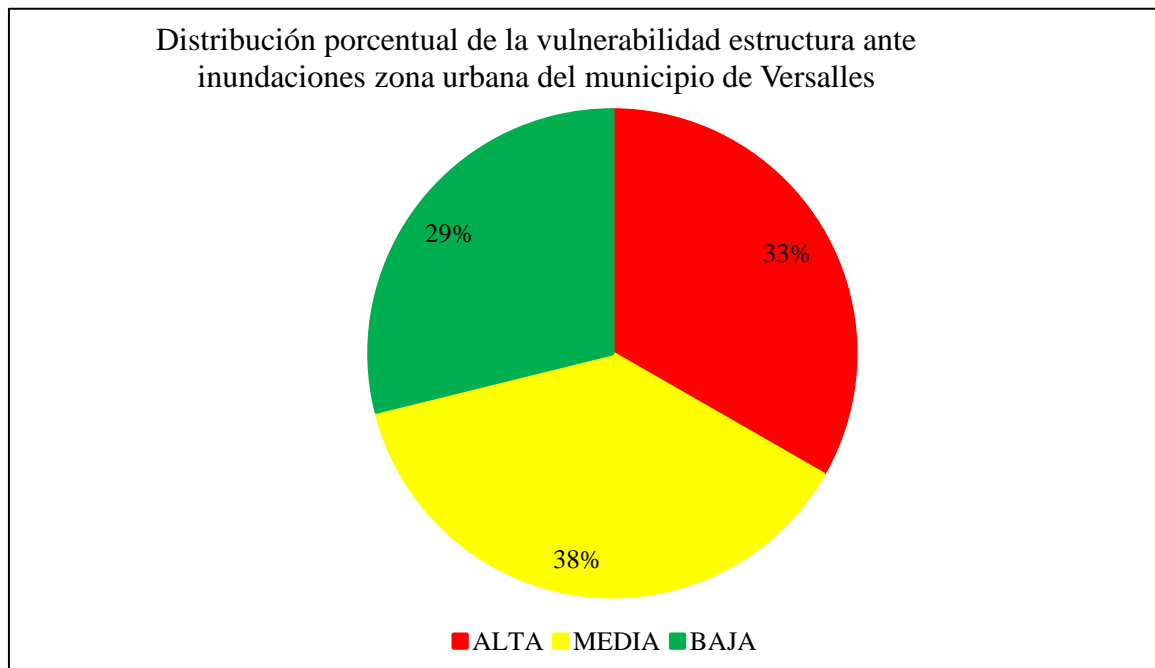
### 5.3.2 Vulnerabilidad estructural para el escenario de inundación

En el análisis de vulnerabilidad estructural se clasificó alta, media y baja por área m<sup>2</sup> del predio. El total del área tenida en cuenta para el análisis de la vulnerabilidad fue de 49489,28 m<sup>2</sup> de los cuales 16475,01 m<sup>2</sup>, es decir un 33% se encuentra en vulnerabilidad alta, 18734,13 m<sup>2</sup> que representa el 38% del área se encuentra en vulnerabilidad media con un total de 24 predios, siendo la vulnerabilidad media la más representativa y el 29% restante en vulnerabilidad baja (Tabla 5.19 y Figura 5.28).

**Tabla 5.19.** Vulnerabilidad estructural predial en el área urbana del municipio de Versalles

NIVEL DE VULNERABILIDAD	ÁREA (M <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	PREDIOS
ALTA	16475,01	0,33290044	8
MEDIA	18734,13	0,37854928	24
BAJA	14280,14	0,28855027	17
TOTAL GENERAL	49489,28	1	1267

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.28.** Porcentaje de áreas en vulnerabilidad estructural ante inundación en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.

En la Figura 5.29 se espacializa la vulnerabilidad estructural ante inundaciones en el área urbana del municipio de Versalles. Las edificaciones de los barrios que se ven directamente afectados son Las Olivas, El Comercio y El Oasis gracias a su cercanía con los afluentes de la quebrada Aguas Lindas y la Quebrada Patuma.

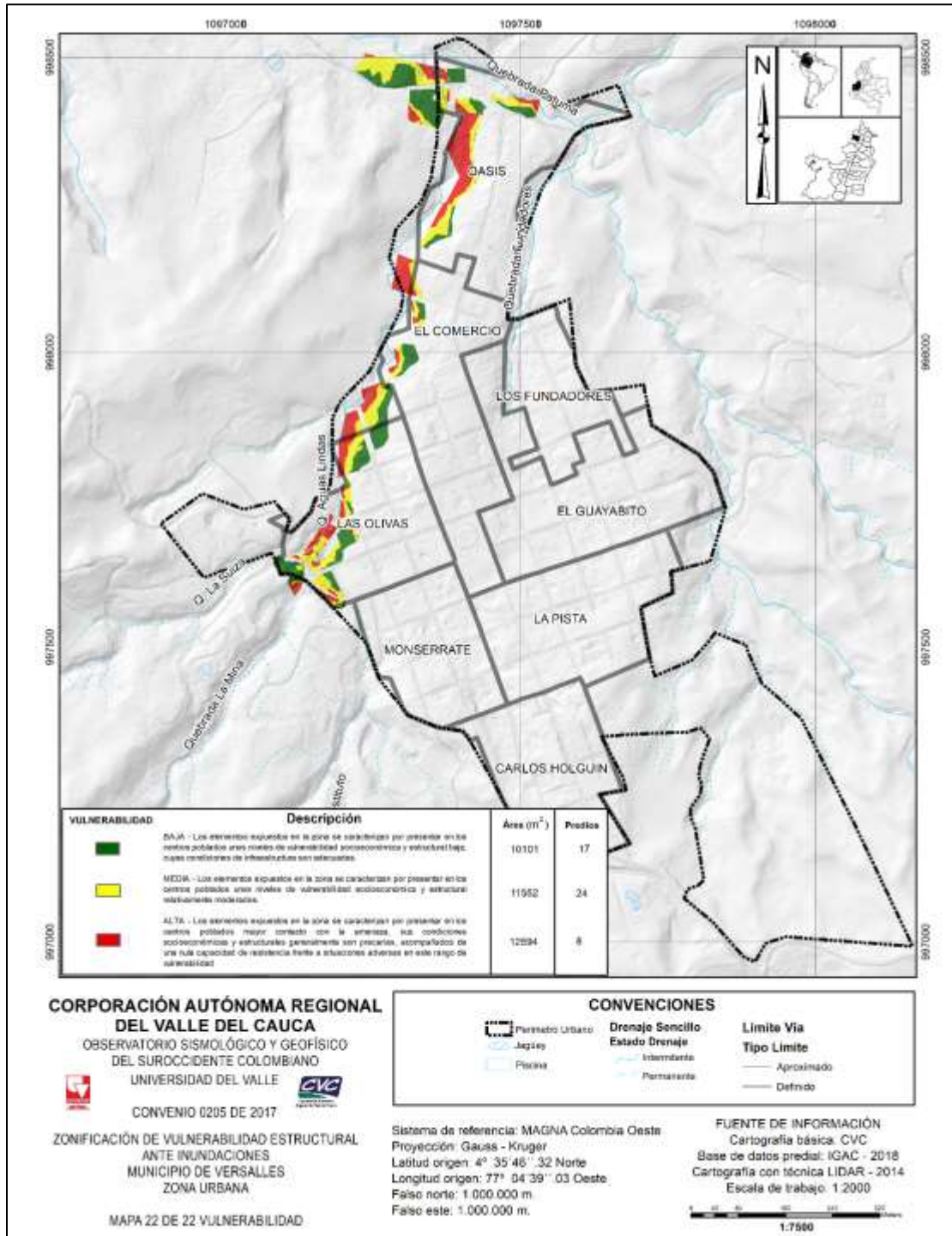


Figura 5.29. Mapa de vulnerabilidad estructural ante inundación de la zona urbana del municipio de Versalles.

Fuente: elaboración propia



## 6. ESCENARIO DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES

La reciprocidad entre el peligro de un fenómeno natural y las condiciones vulnerables creadas por una comunidad en su entorno físico y social es lo que determina el grado de afectación que pueda sufrir la misma.

La importancia de la realización de los escenarios de afectación para el municipio de Versalles, por el fenómeno de inundación a partir del desarrollo de la metodología propuesta en este estudio, se ve reflejada en el gran aporte al entendimiento del origen y comportamiento de escenarios de riesgo en los que, sin duda, es el primer paso para estructurar y aplicar acciones que eviten, en la medida de lo posible, pérdidas humanas y materiales, como consecuencia de la acción de dicho fenómeno.

Las zonas de estudio ante el fenómeno de inundación se clasificaron en escenarios de afectación alta, media y baja:

- Afectación Baja: son las zonas que se caracteriza por presentar niveles de amenaza baja con unas condiciones de vulnerabilidad bajas.
- Afectación Media: son las zonas que se caracteriza por presentar niveles de amenaza moderada con niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural moderados.
- Afectación Alta: son las zonas que se caracterizan por presentar condiciones de amenaza alta, además de una vulnerabilidad alta debido a que las edificaciones presentan deficiencias en los materiales de construcción y daños moderados o graves. La población con poca o nula capacidad de resistencia.

### 6.1 AFECTACIÓN CORPORAL ANTE INUNDACIONES

En la Tabla 6.1 se presenta el área por manzana que se encuentra en afectación alta y media en el municipio además del número de la población dentro de esta afectación. El área total en afectación alta es de 36641,42 m<sup>2</sup> de los cuales 34824,57 m<sup>2</sup> hacen parte de la afectación alta distribuida en 8 manzanas con una población de 157 habitantes, por otra parte, en afectación media se tiene un área de 1816,85 m<sup>2</sup> en una manzana con una población de 18 habitantes con afectación o riesgo medio.

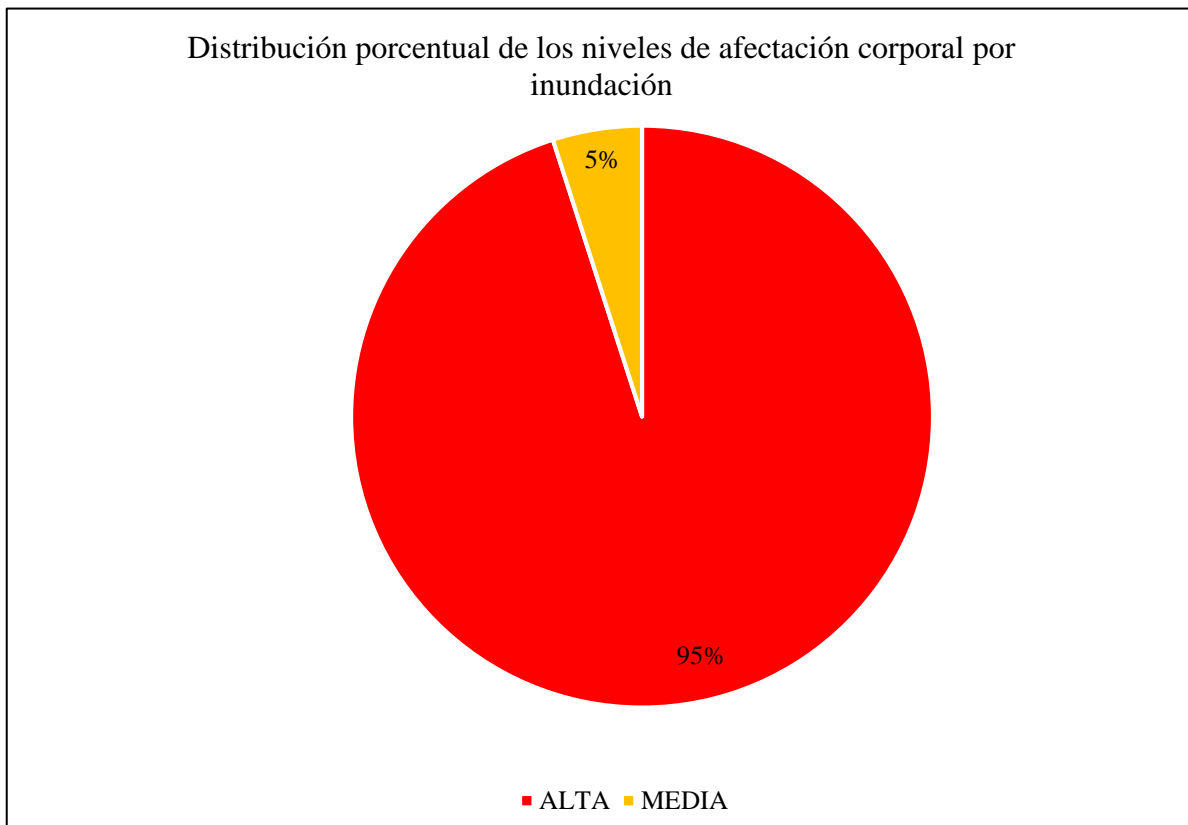
**Tabla 6.1.** Afectación corporal del área urbana del municipio de Versalles

NIVEL DE AFECTACIÓN	ÁREA (M <sup>2</sup> ) POR MANZANA	ÁREA (%)	MANZANAS	POBLACION POR MANZANA (DANE 2005)
ALTA	34824,57	0,95041539	8	157
MEDIA	1816,85	0,04958461	1	18
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>36641,42</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>175</b>

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 6.1, muestra la distribución porcentual de los niveles de afectación por inundación en el área urbana del municipio:

- **Afectación Media:** corresponde al 5% del área urbana que presentan niveles de amenaza y vulnerabilidad moderada, en estas zonas se deben plantear acciones y medidas que realizarse pequeñas obras de mitigación para reducir la amenaza; así mismo deben desarrollarse programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de la población y la adecuación de las edificaciones que presentan problemas estructurales considerables.
- **Afectación Alta:** corresponde al 95% del área urbana que presenta niveles de amenaza alta, y vulnerabilidad alta, en estas zonas se deben plantear acciones y medidas estructurales y no estructurales para la prevención y reducción de la amenaza y vulnerabilidad con la finalidad de evitar grandes pérdidas económicas y de vidas.



**Figura 6.1.** Distribución porcentual de los niveles de afectación corporal por inundación en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 6.2 se espacializa las áreas de acuerdo a los niveles de afectación corporal ante inundaciones en el área urbana del municipio de Versalles. En la figura se visualiza los barrios donde sus habitantes podrían verse afectados los cuales son: El Oasis afectado por la quebrada Patuma, El Comercio y Las Olivas por la quebrada Aguas Lindas.

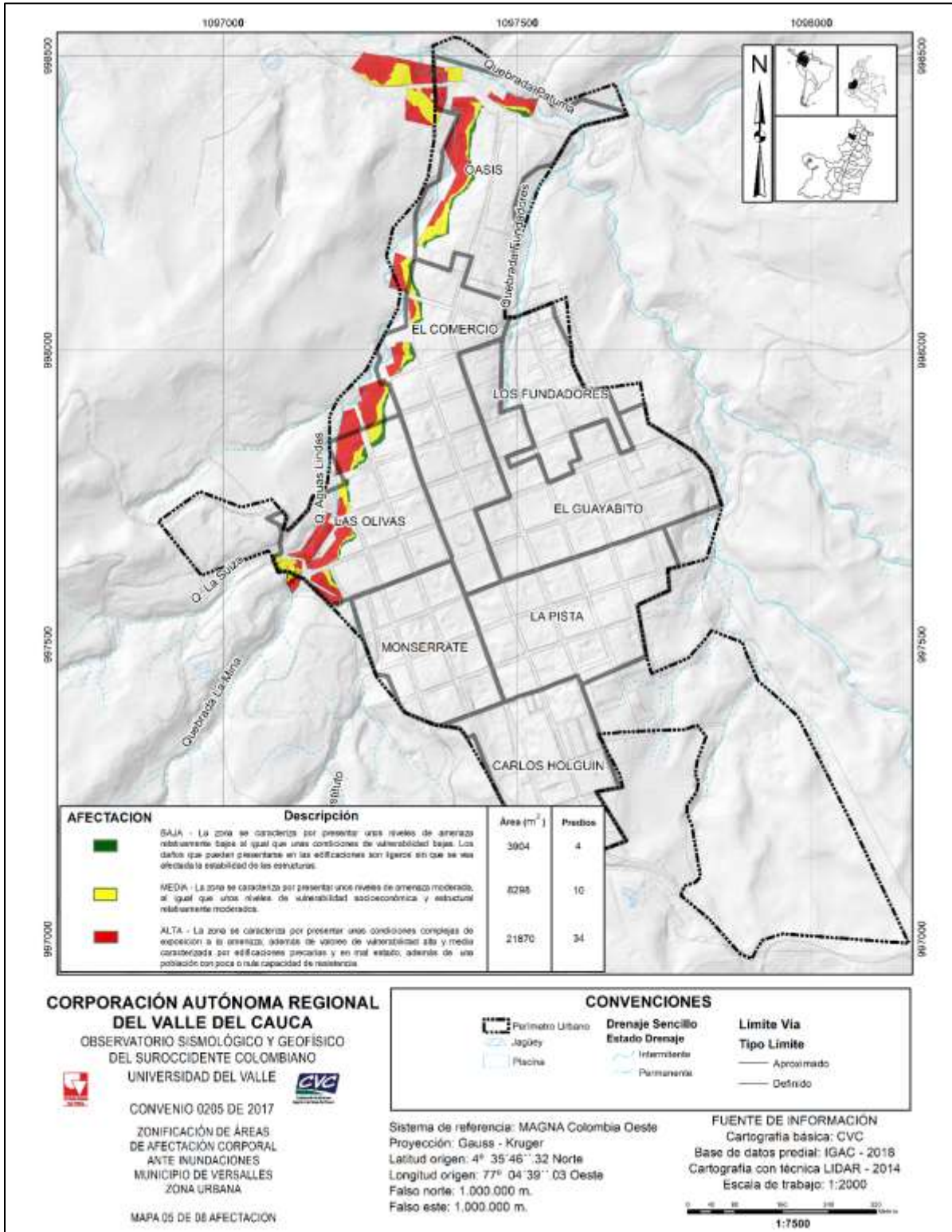


Figura 6.2. Áreas de afectación corporal ante inundaciones de la zona urbana municipio de Versalles

Fuente: elaboración propia

## 6.2 AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIONES

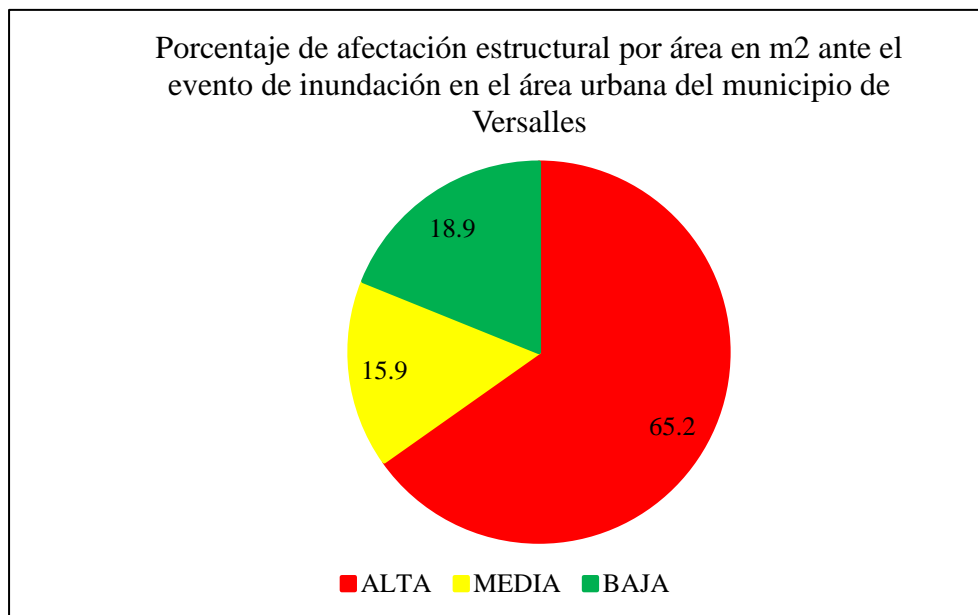
En la Tabla 6.2 se presenta el total de las áreas en afectación alta, media y baja para las estructuras bajo estas condiciones, el total de estas áreas prediales es de 44858,95m<sup>2</sup> los cuales se distribuyen en afectación alta 29254,92 m<sup>2</sup> con 33 predios, en afectación media se tienen 12 predios en 7131,64 m<sup>2</sup> y en baja un área total de 8472,39 m<sup>2</sup>.

**Tabla 6.2.** Afectación estructural por área en metros cuadrados ante el evento de inundación

NIVEL DE AFECTACIÓN	ÁREA (M <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	PREDIOS
ALTA	29254,92	65.2	33
MEDIA	7131,64	15.9	12
BAJA	8472,39	18.9	3
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>44858,95</b>	<b>100</b>	<b>48</b>

**Fuente:** elaboración propia

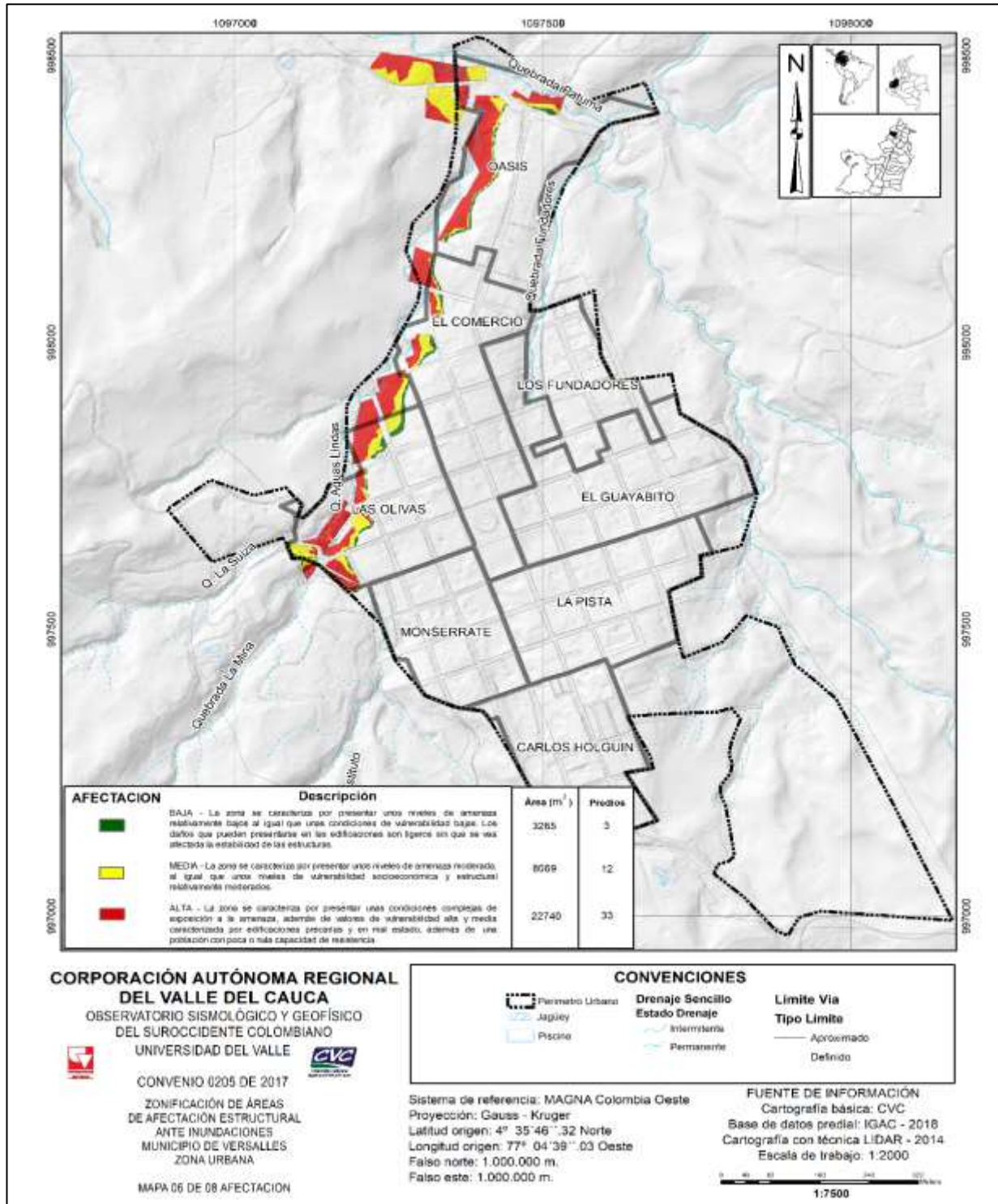
En la Figura 6.3 Se muestran los porcentajes de estas áreas de afectación donde el riesgo alto es del 65.2%, medio del 15.9% y bajo de 18.9%, relacionados con la quebrada Patuma y Aguas Lindas en el área urbana del municipio de Versalles. La espacialización de esta información se ve en la Figura 6.4.



**Figura 6.3.** Porcentaje de afectación estructural por área en m<sup>2</sup> ante el evento de inundación en el área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia

En la **Figura 6.4** se espacializa las áreas de acuerdo a los niveles de afectación estructural ante inundaciones en el área urbana del municipio de Versalles. En la figura se visualiza los barrios donde las edificaciones podrían verse afectados los cuales son: El Oasis afectado por la quebrada Patuma, El Comercio y Las Olivas por la quebrada Aguas Lindas



**Figura 6.4.** Áreas de afectación estructural ante inundaciones de la zona urbana municipio de Versalles  
**Fuente:** elaboración propia

### **6.3 ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR INUNDACIÓN MUNICIPIO DE VERSALLES**

Con base a 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 se establece en el Art. 3, literal e) 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. La mitigación no es viable por condiciones técnico-económicas, por lo cual los predios se incluyen dentro del Programa de Reasentamientos de Familias en Alto Riesgo No Mitigable”.

#### **6.3.1 Zonas de alto riesgo mitigable y no mitigable**

Las zonas se definieron con base en la realización de estudios técnicos detallados para la zonificación de la amenaza por inundación, que determinan la viabilidad de la ejecución de medidas de reducción en el asentamiento existente, pues cabe resaltar que, la planificación e intervención de estas áreas es una decisión política, económica, técnica y social.

Para la zonificación de las áreas de alto riesgo no mitigable se hizo un Buffer a distancia de 30 metros de las fuentes hídricas analizadas en la zona urbana del municipio de Versalles, con el respectivo Buffer, se interceptaron los valores altos de intensidad y afectación, con los valores de amenaza alta por inundación. Para las zonas de riesgo alto mitigable, medio y bajo, son los valores de afectación y luego estas se superponen con los valores de riesgo no mitigable.

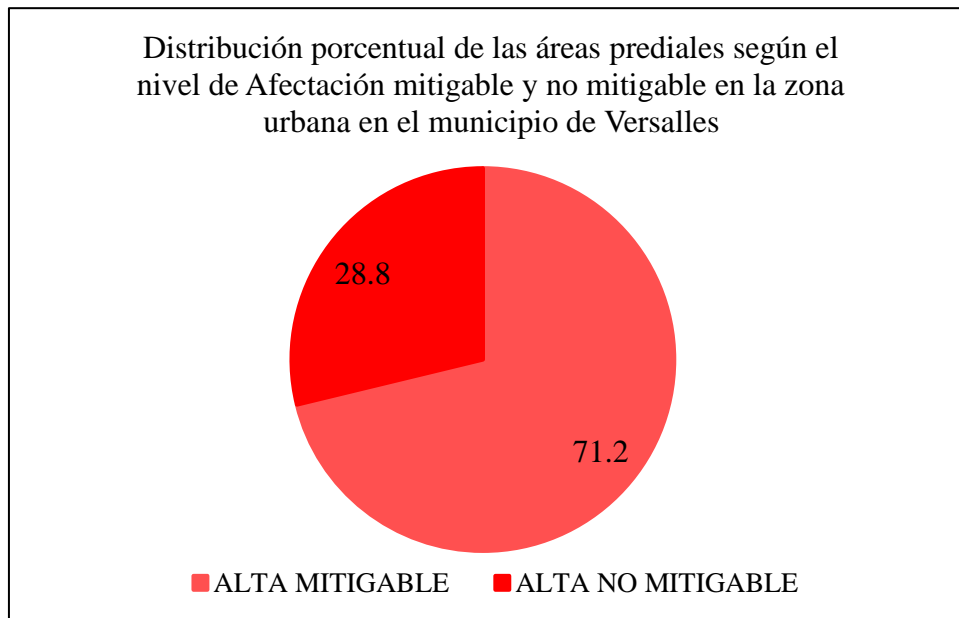
La Tabla 6.3 indica las áreas a nivel predial de afectación o riesgo alto mitigable y no mitigable ante el escenario de inundación para el casco urbano del municipio de Versalles. El área total predial en afectación por inundación es de 61919,85 m<sup>2</sup> los cuales se distribuyen en amenaza alta mitigable un total de 17179,77 m<sup>2</sup> en dos manzanas con 6 predios y una población de 17 habitantes, en afectación alta no mitigable se tiene un área de 6943,26 m<sup>2</sup> conformado por 6 manzanas con 27 predios y 150 habitantes, en afectación media se tiene un área de 37393,69 m<sup>2</sup> distribuidos en 5 manzanas con un total de 17 predios y 161 habitantes. El porcentaje de estas áreas se identifica en la Figura 6.5. En estas áreas es donde el municipio debe priorizar inversión de recursos para la mitigación de la amenaza y la condición de vulnerabilidad y, evitar así, la configuración de nuevas situaciones de riesgo.

Los cálculos de áreas de afectación por inundación abarcan las áreas circundantes al sistema hídrico ubicado en el occidente y comprendido por la quebrada Aguas Lindas y sus tributarios, así como la desembocadura de este sistema hídrico en la quebrada Patuma al norte del casco urbano la espacialización de esta información se identifica en la Figura 6.6.

**Tabla 6.3.** Niveles de afectación alto mitigable y no mitigable y porcentaje de áreas ante el evento de inundación en el casco urbano de Versalles

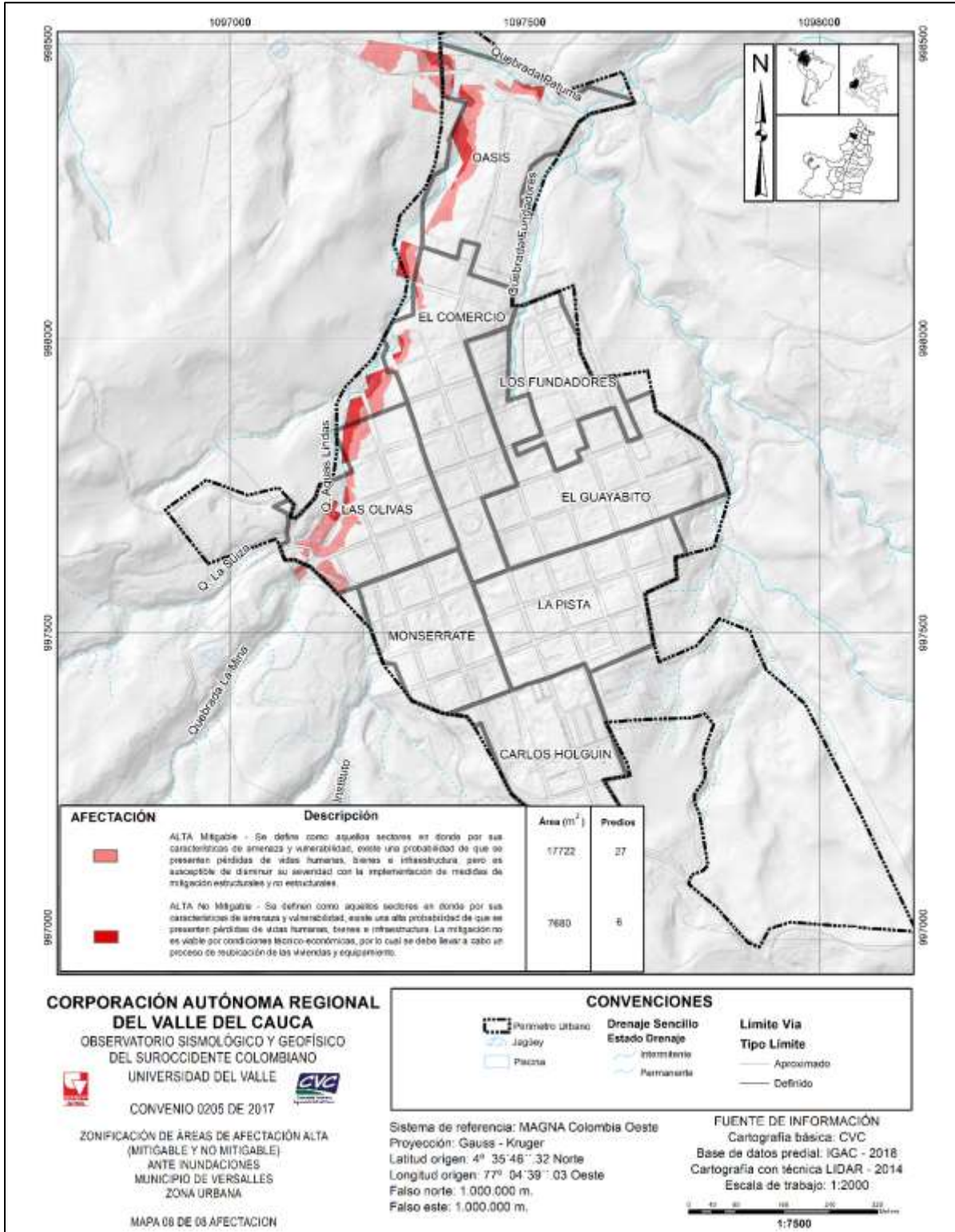
NIVEL DE AFECTACIÓN	ÁREA PREDIAL EN (M <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	PREDIOS	MANZANAS	POBLACIÓN POR MANZANA (DANE 2005)
ALTA MITIGABLE	17179,77	28,8	6	2	17
ALTA NO MITIGABLE	6943,26	71,2	27	6	150
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>61919,85</b>	<b>100</b>	<b>53</b>	<b>13</b>	<b>328</b>

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6.5.** Porcentaje de áreas en afectación alta mitigable y no mitigable para el escenario de inundación en área urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6.6.** Áreas de afectación alta mitigable y no mitigable en la zona urbana del municipio de Versalles

**Fuente:** elaboración propia.



## **7. CALCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS ANTE LOS ESCENARIOS DE INUNDACIÓN Y MOVIMIENTOS EN MASA EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES**

En los últimos años se ha visto como el crecimiento de los asentamientos urbanos del departamento han desbordado los mecanismos de planificación que han intentado aplicarse para guiar el desarrollo de los mismos. Los motivos para la persistencia de esta situación van más allá del ámbito normalmente cubierto por los instrumentos de planificación de los asentamientos, y están determinados por los estilos de desarrollo seguidos en el departamento, así como por las condiciones sociales y económicas imperantes en nuestro país. Adicionalmente, a esta problemática, se le suma el cambio climático, que conduce a un desequilibrio para la sociedad, la economía y el medio ambiente.

Por estas razones, se está más expuestos a los desastres de origen natural que tienen consecuencias devastadoras en los ámbitos sociales, económicos y de infraestructura. El departamento del Valle del Cauca, es la región que más ha sufrido de inundaciones a nivel nacional.

El municipio de Versalles, junto con otros municipios, presenta antecedentes de inundaciones, sobre todo en las temporadas de ola invernal. A lo largo de la historia el municipio ha presentado antecedentes de afectación por los afluentes de Aguas Lindas, Fundadores y Patuma.

Las inundaciones generan en la gran mayoría de los casos pérdidas económicas y otros daños que son incuantificables. Teniendo como consecuencias en la zona urbana la afectación de carreteras, viviendas y otras infraestructuras, y en la zona rural pérdidas de cultivos entre otros. Por otro lado, también es un riesgo para la salud, considerándose situaciones desde una lesión leve por un golpe con un árbol caído, las fuentes de agua pueden contaminarse con materiales tóxicos que aumentan el riesgo de transmisión de enfermedades o en ellas pueden proliferar enfermedades vectoriales transmitidas por insectos que contagian, por ejemplo, el dengue.

Otro escenario de riesgo, al que está expuesto el municipio de Versalles es el de movimiento en masa, el cual tiene efectos y consecuencias en las estructuras construidas directamente sobre o cerca de un deslizamiento de tierra, pueden afectar las zonas residenciales, además, el daño causado por un derrumbe a las líneas vitales de una propiedad individual (como la red de acueducto, alcantarillado y de gas) (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Considerando este contexto se desarrolla el presente documento que se encuentra dividido en dos secciones, con el propósito de estimar las posibles pérdidas ocasionadas por una eventual inundación o movimientos en masa, realizando una valoración económica. Utilizando precios del año 2018, este documento estima el valor de un grupo de variables compuestas por i) el daño en la infraestructura social, tales como viviendas, centros de educación y centros hospitalarios; ii) los impactos en la salud; y iii) los gastos del gobierno iv) gastos en reparación de vías; v) costo de reparación de tubería de gases.

## 7.1 CÁLCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICA POR INUNDACIONES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VERSALLES

En esta etapa se hace una estimación de las posibles pérdidas económicas ante la manifestación de una inundación en las áreas identificadas con amenaza alta y media en el municipio de Versalles teniendo en cuenta las variables de los capítulos anteriores.

### 7.1.1 Identificación de los elementos expuestos en amenaza alta y media ante el escenario de inundación

La identificación de los elementos expuestos se realizó considerando el escenario de amenaza por inundación. Para éstos se tiene en cuenta la afectación de acuerdo a la altura del agua, es decir, si el agua cubre parcial o totalmente los elementos estructurales (edificaciones incluidos los enseres, mobiliario y electrodomésticos) y funcionales (redes de acueducto, alcantarillado, gas natural domiciliario y la red vial). Se consideró la amenaza media una altura del agua entre 0.45 m y 0.90 m, en amenaza alta la altura mayor a 0,90 m. Puntualmente, la valoración se realizó para las viviendas y edificaciones esenciales (hospitales, centros educativos, hogar geriátrico).

En el cálculo de las posibles pérdidas en las personas expuestas en amenaza alta y media por inundación se consideró la proliferación de vectores, en este caso el mosquito *Aedes aegypti*, transmisor del Dengue y Dengue grave. A continuación, se detallan los elementos localizados dentro del área de influencia de amenaza media y alta por inundación.

#### 7.1.1.1 Edificaciones

En relación con el censo estructural realizado en el municipio, se encontró que los predios expuestos a amenaza alta y media ante inundación están en su mayoría contruidos en bahareque y de mampostería no reforzada, y en menor cantidad en mampostería confinada (Tabla 7.1). Lo cual favorece el impacto que puede causar las inundaciones en este tipo de estructura. Con respecto al uso del suelo de las estructuras se denota que prevalece el uso residencial tanto en amenaza alta como en media por el fenómeno de inundación, el resto de equipamientos no presenta datos.

**Tabla 7.1.** Clasificación de elementos estructurales expuestos ante inundaciones amenaza Media y Alta en el municipio de Versalles.

TIPOS DE ESTRUCTURAS			FUNCIONALIDAD DE LOS ELEMENTOS		
TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO DE VIVIENDAS		TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO DE VIVIENDAS	
	Amenaza Media	Amenaza Alta		Amenaza Media	Amenaza Alta
Mampostería confinada	1	2	Residencial	8	45
Mampostería no reforzada	2	10	Comercial	0	0
Madera, tapia y bahareque	5	34	Mixto	0	1
Otro	0	0	Equipamientos	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>46</b>	<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>46</b>

**Fuente:** elaboración propia.

### 7.1.1.2 Edificaciones esenciales

Son las edificaciones que son importantes por su funcionalidad, para la atención de una emergencia, son necesarias que estén en condiciones de funcionamiento para la respuesta ante la emergencia y posterior para la recuperación del desastre, como hospitales, escuelas, entre otras, en el municipio de Versalles están expuestas las siguientes estructuras esenciales:

- **Elementos expuestos a movimiento en zonas de amenaza alta ante inundaciones**
  - a. **Elementos estructurales**
    - Una edificación de bienestar social
  - b. **Elemento funcional**
    - Hogar geriátrico Santa Inés

Acorde a la cantidad de predios amenazados por inundación en el área urbana del municipio de Versalles (54), se realizan la estimación de las posibles pérdidas o costos asociados a una eventual inundación. Las cuales están divididas en 5 partes, a considerar: i) El daño de la infraestructura social; ii) el impacto sobre la salud; iii) el gasto del gobierno en su esfuerzo por atender las necesidades de las zonas inundadas; iv) Afectaciones sobre las vías; v) afectaciones a líneas vitales (red de acueducto, alcantarillado y de gas).

Este análisis está basado principalmente en información del censo que se realizó a las estructuras de las edificaciones del área urbana del municipio de Versalles y el muestreo levantado de información corporal. Adicionalmente, se usó información secundaria disponible, para lograr una mejor aproximación de los costos en los que se pueden incurrir.

### 7.1.2 Infraestructura social

Este ítem se divide en tres: viviendas, los centros educativos, el centro hospitalario y el centro de atención al adulto mayor.

Los daños en viviendas se suelen referir a los costes de reparación o de reposición de los bienes afectados. De acuerdo con Blong, (2004) hay cuatro maneras en que se afectan las edificaciones:

- Por la fuerza física del agua que daña la estructura del edificio, lo cual ocurre usualmente cuando la velocidad del agua es de varios metros por segundo.
- Por la inmersión en el agua de los materiales, ya que se pueden desintegrar las placas de yeso, la madera hincharse o deformarse y las partes eléctricas sufrir cortocircuitos.
- Por la presencia de lodos, sedimentos y otros contaminantes, presentes en el agua, que originan corrosión de los materiales u otro tipo de desintegraciones por un aumento del desgaste.
- Por la humedad, ya que promueve el crecimiento de moho u hongos en cualquier lugar.

Los daños que las inundaciones generan en las viviendas, pueden dividirse principalmente en dos:

1. Los daños en el contenido (electrodomésticos y mobiliarios).
2. El daño en la estructura.

Por lo que para determinar cada uno de estos daños se realiza, la tipificación de una vivienda y su contenido en la cabecera municipal de Versalles. A continuación, se menciona la metodología que se siguió para la valoración económica de los posibles daños en la vivienda.

En primer lugar, se encontró la relación de bienes que como promedio existen en esta clase de vivienda, consistente en: televisión, nevera, estufa, muebles de sala, comedor, computador y camas. A cada uno de éstos se le asignó un precio unitario teniendo en cuenta la lista de precios de un almacén de cadena principal del municipio.

El siguiente paso fue establecer los intervalos de altura de lámina de agua, para definir el porcentaje de afectación que pudiera tener cada uno de estos bienes. Para ello se consideró en el caso de los electrodomésticos a qué altura se encuentra cada electrodoméstico, y en caso de los muebles, cuáles son sus dimensiones promedio. Las alturas de lámina de agua definidas fueron de 0.45 m - 0.90 m amenaza media y mayores a 0.90 m amenaza alta. No se definieron más alturas ya que a esta última, los daños totales alcanzarían un valor del 100%.

Por último, se calcula el valor del contenido y la estructura de la vivienda. Estimando los porcentajes de daño tanto del contenido como de la estructura de la vivienda, considerando los niveles de inundaciones. A continuación, se muestra lo anteriormente expuesto:

#### **7.1.2.1 Tipificación de la estructura y el contenido de las viviendas**

- De acuerdo a los datos de la base catastral del municipio el estrato socio-económico moda es 2. Por tal motivo se consideró que todas las viviendas ubicadas en el área de estudio del proyecto corresponderían a dicho estrato.
- El material predominante en los muros de las viviendas es mampostería confinada y muro, tabla, bahareque.
- Las viviendas son en promedio de 1 piso.

En la Figura 7.1 se muestran las características generales de los tipos de viviendas en el municipio de Versalles.

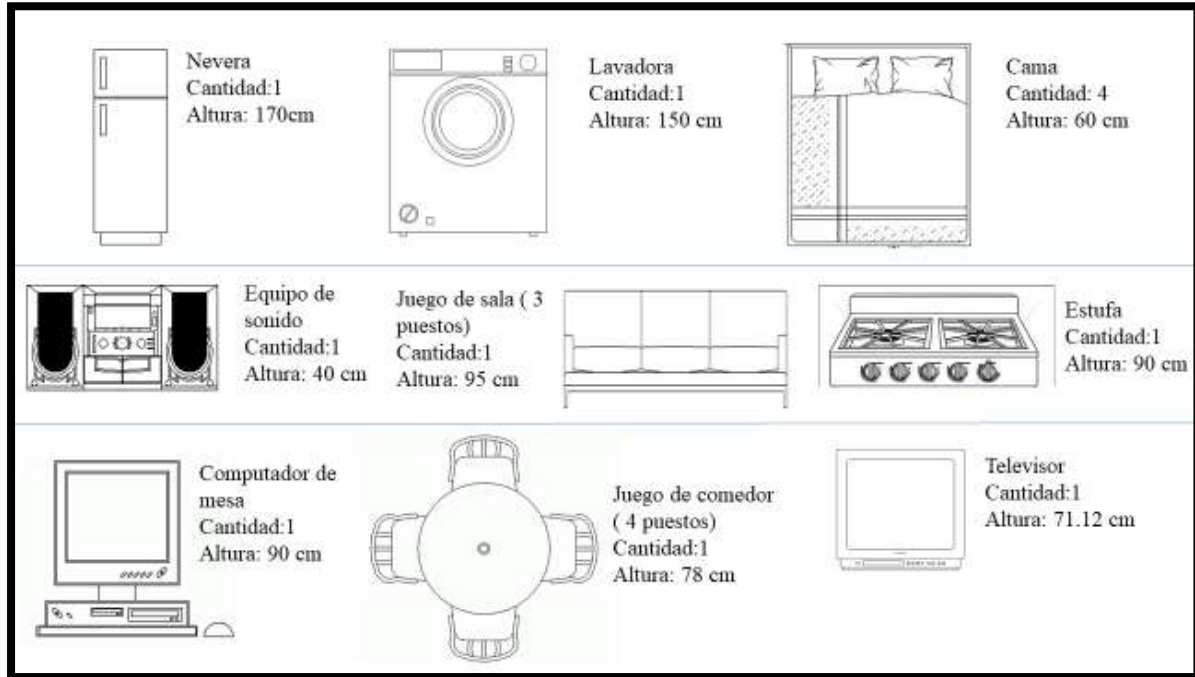


**Figura 7.1:** Tipo de viviendas de diferentes del area urbana municipio de Versalles.

**Fuente:** elaboración propia.

#### 7.1.2.2 Contenido (electrodomésticos y mobiliario)

- A partir de la información disponible en la encuesta de calidad de vida del DANE para el Valle del Cauca (2011), y de acuerdo a la muestra que se realizó en el municipio se determinó el listado de mobiliario y electrodomésticos por hogar para el estrato 2 (Figura 7.2).
- Con base en el *muestreo* que se realizó en campo se encontró que el promedio de personas por vivienda es de cuatro (4).



**Figura 7.2.** Tipificación del contenido de una vivienda en el área de estudio.

**Fuente:** Elaboración propia con información DANE (2011). Precios: Electrojaponesa (2018), Muebles Andrede's (2018).

A continuación, se procede a estimar el valor económico del contenido y la estructura de las viviendas:

### 7.1.2.3 Estimación de los costos del contenido de las viviendas

En la Tabla 7.2 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 por la cantidad de los mismos en cada vivienda. Posteriormente, se considera que el contenido de las viviendas tiene un tiempo de uso, por lo que su valor al momento de presentarse una inundación corresponderá al 70% de su valor inicial, lo que comúnmente se llama depreciación. Así se obtiene al final un valor promedio de **\$5.398.155** pesos.

**Tabla 7.2.** Valor aproximado del contenido de las viviendas

CONTENIDOS POR VIVIENDA	CAN T.	VALOR COMERCIAL PROMEDIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Nevera	1	696.000	696.000
TV a color <sup>2</sup>	1	514.000	514.000
Lavadora	1	922.900	922.900
Computador	1	889.000	889.000
Equipo de sonido <sup>3</sup>	1	379.000	379.000
Comedor <sup>4</sup>	1	999.875	999.875
Sala	1	1.112.375	1.112.375
Estufa <sup>5</sup>	1	49.000	49.000
Cama	4	537.375	2.149.500
<b>VALOR TOTAL CONTENIDOS</b>			<b>\$ 7.711.650</b>
<b>VALOR TOTAL CON DEPRECIACIÓN DEL 30%</b>			<b>\$ 5.398.155</b>

**Fuente:** elaboración propia con información del DANE (2011). Precios: Electrojaponesa (2018), Muebles Andrede's (2018).

#### 7.1.2.4 Estimación de los costos de la estructura de la vivienda

Con el fin de determinar el total del área construida y el precio de las viviendas se usó la base de datos catastral del municipio. Se obtuvo el área total construida y el costo de las viviendas en amenaza alta y media donde se obtuvo que en amenaza alta hay un total de 3.761 m<sup>2</sup> construidos con un costo total de \$ 747.734.000 pesos; en amenaza media se tiene un área de 2365 m<sup>2</sup> construidos con un costo total de \$ 283.071.000 pesos (Tabla 7.3).

**Tabla 7.3.** Área (m<sup>2</sup>) Total Construida y Costo Total aproximado de viviendas en amenaza alta y media

VIVIENDAS EN AMENAZA ALTA Y MEDIA			
NIVEL DE AMENAZA	CANTIDAD DE VIVIENDAS	ÁREA (m <sup>2</sup> ) TOTAL CONSTRUIDA	COSTO TOTAL APROXIMADO (CONSTRUCCIÓN Y UBICACIÓN DEL SITIO)
MEDIA	8	2365	\$283.071.000
ALTA	46	3.761	\$ 747.734.000

**Fuente:** elaboración propia a partir de la base de datos Catastral del municipio de Versalles 2018

#### 7.1.2.5 Estimación del porcentaje de daño de las viviendas de acuerdo a la altura y la velocidad del agua en la inundación.

De acuerdo al análisis del panel de expertos, se determinó un porcentaje de daño tanto para el contenido como para la estructura de la vivienda los cuales estarán sujetos a su vez a la altura del mobiliario y electrodomésticos, el material en que está construida la vivienda y la profundidad de

<sup>2</sup> Se consideran televisores tecnología LED de 28"

<sup>3</sup> Equipos de sonido entre 500 y 1000 W

<sup>4</sup> Comedor de 4 puestos

<sup>5</sup> Se eligen estufas de 2 boquillas, a gas.

la inundación o tirante de agua; adicionalmente, se determinó que estos serían los mismos porcentajes de daños para las otras estructuras analizadas más adelante (Tabla 7.4).

**Tabla 7.4.** Porcentajes de daño para el contenido y la estructura para infraestructura social (como vivienda, centro educativo, hospital, hogar geriátrico) según el tirante de agua

NIVEL DE LA AMENAZA	PARÁMETROS		% DE DAÑO CONTENIDOS	% DE DAÑO ESTRUCTURA
	ALTURA DE AGUA (m)	VELOCIDAD DEL AGUA		
<b>MEDIA</b>	0.45 - 0.90	$0.5 \text{ m/s} \leq V \leq 0.8 \text{ m/s}$	65%	7%
<b>ALTA</b>	> 0.90	$V \geq 0.8 \text{ m/s}$	100%	10%

**Fuente:** elaboración propia.

De esta Tabla 7.4 se puede concluir:

- El contenido de la vivienda (domésticos) es lo que mayormente se daña ante una inundación.
- Los muros externos, puertas y ventanas su porcentaje de afectación suman menos de 11 por ciento.
- Los daños estructurales (cimientos) no parecen ser tan relevantes.

#### 7.1.2.6 Costo total por el daño en viviendas

Estimados los porcentajes de daño, se procedió a multiplicar éstos por el costo total de las viviendas y por el costo promedio del contenido, respectivamente. De la suma de los rubros anteriores se obtuvo el costo de la afectación para cada tirante de agua. Luego, este costo es multiplicado por las 55 viviendas del área urbana del municipio de Versalles que se encuentran en amenaza media y alta. La suma de los costos encontrados para cada tirante arroja el costo total asociado a las viviendas afectadas el cual correspondería \$ 370.973.906 de pesos (Tabla 7.5 y Tabla 7.6).

**Tabla 7.5.** Costo total por daños en contenido y estructura en viviendas, según nivel amenaza.

NIVEL DE LA AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	NÚMERO DE VIVIENDAS	COSTO TOTAL POR DAÑOS EN CONTENIDO	COSTO TOTAL POR DAÑO DE ESTRUCTURA POR VIVIENDAS (\$)
<b>MEDIA</b>	<b>0.45 – 0.90</b>	8	\$ 28.070.406	\$ 19.814.970
<b>ALTA</b>	<b>&gt; 0.90</b>	46	\$ 248.315.130	\$ 74.773.400
<b>TOTAL</b>		<b>54</b>	<b>\$ 276.385.536</b>	<b>\$ 94.588.370</b>

**Nota:** Se tomaron los valores con depreciación del contenido.

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 7.6.** Costo total en viviendas, según nivel amenaza.

NIVEL DE LA AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	NÚMERO DE VIVIENDAS	COSTO TOTAL POR DAÑO TOTAL POR VIVIENDAS (\$)
<b>MEDIA</b>	<b>0.45 – 0.90</b>	8	\$ 2.967.791.248
<b>ALTA</b>	<b>&gt; 0.90</b>	46	\$ 17.064.799.676
<b>TOTAL</b>		<b>54</b>	<b>\$ 20.032.590.924</b>

**Fuente:** elaboración propia.



### 7.1.3 Posibles pérdidas económicas del Hogar geriátrico Santa Isabel

Según información de la Secretaria de Desarrollo Social y Participación del Departamento (2018), el único hogar geriátrico que existe en la zona urbana del municipio de Versalles es el Hogar geriátrico Santa Inés, con capacidad aproximada para 25 adultos mayores. En el momento de la encuesta que se realizó en el municipio había 16 adultos mayores y 3 empleados.

#### 7.1.3.1 Estimación del costo del contenido del Hogar geriátrico Santa Isabel

La información del contenido se obtuvo a través del muestreo que se realizó en el municipio de Versalles. En la Tabla 7.7 se presenta los posibles costos asociados por las afectaciones del contenido y la estructura del centro del adulto mayor.

**Tabla 7.7.** Valor contenido del Hogar geriátrico Santa Isabel

CONTENIDO DEL CENTRO	CANTIDAD	VALOR COMERCIAL PROMEDIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Nevera	1	\$ 696.000	\$ 696.000
TV a color	1	\$ 514.000	\$ 514.000
Lavadora	1	\$ 922.900	\$ 922.900
Comedor	4	\$ 999.875	\$ 3.999.500
Sala	1	\$ 1.112.375	\$ 1.112.375
Estufa	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Cama	25	\$ 537.375	\$ 13.434.375
<b>VALOR TOTAL CONTENIDOS</b>			<b>\$ 21.079.150</b>
<b>VALOR TOTAL CON DEPRECIACIÓN 30%</b>			<b>\$ 14.755.405</b>
<b>TOTAL DAÑO EN ESTRUCTURA DEL GERIATRICO (USD) (1 USD = \$2,958.45 COP)</b>			<b>\$4,987.55 USD</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos de almacenes electrojaponesa (2018), Muebles Andrede's (2018).

#### 7.1.3.2 Estimación del costo de la estructura del Hogar geriátrico Santa Isabel

Aunque el hogar geriátrico Santa Inés se encuentra por fuera del perímetro urbano, se hace relevante contemplarlo en el análisis de pérdidas debido a su condición de equipamiento de importancia para la función sociedad. Este hogar se encuentra cerca a la amenaza alta por inundación especializada en la cartografía ya mencionada. La estructura del hogar geriátrico Santa Isabel es de \$ **107.340.000 pesos** (Tabla 7.8).

**Tabla 7.8.** Área y precio estimada del Hogar geriátrico Santa Isabel

ESTRUCTURA CENTRO DE BIENESTAR HOGAR DEL ANCIANO SAN LÁZARO		
PRECIO PROMEDIO ÁREA m <sup>2</sup> CONSTRUIDO	ÁREAS m <sup>2</sup> CONSTRUIDO	PRECIO PROMEDIO DE LA ÁREA CONSTRUIDA
\$200.000	534,7	<b>\$ 107.340.000</b>

**Fuente:** elaboración propia.

### 7.1.3.3 Costo total por daño en Hogar geriátrico Santa Isabel

El costo total por daños en el del Hogar geriátrico Santa Isabel, está alrededor de los \$ **16.132.155 COP**, (Tabla 7.9).

**Tabla 7.9.** Porcentajes y daños estimados del del Hogar geriátrico Santa Isabel

NIVEL DE LA AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	PORCENTAJE DE DAÑO A LA INFRAESTRUCTURA	DAÑO TOTAL POR INFRAESTRUCTURA	PORCENTAJE DE DAÑO AL CONTENIDO	DAÑO TOTAL AL CONTENIDO
Alta	> 0.90	10	\$10.734.000	100%	\$5.398.155
<b>TOTAL DAÑOS</b>					<b>\$16.132.155</b>
<b>TOTAL DAÑOS (USD) (1 USD = \$2958.45 COP)</b>					<b>\$ 5.452,91</b>

**Fuente:** elaboración propia.

### 7.1.3.4 Costo total de la infraestructura social

Finalmente, el costo total de la infraestructura social con un total de \$ **20.048.723.079 de pesos**, se obtuvo de la suma entre los costos del daño en las viviendas, y el Hogar geriátrico Santa Isabel, tal como se observa en la Tabla 7.10.

**Tabla 7.10.** Costos totales de la infraestructura social

RESUMEN DE COSTOS DE INFRAESTRUCTURA SOCIAL	PRECIOS DE 2018
Costo de las viviendas	\$20.032.590.924
Costo del hogar geriátrico	<b>\$16.132.155</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL</b>	<b>20.048.723.079</b>
<b>COSTO TOTAL (USD) (1 USD = \$2950 COP) PRECIO DÓLAR AGOSTO 2018</b>	<b>6.796.177,315</b>

**Fuente:** elaboración propia.

## 7.1.4 Impacto sobre la Salud:

El análisis del impacto en la salud según la Organización Panamericana de la Salud (2013) la define como el proceso de identificar las consecuencias futuras de una acción en curso o propuesta, para este estudio de amenaza ante inundaciones, el cual estimó las afectaciones de la población damnificada en el caso de enfermedad vectorial, Dengue y Dengue grave, ante la ocurrencia de un evento por inundaciones. Debido al estancamiento del agua, se generan la proliferación de vectores que pueden causar enfermedades a la población.

### 7.1.4.1 Posibles costos por afectaciones en salud en caso de enfermedad vectorial dengue

Tras las temporadas de lluvias, y en particular tras las inundaciones, se generan represamientos de agua que aumentan la proliferación de mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue. Este evento es considerado en el presente documento como un costo social que las comunidades asumen una vez se presentan las inundaciones. Para calcular los costos de las personas infectadas por dengue durante las inundaciones se utiliza la metodología presentada en el documento de Bello *et. al* (2011), los autores básicamente usan la cuantificación de los costos en medicamentos,

hospitalización y demás en los que debe incurrir el paciente una vez se ha contagiado para valorizar los costos del dengue. Esta es la misma metodología que se empleó para la valoración económica de esta enfermedad en las inundaciones de 2010 – 2011 en el Valle.

Según los reportes del año 2016<sup>6</sup> el total de casos con dengue en el departamento son 15.900. Según con la información disponible de Protección Social y Salud<sup>7</sup> se establece que, en el municipio de Versalles en el año 2017, no se registraron casos de dengue grave, mientras tanto se presentaron 3 casos de dengue. En ese orden de ideas, se consideró un costo total de \$227.200<sup>8</sup> pesos por paciente contagiado con dengue, bajo el supuesto de un día de hospitalización y de \$ 834.090<sup>9</sup> pesos por dengue grave bajo el supuesto de 5 días de hospitalización, ambos a precios de 2018.

De esta manera, el costo por personas infectadas con dengue durante las inundaciones se obtuvo de la multiplicación del número de personas infectadas por su respectivo costo, tal como se muestra en la Tabla 7.11.

**Tabla 7.11.** Costo total por personas contagiadas con dengue y dengue grave en el área de estudio

TIPO DE CONTAGIO	NÚMERO DE CASOS	COSTO POR PERSONA CONTAGIADA	COSTO TOTAL POR TIPO DE DENGUE
Dengue	3	\$227.20	\$681.60
Dengue grave	0	\$834.09	0
<b>COSTO TOTAL PERSONAS CONTAGIADAS CON DENGUE</b>			\$681.60
<b>COSTO TOTAL (\$USD) (1 USD = 2958.45 COP)</b>			<b>\$231</b>

**Fuente:** elaboración propia con base de datos de Datos Abiertos Gobierno Digital Colombia, Bello *et. al* (2011).

## 7.1.5 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 evento por inundaciones.

### 7.1.5.1 Posibles costos por asistencia del gobierno a damnificados

Un componente importante de los costos asociados a las inundaciones del área de estudio corresponde a las diferentes ayudas que brindan las instituciones estatales, privadas y sin ánimo de lucro ante las emergencias por desastres naturales. Para realizar una aproximación a los gastos que éstas 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 la Secretaria 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

<sup>6</sup> 90 MINUTOS. (2016). Se han reportado 15.900 casos de dengue en el Valle en 2016.

<sup>7</sup> Datos Abiertos Gobierno Digital Colombia. (2017). Casos De Enfermedades Transmitidas Por Vector En El Valle Del Cauca Año 2017.

<sup>8</sup> Costos de un particular en el Hospital Universitario del Valle Evaristo García y una duración de la enfermedad de 15 días

<sup>9</sup> Costos de un particular en el Hospital Universitario del Valle Evaristo García y una duración de la enfermedad de 20 días

monto se actualiza a través del IPC. De esta manera, la Tabla 7.12 muestra los diferentes tipos de inversiones que dichas instituciones ejecutarían para mitigar una emergencia por inundaciones en la zona de estudio, lo cual representa el gasto del gobierno para situaciones de este tipo. Lo anterior indica que la asistencia alimentaria y aseo junto con la asistencia a vivienda en un escenario catastrófico sería de \$155.696.750 COP para las 55 viviendas registradas en amenaza alta y media por inundación en el casco urbano del municipio de Versalles (Tabla 7.12 y Tabla 7.13)

**Tabla 7.12.** Montos designados por el Gobierno Nacional para asistencia alimentaria y aseo a damnificados durante situaciones de desastres.

TOTAL FAMILIA	ALIMENTO/MES	ASEO/MES	TOTAL
De 1 a 3 personas	\$ 247.440	\$ 41.240	\$ 288.680
De 4 a 6 personas	\$ 309.300	\$ 51.550	\$ 360.850
Más de 6 personas	\$ 340.230	\$ 61.860	\$ 402.090

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

**Tabla 7.13.** Costos por asistencia alimentaria y aseo por cada familia posiblemente afectada ante escenarios de amenaza por inundación.

ESCENARIO DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (M)	NÚMERO DE VIVIENDAS (FAMILIAS)	VALOR/FAMILIA ASISTENCIA EN ALIMENTO Y ASEO	VALOR/FAMILIA ASISTENCIA A VIVIENDAS	VALOR TOTAL DE ASISTENCIA EN ALIMENTO Y ASEO	VALOR TOTAL ASISTENCIA A VIVIENDAS
Media	0.45 – 0.90	8	\$ 360.850	\$2.472.000	\$ 2.886.800	\$ 19.776.000
Alta	> 0.90	46	\$ 360.850	\$2.472.000	\$ 16.599.100	\$ 113.712.000
<b>Total</b>		54	\$ 360.850	\$2.472.000	<b>\$ 19.846.750</b>	\$ 19.485.900
<b>TOTAL GENERAL ASISTENCIA EN ALIMENTACIÓN, ASEO Y VIVIENDA</b>					<b>305.947.800 COP</b>	
<b>TOTAL (USD) (1 USD = \$2958.45)COP</b>					<b>\$103,414.90 USD</b>	

**Fuente:** elaboración propia con datos de Colombia Humanitaria (2011), sobre la base de la “Ola Invernal” de 2010-2011. Ministerio de Vivienda (2012), CVC (2011), Contraloría del Valle (2011).

## 7.1.6 Infraestructura Vial

La infraestructura vial es un sistema esencial en cualquier sistema de transportes para la vida humana y el funcionamiento de las poblaciones es importante para generar crecimiento económico regional. La existencia de vías garantiza no sólo la comunicación entre poblaciones sino el intercambio comercial y aumento de la productividad a nivel local, regional y nacional (ACP,2016). El Por lo tanto es esencial que la interrupción de la circulación sea el menor tiempo posible para prevenir grandes pérdidas económicas ante la ocurrencia de un evento por inundaciones.

### 7.1.6.1 Costos por posibles afectaciones en la infraestructura vial

En caso del escenario de inundación, existe la probabilidad de afectaciones en las vías, siendo necesario encontrar un estimativo del costo asociado a realizar actividades de rehabilitación y mantenimiento con el propósito de preservar en buen estado los elementos que la componen,

controlar los daños y, en lo posible, conservar las condiciones iniciales de construcción o rehabilitación.

De la información levantada para el presente estudio se determinó la infraestructura vial expuesta en el municipio de Versalles, siendo en total de 0,76 kilómetros de vías amenazados por el escenario de inundación. Los posibles daños que se ocasionarían por la inundación son parciales y no totales a la infraestructura vial, en consecuencia, las eventuales actividades postdesastres en este rubro estarían encaminadas al mejoramiento y rehabilitación de las vías de manera que aseguren el funcionamiento normal de estas, devolviendo el bienestar a la comunidad.

Para hacer el cálculo del costo se tomó como base la información encontrada en los precios unitarios en la Resolución N°. 4151.0.21 de 2017 "por medio de la cual se definen los precios unitarios para el mantenimiento y construcción de pavimentos de la malla vial en la zona urbana y rural vigentes para el año 2017". También se usó la lista de precios para mano de obra, maquinaria, transporte del 2018 del documento APUS del Instituto Nacional de Vías (Tabla 7.14).

**Tabla 7.14.** Costo por mantenimiento, mejoramiento y limpieza vial de km de vía

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS	OBSERVACIONES
Mantenimiento, mejoramiento y limpieza vial.	Km	\$ 70.000.000	Comprende actividades de limpieza de alcantarillas; incluye encole, descole y retiro de escombros, realce y reparación de sumidero sencillo y mantenimiento. Incluye el costo por mano de obra, transporte y equipos,

**Fuente:** elaboración propia a partir de información de APUS Valle 2018-2 del Instituto Nacional de Vías (2018).

En la Tabla 7.15 se muestran los costos asociados al mejoramiento y rehabilitación de las vías respectivamente, teniendo en cuenta la longitud de los trayectos susceptibles a ser afectados y los valores unitarios por kilómetro lineal. Para el escenario de inundación las vías se encuentran en amenaza alta.

**Tabla 7.15.** Costos de mejoramiento y rehabilitación de la infraestructura vial por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA	LONGITUD KILÓMETROS	VALOR/KILÓMETRO LINEAL (\$)	VALOR TOTAL
ALTA	> 0.90	0,76	70.000.000	\$ 53.200.000
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2958.45 COP)</b>				<b>\$ 17,982.39 USD</b>

**Fuente:** elaboración propia a partir de información de APUS Valle 2018-2 del Instituto Nacional de Vías (2018).

### 7.1.7 Líneas Vitales

Las líneas vitales son sistemas imprescindibles para la vida humana y el funcionamiento de las poblaciones, representan un conjunto de activos y recursos humanos fundamentales para la provisión de servicios esenciales para mantener estándares de calidad de vida, cuya interrupción generará pérdidas.

### 7.1.7.1 Afectaciones en tuberías de gases

La red de gas se define como línea vital puesto que es fundamental para el funcionamiento de la sociedad, debido a que es visto en la actualidad como una de las principales y más relevantes fuentes de energía, utilizadas tanto para uso doméstico como para uso industrial o comercial. Por tal razón, se consideró en la valoración económica de las posibles pérdidas.

En total, hay 0,52 km lineales de tubería de gas expuestos a amenaza alta y media. A partir de la lista de precios unitarios de la Gobernación del Valle (2017), se encontró un estimado del costo total por afectaciones en tuberías de gas, siendo un total de \$ \$ 170.575.600 de pesos (Tabla 7.16 y Tabla 7.17).

**Tabla 7.16.** Costos de reposición de tubería de gases por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS	OBSERVACIONES
Reparación por punto de daño	Km	\$328.030.000	Comprende gastos de tubería, válvulas, mano de obra. (no comprende maquinaria)

**Fuente:** elaboración propia, a partir de la lista de precios unitarios de la Gobernación del Valle (2017).

**Tabla 7.17.** Costos de reposición de tubería de gases por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (M)	LONGITUD (KM)	VALOR/KILOMETRO	VALOR TOTAL (\$)
ALTA	> 0.90	0,52	\$328.030.000	\$ 170.575.600
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2958.45 COP)</b>				<b>\$ 57,657.08 USD</b>

**Fuente:** elaboración propia, a partir de la lista de precios unitarios de la Gobernación del Valle (2017).

### 7.1.7.2 Costos por posibles afectaciones en red de acueducto y alcantarillado

Estas redes son fundamentales para la población, sobre todo en caso de emergencia, debido a que permiten el acceso al servicio básico de agua potable. Por lo tanto, que estén en buen funcionamiento es crucial, tanto para los hogares como para la industria y el comercio. Para hacer el cálculo del costo se basó en la información encontrada de los precios unitarios en la Resolución N°. 4151.0.21. de 2017 "por medio de la cual se definen los precios unitarios para el mantenimiento y construcción de pavimentos de la malla vial en la zona urbana y rural vigentes para el año 2017, además de la lista de precios de la empresa PAVCO de octubre del 2018. El total de tubería de Alcantarillado expuesta en el nivel de amenaza alta es de 2,59 km lineales, alcanzando un costo total por reposición de \$ 552.162.100 pesos (Tabla 7.18 y Tabla 7.19). Mientras tanto, hay un total 1,16 km de tubería de Acueducto expuesto a amenaza alta para el escenario de afectación por inundación, teniendo un costo de reposición aproximado de \$ 746.029.640 (Tabla 7.20 y Tabla 7.21).

**Tabla 7.18.** Costos de reposición de tubería de Alcantarillado por posibles daños ante escenarios de afectación por inundación.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS
Suministro instalación de tubería de Alcantarillado	Km	\$ 213.190.000

**Fuente:** elaboración a partir de la lista de precios unitarios de construcción de infraestructura del municipio de Santiago de Cali.

**Tabla 7.19.** Costos totales de reposición de tubería de Alcantarillado por posibles daños ante escenarios de afectación por inundación.

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA(M)	LONGITUD(km)	VALOR/KILOMETRO LINEAL	VALOR TOTAL (\$)
ALTA	> 0.90	2,59	\$ 213.190.000	\$ 552.162.100
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2958.45 COP)</b>				<b>\$ 186,638.98</b>

**Fuente:** elaboración a partir de la lista de precios unitarios de construcción de infraestructura del municipio de Santiago de Cali.

**Tabla 7.20.** Costos de reposición de tubería de acueducto por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS
Suministro instalación de tubería de alcantarillado	Km	\$ 643.129.000

**Fuente:** elaboración a partir de la lista de precios unitarios de contratista PAVCO del año 2018.

**Tabla 7.21.** Costos de reposición de tubería de Acueducto por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	LONGITUD (km)	VALOR/KILOMETRO LINEAL	VALOR TOTAL (\$)
ALTA	> 0.90	1,16	\$ 643.129.000	\$ 746.029.640
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2958.45 COP)</b>				<b>\$ 252,169.09</b>

**Fuente:** elaboración a partir de la lista de precios unitarios de contratista PAVCO del año 2018

### 7.1.8 Costos totales generados por las inundaciones

Los costos totales asociados a posibles pérdidas por inundaciones con períodos de retorno de 100 años en la zona de estudio, corresponden a la suma de los rubros desarrollados a lo largo del documento y los cuales se resumen en la Tabla 7.22.

**Tabla 7.22.** Costos totales generados por las inundaciones

TIPOS DE DAÑOS O AFECTACIÓN	COSTOS ASOCIADOS A POSIBLES PÉRDIDAS EN CADA UNO DE LOS ESCENARIOS AFECTACIÓN ALTA Y MEDIA POR INUNDACIÓN (ALTURA EN METROS DEL AGUA)			
	COSTOS ASOCIADOS ( \$ )		TOTAL	(USD) (1 USD = \$2958.45COP)
	MEDIA	ALTA		
Daños en el hogar geriátrico Santa Isabel	\$ 0	\$ 16.132.155	\$ 16.132.155	5.452,91
Daño en viviendas	\$ 2.967.791.248	\$ 17.064.799.676	\$ 20.032.590.924	\$ 6.771.312,99
Afectaciones en salud	**		\$ 681.600	\$ 230,39
Asistencia del gobierno	\$ 22.662.800	\$ 130.311.100	\$ 152.973.900	\$ 103.414,90
Afectaciones en vías	\$ 0	\$ 53.200.000	\$ 53.200.000	\$ 17.982,39
Costo de reposición en red de gas	\$ 0	\$ 170.575.600	\$ 170.575.600	\$ 57.657,08
Costo de reposición en red de alcantarillado	\$ 0	\$ 552.162.100	\$ 552.162.100	\$ 186.638,98
Costo de reposición en red de acueducto	\$ 0	\$ 746.029.640	\$ 746.029.640	\$ 252.169,09
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$ 2.990.454.048</b>	<b>\$ 18.733.210.271</b>	<b>\$ 21.724.345.919</b>	<b>\$ 7.394.859</b>
<b>COSTOS TOTALES (USD) (1 USD = \$2958.45 COP)</b>			<b>\$ 7.394.859</b>	

\*\* Debido a la falta de información en cuanto en qué barrios específicamente viven las personas afectadas por la enfermedad del dengue, no se hizo la distinción a que amenaza están expuestos.

**Fuente:** elaboración propia



## **7.2 CALCULO DE PÉRDIDAS PARA EL ESCENARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE VERSALLES**

En los últimos años se ha visto como el crecimiento de los asentamientos urbanos del departamento ha desbordado los mecanismos de planificación que han intentado aplicarse para guiar el desarrollo de los mismos. Los motivos para la persistencia de esta situación van más allá del ámbito normalmente cubierto por los instrumentos de planificación de los asentamientos, y están determinadas por los estilos de desarrollo seguidos en el departamento, así como por las condiciones sociales y económicas imperantes en nuestro país. Adicionalmente, a esta problemática, se le suma el cambio climático, que conduce a un desequilibrio para la sociedad, la economía y el medio ambiente. Por lo tanto, estamos más expuestos a los desastres de origen natural que tienen consecuencias devastadoras en los ámbitos sociales, económicos y de infraestructura.

El municipio de Versalles ha presentado antecedentes de movimientos en masa, reflejados en el estudio de “historicidad de eventos de movimientos en masa e inundaciones en el área urbana del municipio de Versalles”, además las condiciones geológicas y geofísicas del territorio, los resultados del estudio de amenaza dentro de este proyecto y los testimonios de la comunidad reflejan la predisposición del municipio para verse afectado por este fenómeno.

Considerando el contexto de la situación de amenaza por movimiento en masa descrita para el municipio de Versalles se realiza una estimación de las posibles pérdidas económicas que este fenómeno ocasionaría en el área urbana. En primer lugar, se identificaron los elementos expuestos en la zona de amenaza alta y media, se realiza la valoración económica de las posibles pérdidas para el escenario de movimiento en masa del municipio mediante la lista de precios unitarios de la gobernación del Valle del Cauca, para el año 2018, se estima el valor de un grupo de variables compuestas por i) el daño en la infraestructura social, ii) los gastos del gobierno para atender el evento de movimiento en masa ; iii) afectaciones en las vías y iv) costo de reposición en tuberías de gases y redes de acueducto y alcantarillado.

Este análisis está basado principalmente en información del censo y muestreo levantado para este estudio de información secundaria disponible, para lograr una mejor aproximación de los costos en los que se incurren.

### **7.2.1 Identificación de los elementos expuestos en zonas de amenaza ante movimiento en masa**

La identificación de los elementos expuestos se realizó considerando el escenario de amenaza por movimiento en masa. Para éstos se tiene en cuenta la clasificación de elementos corporales, estructurales y funcionales. A continuación, se detallan los elementos localizados dentro del área de influencia de amenaza alta y media por movimientos en masa.

#### **7.2.1.1 Edificaciones**

De acuerdo al censo que se realizó para la parte estructural del municipio, se encontró que los predios expuestos a amenaza alta (volumen de tierra  $>106 \text{ m}^3$ ) y media (volumen de tierra entre  $100 \text{ m}^3$  y  $106 \text{ m}^3$ ) están en su mayoría construidos en mampostería confinada y reforzada, y en

menor cantidad de bareque y de otros materiales. Además, en su mayoría el uso de suelo de la zona urbana de Versalles ha sido destinado para la construcción de vivienda (Tabla 7.23).

**Tabla 7.23.** Clasificación de elementos estructurales y funcionales expuestos al escenario de afectación ante movimientos en masa en amenaza alta y media en el municipio de Versalles.

TIPOS DE ESTRUCTURAS			FUNCIONALIDAD DE LOS ELEMENTOS		
TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO DE VIVIENDAS		FUNCIONALIDAD DE LOS ELEMENTOS	NÚMERO DE VIVIENDAS	
	AMENAZA MEDIA	AMENAZA ALTA		AMENAZA MEDIA	AMENAZA ALTA
Mampostería confinada	17	14	Residencial	120	0
Mampostería no reforzada	85	72	Comercial	3	0
Madera, tapia y bahareque	24	20	Mixto	1	5
Otro	1	0	Equipamientos	1	101
<b>TOTAL</b>	<b>125</b>	<b>106</b>	<b>TOTAL</b>	<b>125</b>	<b>106</b>

**Fuente:** elaboración propia.

Acorde a los predios amenazados (231), se encuentran las posibles pérdidas o costos asociados a un eventual fenómeno de movimiento en masa están divididos en partes a considerar: i) El daño de la infraestructura social; ii) el gasto del gobierno en su esfuerzo por atender las necesidades de las zonas con derrumbes o deslizamientos de tierra; iv) afectaciones en vías) líneas vitales (red de acueducto, alcantarillado y gases).

Este análisis está basado principalmente en información del censo y muestreo levantado para este estudio de información secundaria disponible, para lograr una mejor aproximación de los costos en los que se incurren.

## 7.2.2 Infraestructura social

El movimiento en masa tiene efectos y consecuencias en las estructuras construidas directamente sobre o cerca de un deslizamiento de tierra, pueden afectar las zonas residenciales, además, el daño causado por un derrumbe a las líneas vitales de una propiedad individual (como el alcantarillado, las tuberías de agua, el tendido eléctrico y los caminos de uso común) puede afectar las comunicaciones vitales y las rutas de acceso de otras propiedades colindantes (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

De acuerdo a lo anterior se hizo la valoración económica de las viviendas construidas en pendientes inestables que pueden llegar experimentar daños parciales o destrucción completa, si los movimientos en masa se desestabilizan o se destruyeran los cimientos.

### 7.2.2.1 Viviendas

La metodología que se siguió para la valoración económica de los posibles daños en la vivienda en escenario de movimiento en masa, siguió las mismas pautas de la metodología para el análisis del escenario de inundación, salvo que, cambio como se calculó el nivel de afectación.

En primer lugar, se encontró la relación de bienes que como promedio existen en esta clase de vivienda, consistente en: televisión, nevera, estufa, muebles de sala, comedor, computador y camas. A cada uno de éstos se le hizo corresponder un precio unitario (Tabla 7.24), teniendo en cuenta la lista de precios de un almacén de cadena principal del municipio. Se usó la misma tipificación de vivienda (Figura 7.3) realizada para el escenario de inundación debido a que las características socioeconómicas son similares.

**Tabla 7.24.** Valor aproximado del contenido de las viviendas

CONTENIDOS POR VIVIENDA	CANT.	VALOR COMERCIAL PROMEDIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Nevera	1	696.000	696.000
TV a color <sup>10</sup>	1	514.000	514.000
Lavadora	1	922.900	922.900
Computador	1	889.000	889.000
Equipo de sonido <sup>11</sup>	1	379.000	379.000
Comedor <sup>12</sup>	1	999.875	999.875
Sala	1	1.112.375	1.112.375
Estufa <sup>13</sup>	1	49.000	49.000
Cama	4	537.375	2.149.500
<b>VALOR TOTAL CONTENIDOS</b>			<b>7.711.650</b>
<b>VALOR TOTAL CON DEPRECIACIÓN DEL 30%</b>			<b>5.398.155</b>

**Fuente:** elaboración propia con información del DANE (2011). Precios: Electrojaponesa (2018), Muebles Andrede's (2018).

<sup>10</sup> Se consideran televisores tecnología LED de 28"

<sup>11</sup> Equipos de sonido entre 500 y 1000 W

<sup>12</sup> Comedor de 4 puestos

<sup>13</sup> Se eligen estufas de 2 boquillas, a gas.



**Figura 7.3.** Tipo de viviendas de diferentes del area urbana municipio de Versalles

**Fuente:** propia, tomadas en campo

### 7.2.2.2 Estimación de los costos del contenido de las viviendas

En la Tabla 7.25 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 por la cantidad de los mismos en cada vivienda. Posteriormente, se considera que el contenido de las viviendas tiene un tiempo de uso, por lo que su valor al momento de presentarse una inundación corresponderá al 70% de su valor inicial, lo que comúnmente se llama depreciación. Así se obtiene al final un valor promedio de **\$5.398.155** pesos.

**Tabla 7.25.** Valor aproximado del contenido de las viviendas

CONTENIDOS POR VIVIENDA	CANT.	VALOR COMERCIAL PROMEDIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Nevera	1	696.000	696.000
TV a color <sup>14</sup>	1	514.000	514.000
Lavadora	1	922.900	922.900
Computador	1	889.000	889.000
Equipo de sonido <sup>15</sup>	1	379.000	379.000
Comedor <sup>16</sup>	1	999.875	999.875
Sala	1	1.112.375	1.112.375
Estufa <sup>17</sup>	1	49.000	49.000
Cama	4	537.375	2.149.500
<b>VALOR TOTAL CONTENIDOS</b>			7.711.650
<b>VALOR TOTAL CON DEPRECIACIÓN DEL 30%</b>			5.398.155

**Fuente:** elaboración propia con información del DANE (2011). Precios: Electrojaponesa (2018), Muebles Andrede's (2018).

### 7.2.2.3 Estimación de los costos de la estructura de la vivienda

Con el fin de determinar el total del área construida y el precio de las viviendas se usó la base de datos catastral del municipio. Se obtuvo el área total construida y el costo de las viviendas en amenaza alta y media, encontrándose que hay un total de 14678 m<sup>2</sup> construidos que se encuentran en un nivel de amenaza, con un costo total aproximado de \$ 3.183.576.000 pesos (Tabla 7.26).

**Tabla 7.26.** Área (m<sup>2</sup>) total construida y costo total aproximado de Viviendas en Amenaza alta y media

VIVIENDAS EN AMENAZA ALTA Y MEDIA			
NIVEL DE AMENAZA DE ACUREDO AL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	CANTIDAD DE VIVIENDAS	ÁREA (m <sup>2</sup> ) TOTAL CONSTRUIDA	COSTO TOTAL APROXIMADO (CONSTRUCCIÓN Y UBICACIÓN DEL SITIO)
Media (100 < V < 106)	125	8.278	1.862.134.000
Alta (106 < V)	106	6.400	1.321.442.000

**Fuente:** elaboración propia, a partir de información catastral.

### 7.2.2.4 Estimación del porcentaje de daño de las viviendas de acuerdo a la intensidad y la magnitud del movimiento en masa.

El siguiente paso fue establecer, para definir el porcentaje de afectación (Tabla 7.27) que pudiera tener cada uno de estos bienes y la estructura de la vivienda. Para ello se consideró la intensidad medida en velocidad y a la magnitud que es medida por el volumen de la tierra. Luego, se estima

<sup>14</sup> Se consideran televisores tecnología LED de 28"

<sup>15</sup> Equipos de sonido entre 500 y 1000 W

<sup>16</sup> Comedor de 4 puestos

<sup>17</sup> Se eligen estufas de 2 boquillas, a gas.

el valor del contenido y la estructura de la vivienda. Finalmente, se estima el valor de los daños en las viviendas asociadas al fenómeno de movimiento en masa. A continuación, se muestra en la lo anteriormente expuesto:

**Tabla 7.27.** Porcentajes de daño para el contenido y la estructura de una vivienda, según la intensidad y la magnitud del movimiento en masa.

% DE AFECTACIÓN POR TIPO DE AMENAZA				
AMENAZA	INTENSIDAD VELOCIDAD (MM/SEG)	MAGNITUD VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	% DE DAÑO CONTENIDOS	% DE DAÑO ESTRUCTURA
Media	$5 \times 10^{-4} < v < 5 \times 10^{-1}$	$100 < V < 106$	100%	100%
Alta	$5 \times 10^{-1} < v < 5 \times 10^3$	$106 < V$	100%	100%

**Fuente:** elaboración propia.

Con el fin de determinar el total del área construida y el precio de las viviendas se usó la base de datos catastral del municipio de Versalles (2018). Se obtuvo el área total construida y el costo de las viviendas en amenaza alta y media, encontrándose que hay 14.678 m<sup>2</sup> construidos con un costo total de \$ **3.183.576.000** pesos (Tabla 7.26).

### 7.2.2.5 Costo total por el daño en viviendas

Estimados los porcentajes de daño, se procedió a multiplicar éstos por el costo de las viviendas. De la suma de los rubros anteriores se obtuvo el costo del daño de acuerdo a los porcentajes de afectación, definidos por la velocidad y el volumen de la tierra (Tabla 7.28).

**Tabla 7.28.** Costo total de por daños en contenido y estructura en viviendas, según nivel de amenaza.

NIVEL DE AMENAZA DE ACUREDO AL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	NÚMERO DE VIVIENDAS	COSTO TOTAL POR DAÑOS EN CONTENIDO	COSTO TOTAL POR DAÑO DE ESTRUCTURA POR VIVIENDAS (\$)	COSTO TOTAL POR DAÑO TOTAL POR VIVIENDAS (\$)
Media ( $100 < V < 106$ )	125	674.769.375	<b>1.862.134.000</b>	2.536.903.375
Alta ( $106 < V$ )	106	572.204.430	<b>1.321.442.000</b>	1.893.646.430
TOTAL	<b>231</b>	1.246.973.805	<b>3.183.576.000</b>	4.430.549.805
<b>TOTAL DAÑO EN ESTRUCTURA DE ESCUELAS (USD) (1 USD = \$2958.45 COP)</b>				<b>1.497.591.58</b>

**Nota:** Se tomaron los valores con depreciación del contenido.

**Fuente:** elaboración propia.

### 7.2.3 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 evento de movimiento en masa.

### 7.2.3.1 Posibles costos por asistencia del gobierno a damnificados

Un componente importante de los costos asociados a las inundaciones del área de estudio corresponde a las diferentes ayudas que brindan las instituciones estatales, privadas y sin ánimo de lucro ante las emergencias por desastres naturales. Para realizar una aproximación a los gastos que éstas 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 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, particularmente Versalles los cuales conforman la zona de estudio del presente documento. Este monto se actualiza a través del IPC. De esta manera, la Tabla 7.29 muestra los diferentes tipos de inversiones que dichas instituciones ejecutarían para mitigar una emergencia por movimientos en masa en la zona de estudio, lo cual representa el gasto del gobierno para situaciones de este tipo.

**Tabla 7.29.** Montos designados por el Gobierno Nacional para asistencia alimentaria y aseo a damnificados durante situaciones de desastres.

TOTAL FAMILIA	ALIMENTO/MES	ASEO/MES	TOTAL
De 1 a 3 personas	\$ 247.440	\$ 41.240	\$ 288.680
De 4 a 6 personas	\$ 309.300	\$ 51.550	\$ 360.850
Más de 6 personas	\$ 340.230	\$ 61.860	\$ 402.090

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

### 7.2.3.2 Estimación del costo total por asistencia a damnificados

El valor total de los costos por asistencia a damnificados por posibles movimientos en masa en el municipio de Versalles, según escenarios de afectación de media y alta sumando los costos de asistencia en vivienda y costos de asistencia alimentaria y aseo. En la Tabla 7.30 se muestra el costo de asistencia por parte del estado que una familia.

**Tabla 7.30.** Costos por asistencia alimentaria y aseo por cada familia posiblemente afectada ante escenarios de amenaza por movimiento en masa.

NIVEL DE AMENAZA DE ACUREDO AL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	NÚMERO DE VIVIENDAS (FAMILIAS)	VALOR/FAMILIA ASISTENCIA EN ALIMENTO Y ASEO	VALOR/FAMILIA ASISTENCIA A VIVIENDAS	VALOR TOTAL DE ASISTENCIA EN ALIMENTO Y ASEO	VALOR TOTAL ASISTENCIA A VIVIENDAS
Media (100 < V < 106)	125	\$ 360.850	\$2.472.000	\$ 45.106.250	\$ 309.000.000
Alta (106 < V)	106	\$ 360.850	\$2.472.000	\$ 38.250.100	\$ 262.032.000
<b>TOTAL</b>	231	\$ 360.850	\$2.472.000	\$ 83.356.350	\$ 571.032.000

El valor total de los costos por asistencia a damnificados por posibles inundaciones en el municipio de Versalles, según escenarios de amenaza de media y alta sumando los costos de asistencia en vivienda y costos de asistencia alimentaria y aseo se identifica en la Tabla 7.31.

**Tabla 7.31.** Costo total por posible asistencia a damnificados ante escenarios de amenaza por movimientos en masa.

NIVEL DE AMENAZA DE ACUREDO AL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	NÚMERO DE VIVIENDAS (FAMILIAS)	VALOR DE ASISTENCIA EN VIVIENDAS (\$)	VALOR TOTAL DE ASISTENCIA EN ALIMENTO Y ASEO (\$)	VALOR TOTAL DE ASISTENCIA (\$)
Media (100 < V < 106)	125	\$ 309.000.000	\$ 45.106.250	\$ 354.106.250
Alta (106 < V)	106	\$ 262.032.000	\$ 38.250.100	\$ 300.282.100
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 654.388.350</b>
<b>TOTAL (USD) (1 USD = \$2,958.45)COP</b>				<b>\$ 221,192.97</b>

**Fuente:** elaboración propia con datos de Colombia Humanitaria (2011), Ministerio de Vivienda (2012), CVC (2011), Contraloría del Valle (2011).

## 7.2.4 Infraestructura Vial

La infraestructura vial es un sistema esencial en cualquier sistema de transportes para la vida humana y el funcionamiento de las poblaciones es importante para generar crecimiento económico regional. La existencia de vías garantiza no sólo la comunicación entre poblaciones sino el intercambio comercial y aumento de la productividad a nivel local, regional y nacional (ACP,2016). El Por lo tanto es esencial que la interrupción de la circulación sea el menor tiempo posible para prevenir grandes pérdidas económicas ante la ocurrencia de un evento por movimientos en masa.

### 7.2.4.1 Afectaciones en la infraestructura vial

En caso del escenario de inundación, es de esperarse que exista la probabilidad de afectaciones en las vías, siendo necesario encontrar un estimativo del costo asociado a realizar actividades de reconstrucción y rehabilitación con el propósito de preservar en buen estado los elementos que la componen, controlar los daños y, en lo posible, conservar las condiciones iniciales de construcción y rehabilitación.

De la información levantada para el presente estudio se determinó la infraestructura vial expuesta en el municipio de Versalles, siendo en total 1,68 kilómetros de vías amenazadas por el escenario de riesgo movimiento en masa. Los posibles daños que se ocasionaran por este fenómeno son totales a la infraestructura vial, en consecuencia, las eventuales actividades postdesastres en este rubro, estarían encaminadas a la reconstrucción y a la rehabilitación de las vías de manera que aseguren el funcionamiento normal de estas, devolviendo el bienestar a la comunidad.

Para hacer el cálculo del costo se basó en la información encontrada de los precios unitarios en la Resolución N°. 4151.0.21 de 2017 "por medio de la cual se definen los precios unitarios para el mantenimiento y construcción de pavimentos de la malla vial en la zona urbana y rural vigentes para el año 2017". También se usó la lista de precios para mano de obra, maquinaria y transporte del 2018 del documento APUS Valle 2018 -2 del Instituto Nacional de Vías (Tabla 7.32).



**Tabla 7.32.** Costo total por posibles pérdidas en vías ante escenario de amenaza por movimiento en masa.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS	OBSERVACIONES
Mantenimiento, mejoramiento y limpieza vial.	Kilómetros	93.000.000	Comprende actividades de limpieza de alcantarillas; incluye encole, descole y retiro de escombros, realce y reparación de sumidero sencillo y mantenimiento de concreto sencillo. Incluye el costo por mano de obra, transporte y equipos.

**Fuente:** elaboración propia a partir de información del Instituto Nacional de Vías -APUS Valle (2018).

En la Tabla 7.33 se muestran los casos asociados al mejoramiento y rehabilitación de las vías respectivamente, teniendo en cuenta la longitud de los trayectos susceptibles a ser afectados y los valores unitarios por kilómetros indicados.

**Tabla 7.33.** Costos de mejoramiento y rehabilitación de la infraestructura vial por posibles daños ante escenarios de afectación ante movimientos en masa.

NIVEL DE AMENAZA DE ACUERDO AL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	LONGITUD (km)	VALOR/KILÓMETRO (\$)	VALOR TOTAL
Media (100 < V < 106)	0,87	93.000.000	\$ 80.910.000
Alta (106 < V)	0,81	93.000.000	\$ 75.330.000
<b>TOTAL</b>	<b>1,68</b>	<b>93.000.000</b>	<b>\$ 156.240.000</b>
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2,958.45COP)</b>			<b>\$ 52,811.44</b>

**Fuente:** elaboración propia a partir de información del Instituto Nacional de Vías -APUS Valle (2018).

## 7.2.5 Líneas Vitales

Las líneas vitales son sistemas imprescindibles para la vida humana y el funcionamiento de las poblaciones, representan un conjunto de activos y recursos humanos fundamentales para la provisión de servicios esenciales para mantener estándares de calidad de vida, cuya interrupción generará pérdidas.

### 7.2.5.1 Costos por posibles afectaciones en tuberías de gases

La red de gas se define como línea vital puesto que es fundamental para el funcionamiento de la sociedad, debido a que es visto en la actualidad como una de las principales y más relevantes fuentes de energía, utilizadas tanto para uso doméstico como para uso industrial o comercial. Por tal razón, se consideró en la valoración económica de las posibles pérdidas.

En total, hay 2,33 km de tubería de gas expuesto a amenaza alta y media. A partir de la lista de predios unitarios de la Gobernación del Valle (2017), se encontró un estimado del costo total por afectaciones en tuberías de gas, siendo un total de \$ 764.309.900 de pesos aproximadamente (Tabla 7.34 y Tabla 7.35).

**Tabla 7.34.** Costos de reposición de tubería de gases por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS	OBSERVACIONES
Reparación por punto de daño	Km	\$328.030.000	Comprende gastos de tubería, válvulas, mano de obra. (no comprende maquinaria)

**Fuente:** elaboración propia, a partir de información de contratista Gases de Occidente.

**Tabla 7.35.** Costos totales por afectaciones en tuberías de gas

NIVEL DE AMENAZA DE ACUERDO AL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	LONGITUD (km)	VALOR/KILOMETRO	VALOR TOTAL (\$)
Media (100 < V < 106)	1,16	\$328.030.000	\$ 380.514.800
Alta (106 < V)	1,17	\$328.030.000	\$ 383.795.100
<b>TOTAL</b>	<b>2,33</b>	<b>\$328.030.000</b>	<b>\$ 764.309.900</b>
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2,958.45 COP)</b>			<b>\$ 258,348.09</b>

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de información de contratista de Gases de Occidente.

### 7.2.5.2 Costos por posibles afectaciones en red de acueducto y alcantarillado

Estas redes son fundamentales para la población, sobre todo en caso de emergencia, debido a que permiten el acceso al servicio básico de agua potable, que estén en buen funcionamiento es crucial para tanto para los hogares como para la industria y el comercio. En consecuencia, son suma de importancia para el municipio. Por lo tanto, se incluye la valoración en el escenario de pérdidas por inundación. El total de tubería de alcantarillado expuesta en el nivel de amenaza es de 5,04 km, alcanzando un costo total por reposición de \$ 363,179.23pesos (Tabla 7.36 y Tabla 7.37).). Para hacer el cálculo del costo se basó en la información encontrada de los precios unitarios en la Resolución N°. 4151.0.21. de 2017 "por medio de la cual se definen los precios unitarios para el mantenimiento y construcción de pavimentos de la malla vial en la zona urbana y rural vigentes para el año 2017, además de la lista de precios de la empresa PAVCO de octubre del 2018. En total hay 3,63 km de tubería de acueducto expuestos a amenaza por escenario de movimientos en masa, teniendo un costo de reposición aproximado de \$ 2.334.558.270 pesos (Tabla 7.36 y Tabla 7.37).

**Tabla 7.36.** Costos de reposición de tubería de alcantarillado por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS
Suministro instalación de tubería de alcantarillado	Km	\$ 213.190.000

**Fuente:** elaboración a partir de la lista de precios unitarios de construcción de la Gobernación del Valle (2017)

Tabla 7.37. Costos totales de reposición de tubería de Alcantarillado por posibles daños ante escenarios de amenaza por movimientos en masa

NIVEL DE AMENAZA DE ACUERDO AL VOLUMEN (M <sup>3</sup> )	LONGITUD (KM)	VALOR/KILOMETRO	VALOR TOTAL (\$)
Media (100 < V < 106)	3,42	\$ 213.190.000	\$ 729.109.800
Alta (106 < V)	1,62	\$ 213.190.000	\$ 345.367.800
<b>TOTAL</b>	<b>5,04</b>	<b>\$ 213.190.000</b>	<b>\$ 1.074.477.600</b>
<b>TOTAL (\$USD) (1USD =2,958.45 COP)</b>			<b>\$ 363,179.23</b>

Fuente: elaboración a partir de la lista de precios unitarios de la Gobernación del Valle (2017) y precios de la empresa PAVCO del año 2018

**Tabla 7.38** Costos de reposición de tubería de acueducto por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS
Suministro instalación de tubería de alcantarillado	Km	\$ 643.129.000

**Fuente:** elaboración a partir de la lista de precios unitarios de la empresa PAVCO del año 2018

**Tabla 7.39.** Costos de reposición de tubería de Acueducto por posibles daños ante escenarios de amenaza por movimientos en masa.

NIVEL DE AMENAZA DE ACUERDO AL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	LONGITUD (km)	VALOR/KILOMETRO	VALOR TOTAL (\$)
<b>Media</b> (100 < V < 106)	2,41	\$ 643.129.000	\$ 1.549.940.890
<b>Alta</b> (106 < V)	1,22	\$ 643.129.000	\$ 784.617.380
<b>TOTAL</b>	<b>3,63</b>	<b>\$ 643.129.000</b>	<b>\$ 2.334.558.270</b>
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2958.45 COP)</b>			<b>\$ 789,115.34</b>

**Fuente:** elaboración propia

## 7.2.6 Costos totales generados por movimientos en masa

Los costos totales asociados a posibles pérdidas por movimientos en masa en la zona de estudio, corresponden a la suma de los rubros desarrollados a lo largo del documento y los cuales se resumen en la Tabla 7.40

**Tabla 7.40.** Costos totales por posibles pérdidas económicas por escenario de movimiento en masa en el municipio de Versalles.

TIPOS DE DAÑOS O AFECTACIÓN	COSTOS ASOCIADOS A POSIBLES PÉRDIDAS EN CADA UNO DE LOS ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN (ALTURA EN METROS DEL AGUA)			
	COSTOS ASOCIADOS ( \$ )		TOTAL	(USD) (1 USD = \$2958.45 COP)
	100 < V < 106	106 < V		
Daño en viviendas	1.862.134.000	\$ 1.321.442.000	\$ 3.183.576.000	\$ 1.497.591,58
Asistencia del gobierno	\$ 354.106.250	\$ 300.282.100	\$ 654.388.350	\$ 22.,192,97
Afectaciones en vías	\$ 80.910.000	\$ 75.330.000	\$ 156.240.000	\$ 52.811,44
Costo de reposición en red de gas	\$ 380.514.800	\$ 383.795.100	\$ 764.309.900	\$ 258.348,09
Costo de reposición en red de alcantarillado	\$ 729.109.800	\$ 345.367.800	\$ 1.074.477.600	\$ 363.179,23
Costo de reposición en red de acueducto	\$ 1.549.940.890	\$ 784.617.380	\$ 2.334.558.270	\$ 789.115,34
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$ 4.956.715.740</b>	<b>\$ 3.210.834.380</b>	<b>\$ 8.167.550.120</b>	<b>\$ 2.702.698</b>
<b>COSTOS TOTALES (USD) (1 USD = \$2958.45 COP)</b>			<b>2702697,59</b>	

**Fuente:** elaboración propia

## CONCLUSIONES

En el municipio de Versalles las zonas en amenaza alta y media frente a movimientos en masa corresponden al área de relleno antrópico localizada en el barrio Los Fundadores. Otros sectores de la municipalidad como los barrios Guayabito, Las Olivas y Centenario se vinculan al escenario con una representación del 46% de su área en condición de amenaza alta (aproximadamente 1,54 Ha) y un 49% se encuentra en amenaza media (1,59 Ha, aproximadamente).

Los estudios de vulnerabilidad y riesgo realizados en el municipio sobre las zonas delimitadas como de amenaza alta y media, permitieron evidenciar con claridad la materialización de condiciones de fragilidad estructural y corporal como resultado de procesos de intervención antrópica sobre el entorno biofísico (asentamiento de viviendas sobre rellenos y manejo deficiente de aguas), así como también la persistencia de procesos sociales deficitarios.

En cuanto a la población expuesta frente el fenómeno de movimientos en masa se pudo establecer que 557 personas están ubicadas en zonas de amenaza alta y media de las cuales 68 personas menores de 9 años se encuentran en amenaza alta, seguido de 70 personas en edades de (10 – 19 años), 53 entre el rango de edad de (20 a 29), seguido de 44 personas entre los (30 – 39 años ) y 41 personas entre los (40 – 49 años), siendo la población infante y adolescentes los de mayor exposición. La población adulta mayor también comprende un número representativo de 30 personas en condición de amenaza alta. En el caso de la amenaza media la tendencia no cambia pues son los menores de 9 años los más expuestos con un total de 40 infantes y los jóvenes en el rango de edad de (10 a 19) con un total de 47 personas.

Con relación a la presión de impacto en las estructuras que se encuentran en exposición alta y media por movimiento en masa la mayoría está construidas en mampostería no reforzada, de un solo piso, evidencian daños leves y las construcciones están en un rango de edad entre los 30 – 50 años de construcción.

Las líneas vitales tenidas en cuenta para la exposición ante movimientos en masa fueron vías, gas, acueducto y alcantarillado debido a que son esenciales para la atención en caso de la manifestación de un evento, los resultados indicaron que las redes de acueducto y alcantarillado son las más expuestas frente a este fenómeno. En cuanto a las vías, estas son de gran importancia para el municipio porque constituyen su conectividad desde la zona urbana hacia otras municipalidades. La articulación de condiciones de fragilidad estructural y social en el contexto de la amenaza por movimientos en masa en el municipio de Versalles marcan un escenario de riesgo concentrado en mayor medida en el barrio Los Fundadores, y en menor proporción en otros sectores como Guayabito, Las Olivas y Centenario. Este tipo de situaciones han sido bien tipificadas en la literatura como la construcción social del riesgo, en este caso, un reto de gran impacto social que deberá ser enfrentado por las autoridades que tengan competencia en el tema, tanto en el municipio, como a nivel del departamento y la nación.

## RECOMENDACIONES

Frente a la realidad del riesgo por movimientos en masa que persiste en el municipio de Versalles resulta imperativo adelantar procesos que vinculen el conocimiento de las amenazas y las condiciones de vulnerabilidad en el trabajo con las comunidades, de tal forma que puedan fortalecerse capacidades para enfrentar eventos adversos y se consoliden estrategias de prevención que propendan por un adecuado manejo de los entornos del municipio. Lo anterior deberá estar articulado a mecanismos que controlen la ocupación de zonas en condición de amenaza, así como la disposición adecuada de residuos de construcción y otros tipos de materiales usados en la mayoría de los casos para la realización de rellenos.

Es necesario abrir espacios de trabajo articulado entre las autoridades y las diversas instituciones del municipio en términos de reducir la vulnerabilidad institucional. Un primer paso puede ser la construcción de los planes institucionales de gestión del riesgo de desastres. Cada institución debe contar con su propio plan, pero esto no se construye de la noche a la mañana, se requieren apoyos y capacitación, lo cual puede agenciarse desde la autoridad municipal con el apoyo de las entidades de socorro y autoridades departamentales.

Se recomienda que las autoridades del municipio en asocio con otras entidades prestadoras de servicios de acueducto y alcantarillado realicen seguimiento a las posibles fallas que puedan presentarse en las redes, así como al monitoreo permanente de drenajes y quebradas que constituyen factores de inestabilidad que pueden materializar condiciones de riesgo.

Es importante que el municipio en cabeza de sus autoridades estudie la viabilidad de desarrollar procesos de transferencia del riesgo, mediante consulta a las comunidades de tal manera que se permita el cobro vía impuesto predial o mediante otras estrategias de seguros que fortalezcan las capacidades para responder frente a las pérdidas que ocasionan los eventos que pueden ocurrir en el municipio, este tipo de mecanismos han sido implementados con éxito en ciudades como Manizales en el departamento de Caldas.

Es pertinente que se realicen los estudios de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación para la zona rural, donde se encuentran registros de movimientos en masa e inundaciones que han generado afectaciones en el área de influencia del municipio. Esta información será crucial para que las autoridades puedan planificar la gestión del riesgo en toda su jurisdicción.

Se considera pertinente que para el área urbana y de expansión urbana del municipio de Versalles se modifiquen las formas de construcción con relación a las normas sismoresistentes nacional NRS-10, debido a que presentan una alta fragilidad en edificaciones con relación a los eventos de movimientos en masa e inundación.

Los fenómenos de movimientos en masa e inundación podrían generar grandes afectaciones en las líneas vitales del municipio lo que generaría gran caos en el momento de atender una emergencia, por lo tanto es pertinente que el municipio mantenga monitoreado el comportamiento de estas líneas vitales, monitoreando constantemente la afectación en las vías ante movimientos en masa, evitando taponamientos, que la infraestructura de gas está a la profundidad adecuada, que los km de alcantarillado se adecuen a los materiales exigidos por la ley al igual que la red de acueducto.



La exposición de la población ante estas amenazas en medio y alto, es pertinente que la Oficina de Gestión del Riesgo municipal genere constantemente campañas de capacitación (cada 3 meses) para niños, jóvenes, adultos y adultos mayores junto con las entidades de socorro y entidades ambientales, en el conocimiento, reducción y manejo del riesgo, pues un Versalles preparado a la emergencia minimizaría las condiciones de riesgo

Realizar mayor control en las áreas definidas como franjas de protección, que un quedan en la zona urbana y en la zona de expansión del municipio, en cuanto a evitar la ocupación y asentamiento de nuevos grupos poblacionales.

A mediano y largo plazo realizar reasentamiento de la población asentada en las márgenes de las quebradas el Guayabito o Aguas Lindas y Patuma, además de las zonas de amenaza alta no mitigable por los eventos de movimientos en masa e inundación

## REFERENCIAS

- Arana, R. I (2003). “*Métodos de Muestreo*” Tesis para obtener el título de Licenciada en Estadística, Universidad Autónoma de Chapingo – División de Ciencias Forestales, México.
- Asociación Colombiana del Petróleo ACP (2016). Infraestructura vial. Informe de Gestión Social. Colombia Recuperado de <https://acp.com.co/web2017/es/infraestructura-vial>
- Cardona, O D (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. En: Los desastres no son naturales, comp. Andrew Maskrey, 45-65. Lima: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina: La Red.
- Congreso de la Republica 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
- 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).
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas -DANE. (2005). “*Sistema de Consulta de Información Censal (Censo DANE 2005)*” Bases Censo Básico. Recuperado de: <http://systema59.dane.gov.co/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CG2005BASICO&MAIN=WebServerMain.inl>
- Du, J., Yin, K., Nadim, F., y 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).
- Du, J., Yin, K., Lacasse, S., y 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.
- Li, Z., Nadim, F., Huang, H., Uzielli, M., y Lacasse, S. (2010). Quantitative vulnerability estimation for scenario-based landslide hazards. *Landslides*, 7(2), 125-134.
- 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: [http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/SRR/decreto\\_1807\\_19\\_%20septiembre\\_2014.pdf](http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/SRR/decreto_1807_19_%20septiembre_2014.pdf)
- 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
- Ricardo A. Smith, et al., (2004). Evaluación de riesgos en cuencas urbanas. XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica São Pedro, Estado de São Paulo, Brasil. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4403/1/AA3737.pdf>
- Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2016). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. *Bogotá, DC, Colombia*.





Uzielli, M., Nadim, F., Lacasse, S., y Kaynia, A. M. (2008). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. *Engineering Geology*, 102(3-4), 251-256.