



Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación por Inundación y Movimientos en Masa de la zona urbana del Municipio de Roldanillo

INFORME FINAL





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



**Santiago de Cali, octubre 2018**

## PRESENTACIÓN

Para la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, es una gran aportación a los municipios de Bolívar, Roldanillo y Versalles, la evaluación de vulnerabilidad y escenarios de afectación o daño en el componente urbano en el 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 Materón 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 Administración Municipal por la información suministrada y el acompañamiento durante salidas de campo por parte de sus técnicos en el área de estudio, al Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Roldanillo y a la Defensa Civil de Roldanillo por la información de los reportes de las minutas. 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*”.

## **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 .....	18
1 VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	20
1.1 CONCEPTOS BÁSICOS.....	20
1.1.1 VULNERABILIDAD.....	20
1.1.2 EXPOSICIÓN .....	21
1.1.3 FRAGILIDAD.....	21
1.1.4 INTENSIDAD -TIPOS Y MODOS DE DAÑOS .....	21
2 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD .....	22
2.1 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES .....	22
2.1.1 EXPOSICIÓN .....	23
2.1.2 FRAGILIDAD.....	25
2.1.2.1 INTENSIDAD.....	25
2.1.2.2 FACTOR DE SEGURIDAD (FACTOR DE RESISTENCIA) .....	28
2.2 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD .....	31
3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIÓN .....	33
3.1 PRESIÓN DE IMPACTO ANTE INUNDACIONES.....	33
3.2 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS ANTE INUNDACIONES .....	36
3.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS EN LOS ELEMENTOS EXPUESTOS.....	36
3.2.1.1 EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS CORPORALES (POBLACIÓN) .....	40
3.2.1.2 EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	46
3.2.1.3 EXPOSICIÓN DE LÍNEAS VITALES.....	54
3.2.2 FACTOR DE RESISTENCIA (FACTOR DE SEGURIDAD) DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS.....	59
3.2.2.1 FACTOR DE RESISTENCIA DE LOS ELEMENTOS CORPORALES .....	59
3.2.2.2 FACTOR DE RESISTENCIA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	63
3.3 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD.....	70
3.3.1 VULNERABILIDAD CORPORAL (POBLACIÓN).....	70
3.3.2 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL (EDIFICACIONES) .....	72
4 ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN .....	74
4.1 ESCENARIO DE AFECTACIÓN CORPORAL .....	74
4.2 ESCENARIO DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL.....	77
4.3 ESCENARIO DE AFECTACIÓN TOTAL .....	79
4.4 ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR INUNDACIÓN MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	82
4.4.1 ZONAS DE ALTO RIESGO MITIGABLE Y NO MITIGABLE .....	82
5 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA .....	85
5.1 PRESIÓN DE IMPACTO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA .....	85
5.2 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	89
5.2.1 EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	89
5.2.1.1 EXPOSICIÓN CORPORAL (POBLACIÓN) .....	90
5.2.1.2 EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL .....	94

5.2.1.3	EXPOSICIÓN DE LÍNEAS VITALES.....	99
5.2.2	FACTOR DE RESISTENCIA (FACTOR DE SEGURIDAD) ELEMENTOS EXPUESTOS .....	102
5.2.2.1	FACTOR DE RESISTENCIA CORPORAL.....	102
5.2.2.2	FACTOR DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL.....	106
5.3	CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA.....	111
5.3.1	VULNERABILIDAD CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA .....	111
5.3.2	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA.....	113
6	ESCENARIOS DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTO EN MASA .....	115
6.1	AFECTACIÓN CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA .....	115
6.2	AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA.....	117
6.3	AFECTACIÓN TOTAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA .....	119
7	CALCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONOMICAS PÉRDIDAS POR INUNDACIÓN Y MOVIMIENTOS EN MASA EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	121
7.1	CÁLCULO DE LAS POSIBLES PÉRDIDAS POR INUNDACIONES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	122
7.1.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS EN ESCENARIO DE AFECTACIÓN ANTE INUNDACIÓN .....	122
7.1.1.1	EDIFICACIONES .....	122
7.1.1.2	EDIFICACIONES ESENCIALES.....	123
7.1.2	INFRAESTRUCTURA SOCIAL .....	124
7.1.2.1	TIPIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y EL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS.....	125
7.1.2.2	CONTENIDO (ELECTRODOMÉSTICOS Y MOBILIARIO) .....	125
7.1.2.3	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS.....	126
7.1.2.4	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LA VIVIENDA.....	127
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.....	127
7.1.2.6	COSTO TOTAL POR EL DAÑO EN VIVIENDAS.....	128
7.1.2.7	COSTO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL.....	129
7.1.2.8	POSIBLES PÉRDIDAS POR DAÑOS EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS .....	129
7.1.2.9	ESTIMACIÓN DEL COSTO DE DAÑOS EN LA ESTRUCTURA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS .....	129
7.1.2.10	ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL POR EL DAÑO EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS .....	131
7.1.2.11	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEL HOSPITAL DEPARTAMENTAL SAN ANTONIO ....	132
7.1.2.12	COSTO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL.....	133
7.1.3	IMPACTO SOBRE LA SALUD .....	133
7.1.3.1	POSIBLES COSTOS POR AFECTACIONES EN SALUD EN CASO DE ENFERMEDAD VECTORIAL DENGUE.....	133
7.1.4	ASISTENCIA GUBERNAMENTAL .....	134
7.1.4.1	POSIBLES COSTOS POR ASISTENCIA DEL GOBIERNO A DAMNIFICADOS .....	134
7.1.4.2	ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL POR ASISTENCIA A DAMNIFICADOS.....	135
7.1.5	INFRAESTRUCTURA VIAL.....	135
7.1.5.1	COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL .....	136
7.1.6	LÍNEAS VITALES .....	137
7.1.6.1	AFECTACIONES EN TUBERÍAS DE GASES.....	137

7.1.6.1.1	COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN RED DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO ...	138
7.1.7	COSTOS TOTALES GENERADOS POR LAS INUNDACIONES .....	139
7.2	CÁLCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	140
7.2.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS EN ESCENARIO DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTO EN MASA.....	141
7.2.1.1	EDIFICACIONES .....	141
7.2.1.2	INFRAESTRUCTURA SOCIAL.....	142
7.2.1.2.1	EDIFICACIONES .....	142
7.2.1.3	ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑO DE LAS VIVIENDAS DE ACUERDO A LA INTENSIDAD Y LA MAGNITUD DEL MOVIMIENTO EN MASA.....	142
7.2.1.3.1	COSTO TOTAL POR EL DAÑO EN VIVIENDAS.....	143
7.2.2	ASISTENCIA GUBERNAMENTAL .....	143
7.2.2.1	POSIBLES COSTOS POR ASISTENCIA DEL GOBIERNO A DAMNIFICADOS .....	143
7.2.2.2	ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL POR ASISTENCIA A DAMNIFICADOS.....	144
7.2.3	INFRAESTRUCTURA VIAL.....	145
7.2.3.1	AFECTACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL.....	145
7.2.3.2	COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN LA RED VIAL .....	145
7.2.4	LÍNEAS VITALES .....	146
7.2.4.1	COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN RED DE GAS NATURAL DOMICILIARIO .....	146
7.2.5	COSTOS TOTALES GENERADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	147
	CONCLUSIONES .....	148
	RECOMENDACIONES .....	151
	REFERENCIAS .....	152

## LISTADO DE TABLAS

<b>TABLA 2.1.</b> ZONAS Y VALORES DE EXPOSICIÓN PARA EL FENÓMENO DE MOVIMIENTO EN MASA. ....	24
<b>TABLA 2.2.</b> ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE INUNDACIONES. ....	25
<b>TABLA 2.3.</b> LÍMITE DE PRESIÓN HORIZONTAL DE LAS ESTRUCTURAS. ....	26
<b>TABLA 2.4.</b> LÍMITE DE PRESIÓN HORIZONTAL DE LAS ESTRUCTURAS. ....	27
<b>TABLA 2.5.</b> FACTOR DE SEGURIDAD POR TIPOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS. ....	28
<b>TABLA 2.6.</b> FACTOR DE SEGURIDAD POR ALTURA DE LAS ESTRUCTURAS. ....	29
<b>TABLA 2.7.</b> FACTOR DE SEGURIDAD POR LA EDAD DE LAS ESTRUCTURAS. ....	29
<b>TABLA 2.8.</b> VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS. ....	29
<b>TABLA 2.9.</b> ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS. ....	29
<b>TABLA 2.10 .</b> CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD PARA ESTRUCTURAS. ....	32
<b>TABLA 2.11.</b> CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD PARA PERSONAS. ....	32
<b>TABLA 3.1.</b> DETERMINACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS ACORDE CON LA INTENSIDAD Y MAGNITUD DE LAS INUNDACIONES. ....	37
<b>TABLA 3.2.</b> EDAD DE LA POBLACIÓN EXPUESTA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	40
<b>TABLA 3.3.</b> NÚMERO DE PERSONAS CON O SIN LIMITACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	41
<b>TABLA 3.4.</b> RANGO DE EDAD DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA, FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	43
<b>TABLA 3.5.</b> NÚMERO DE PERSONAS ENCUESTADAS CON O SIN LIMITACIÓN, FRENTE A LA AMENAZA POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	44
<b>TABLA 3.6.</b> NÚMERO DE EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	46
<b>TABLA 3.7.</b> USO PREDIAL DE LAS EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	47
<b>TABLA 3.8.</b> TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN. ....	48
<b>TABLA 3.9.</b> TIPO DE EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	49
<b>TABLA 3.10.</b> ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	50
<b>TABLA 3.11.</b> EDAD DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	51
<b>TABLA 3.11.</b> LÍNEAS VITALES EXPUESTAS ANTE INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	54
<b>TABLA 3.12.</b> FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN POR EDAD EXPUESTA POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	60
<b>TABLA 3.13.</b> FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES EXPUESTA ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	61
<b>TABLA 3.14.</b> EL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	63
<b>TABLA 3.15.</b> FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	64

<b>TABLA 3.16.</b>	<b>FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA EDAD DE LA EDIFICACIÓN EXPUESTAS FRENTE A INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....</b>	<b>66</b>
<b>TABLA 3.17.</b>	<b>NÚMERO DE PISOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>67</b>
<b>TABLA 3.18.</b>	<b>VULNERABILIDAD CORPORAL POR ÁREA DE MANZANAS DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>70</b>
<b>TABLA 3.19.</b>	<b>VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL EN M2 DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....</b>	<b>72</b>
<b>TABLA 4.1.</b>	<b>ESCENARIO DE AFECTACIÓN CORPORAL ANTE INUNDACIONES, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>74</b>
<b>TABLA 4.2.</b>	<b>ESCENARIO DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIONES, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>77</b>
<b>TABLA 4.3.</b>	<b>AFECTACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>79</b>
<b>TABLA 4.4.</b>	<b>NIVEL DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR INUNDACIONES DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>82</b>
<b>TABLA 5.1.</b>	<b>ZONAS Y VALORES DE EXPOSICIÓN PARA EL FENÓMENO DE MOVIMIENTO EN MASA. ....</b>	<b>85</b>
<b>TABLA 5.2.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....</b>	<b>88</b>
<b>TABLA 5.3.</b>	<b>INSUMOS DE VULNERABILIDAD ROLDANILLO .....</b>	<b>89</b>
<b>TABLA 5.4.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS O DAÑOS ACORDE CON LA INTENSIDAD Y MAGNITUD DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA .....</b>	<b>90</b>
<b>TABLA 5.5.</b>	<b>RANGO DE EDAD DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA, FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS EN MASA DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>91</b>
<b>TABLA 5.6.</b>	<b>NÚMERO DE PERSONAS ENCUESTADAS CON O SIN LIMITACIÓN, FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO..</b>	<b>91</b>
<b>TABLA 5.7.</b>	<b>NÚMERO DE EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN MEDIA POR MOVIMIENTO EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....</b>	<b>94</b>
<b>TABLA 5.8.</b>	<b>USO PREDIAL DE LAS EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTO EN MASA, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>94</b>
<b>TABLA 5.9.</b>	<b>TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>94</b>
<b>TABLA 5.10.</b>	<b>TIPO DE EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTO EN MASA DEL BARRIO VILLA ROSITA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>95</b>
<b>TABLA 5.11.</b>	<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN MEDIA ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO ..</b>	<b>96</b>
<b>TABLA 5.12.</b>	<b>EDAD DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS EN MASA DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>97</b>
<b>TABLA 5.13.</b>	<b>NÚMERO DE PISOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A MOVIMIENTOS EN MASA EN EL BARRIO VILLA ROSITA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....</b>	<b>97</b>
<b>TABLA 5.14.</b>	<b>LÍNEAS VITALES EXPUESTAS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>99</b>
<b>TABLA 5.15.</b>	<b>FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN POR EDAD EXPUESTA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....</b>	<b>102</b>
<b>TABLA 5.16.</b>	<b>FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES EXPUESTA ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....</b>	<b>103</b>
<b>TABLA 5.17.</b>	<b>EL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....</b>	<b>106</b>

<b>TABLA 5.18.</b> FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	107
<b>TABLA 5.19.</b> FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA EDAD DE LA EDIFICACIÓN FRENTE A MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	108
<b>TABLA 5.20.</b> FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL NÚMERO DE PISOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	108
<b>TABLA 5.21.</b> VULNERABILIDAD CORPORAL POR PREDIO EN EL URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	111
<b>TABLA 5.22.</b> VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PREDIAL (M2) ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	113
<b>TABLA 6.1.</b> AFECTACIÓN CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA POR PREDIO EN EL URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	115
<b>TABLA 6.2.</b> AFECTACIÓN ESTRUCTURAL PREDIAL (M2) ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	117
<b>TABLA 7.1.</b> CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EXPUESTOS ANTE INUNDACIONES AMENAZA MEDIA Y ALTA EN EL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	123
<b>TABLA 7.2.</b> VALOR APROXIMADO DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS .....	127
<b>TABLA 7.3.</b> ÁREA (M2) TOTAL CONSTRUIDA Y COSTO TOTAL APROXIMADO DE VIVIENDAS EN AMENAZA ALTA Y MEDIA ANTE INUNDACIÓN .....	127
<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.....	128
<b>TABLA 7.5.</b> COSTO TOTAL DE POR DAÑOS EN CONTENIDO Y ESTRUCTURA EN VIVIENDAS, SEGÚN NIVEL AMENAZA.....	128
<b>TABLA 7.6.</b> COSTO TOTAL EN VIVIENDAS, SEGÚN NIVEL AMENAZA. ....	128
<b>TABLA 7.7.</b> COSTOS TOTALES DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL AFECTADA POR INUNDACIONES.	129
<b>TABLA 7.8.</b> INSTITUCIONES EDUCATIVAS QUE SE ENCUENTRAN EN AMENAZA MEDIA Y ALTA POR ESCENARIO DE AFECTACIÓN POR INUNDACIONES .....	129
<b>TABLA 7.9.</b> COSTO TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE LAS SEDES EDUCATIVAS. PRECIOS DE 2018.....	130
<b>TABLA 7.10.</b> MUESTRA DE ALMACENES PARA LA DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE PUPITRES, MESAS Y SILLAS POR SEDE EDUCATIVA. ....	130
<b>TABLA 7.11.</b> COSTO TOTAL DEL CONTENIDO DE LAS SEDES EDUCATIVAS. PRECIOS DE 2018 .....	131
<b>TABLA 7.12.</b> COSTO TOTAL DEL CONTENIDO DE LAS SEDES EDUCATIVAS. PRECIOS DE 2018 .....	131
<b>TABLA 7.13.</b> COSTO TOTAL POR LAS ESCUELAS AFECTADAS CON LA INUNDACIÓN .....	132
<b>TABLA 7.14.</b> POSIBLE COSTO TOTAL POR AFECTACIONES EN EL HOSPITAL DEPARTAMENTAL SAN ANTONIO DE ROLDANILLO E.S.E, POR AMENAZA MEDIA ANTE INUNDACIÓN.....	133
<b>TABLA 7.15.</b> RESUMEN DE LOS POSIBLES COSTOS TOTALES DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL AFECTADA POR INUNDACIONES .....	133
<b>TABLA 7.16.</b> COSTO TOTAL POR PERSONAS CONTAGIADAS CON DENGUE Y DENGUE GRAVE EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	134
<b>TABLA 7.17.</b> MONTOS DESIGNADOS POR EL GOBIERNO NACIONAL PARA ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO A DAMNIFICADOS DURANTE SITUACIONES DE DESASTRES. ....	135
<b>TABLA 7.18.</b> COSTOS POR ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO POR CADA FAMILIA POSIBLEMENTE AFECTADA ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN. ....	135

<b>TABLA 7.19.</b> COSTO TOTAL POR POSIBLE ASISTENCIA A DAMNIFICADOS ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN.....	135
<b>TABLA 7.20.</b> COSTO POR MANTENIMIENTO, MEJORAMIENTO Y LIMPIEZA VIAL DE KM DE VÍA.....	136
<b>TABLA 7.21.</b> COSTOS DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	137
<b>TABLA 7.22.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE GASES POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	137
<b>TABLA 7.23.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE GASES POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	137
<b>TABLA 7.24.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN. ....	138
<b>TABLA 7.25.</b> COSTOS TOTALES DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN. ....	138
<b>TABLA 7.26.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ACUEDUCTO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	138
<b>TABLA 7.27.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ACUEDUCTO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN. ....	139
<b>TABLA 7.28.</b> RESUMEN DE COSTOS TOTALES GENERADOS POR LAS INUNDACIONES .....	139
<b>TABLA 7.29.</b> CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EXPUESTOS AL ESCENARIO DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA MEDIA EN EL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	141
<b>TABLA 7.30.</b> PORCENTAJES DE DAÑO PARA EL CONTENIDO Y LA ESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA, SEGÚN LA INTENSIDAD Y LA MAGNITUD DEL MOVIMIENTO EN MASA. ....	142
<b>TABLA 7.31.</b> PROMEDIO EN (M <sup>2</sup> ) CONSTRUIDO POR VIVIENDA Y COSTO TOTAL APROXIMADO DE VIVIENDAS EN AMENAZA ALTA Y MEDIA .....	143
<b>TABLA 7.32.</b> COSTO TOTAL DE POR DAÑOS EN CONTENIDO Y ESTRUCTURA EN VIVIENDAS, SEGÚN NIVEL AMENAZA. ....	143
<b>TABLA 7.33.</b> MONTOS DESIGNADOS POR EL GOBIERNO NACIONAL PARA ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO A DAMNIFICADOS DURANTE SITUACIONES DE DESASTRES. ....	144
<b>TABLA 7.34.</b> COSTOS POR ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO POR CADA FAMILIA POSIBLEMENTE AFECTADA ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR MOVIMIENTO EN MASA.....	144
<b>TABLA 7.35.</b> COSTO TOTAL POR POSIBLE ASISTENCIA A DAMNIFICADOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	145
<b>TABLA 7.36.</b> COSTO TOTAL POR POSIBLES PÉRDIDAS EN VÍAS ANTE ESCENARIO DE AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA. ....	146
<b>TABLA 7.37.</b> COSTOS DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA. ....	146
<b>TABLA 7.38.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE GASES POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	147
<b>TABLA 7.39.</b> COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE GASES POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	147
<b>TABLA 7.40.</b> COSTOS TOTALES POR POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR ESCENARIO DE MOVIMIENTO EN MASA EN EL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	147

## LISTADO DE FIGUERA

<b>FIGURA 2.1.</b> ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA. ....	23
<b>FIGURA 2.2.</b> ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE INUNDACIONES. ....	24
<b>FIGURA 3.1.</b> ROLDANILLO MAPA DE VELOCIDADES MODELO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	34
<b>FIGURA 3.2.</b> MAPA DE PROFUNDIDADES MODELO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	35
<b>FIGURA 3.3.</b> TIPOS DE DAÑOS POR INUNDACIÓN Y CONDICIONES DE FLUJO.....	36
<b>FIGURA 3.4.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR EDAD EXPUESTAS A INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	41
<b>FIGURA 3.5.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	42
<b>FIGURA 3.6.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA EDAD DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA, FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	43
<b>FIGURA 3.7.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA CON O SIN LIMITACIONES, FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	44
<b>FIGURA 3.8.</b> EXPOSICIÓN CORPORAL ANTE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	45
<b>FIGURA 3.9.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN, ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	46
<b>FIGURA 3.10.</b> DISTRIBUCIÓN DE USO PREDIAL DE LAS EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	47
<b>FIGURA 3.11.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	49
<b>FIGURA 3.12.</b> DISTRIBUCIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	50
<b>FIGURA 3.13.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA EDAD DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	51
<b>FIGURA 3.14.</b> DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE PISO LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	52
<b>FIGURA 3.15.</b> EXPOSICIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	53
<b>FIGURA 3.16.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA RED VIAL, REDES ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y GAS NATURAL DOMICILIARIO EXPUESTAS ANTE INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	54
<b>FIGURA 3.17.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	55
<b>FIGURA 3.18.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	56
<b>FIGURA 3.19.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED DE GAS NATURAL DOMICILIARIO ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	57
<b>FIGURA 3.20.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED VIAL ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	58
<b>FIGURA 3.21.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR EDAD DE ACUERDO AL FACTOR DE RESISTENCIA ANTE INUNDACIÓN, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	60

<b>FIGURA 3.22.</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 ROLDANILLO.....	61
<b>FIGURA 3.23.</b>	FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN EXPUESTA ANTE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	62
<b>FIGURA 3.24.</b>	DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN ANTE INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	64
<b>FIGURA 3.25.</b>	DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	65
<b>FIGURA 3.26.</b>	DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA EDAD DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO. ....	66
<b>FIGURA 3.27.</b>	DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL NÚMERO DE PISO DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE INUNDACIÓN DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	67
<b>FIGURA 3.28.</b>	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL FACTOR DE RESISTENCIA DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	68
<b>FIGURA 3.29.</b>	FACTOR DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	69
<b>FIGURA 3.30.</b>	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA VULNERABILIDAD CORPORAL ANTE INUNDACIONES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO, VALLE DEL CAUCA.....	70
<b>FIGURA 3.31.</b>	MAPA VULNERABILIDAD CORPORAL POR INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	71
<b>FIGURA 3.32.</b>	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	72
<b>FIGURA 3.33.</b>	MAPA DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	73
<b>FIGURA 4.1.</b>	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL ÁREA (M <sup>2</sup> ) DE AFECTACIÓN CORPORAL POR INUNDACIÓN, ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	75
<b>FIGURA 4.2.</b>	ÁREAS DE AFECTACIÓN CORPORAL ANTE INUNDACIONES DE LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	76
<b>FIGURA 4.3.</b>	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL ÁREA (M <sup>2</sup> ) DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL POR INUNDACIÓN, ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	77
<b>FIGURA 4.4.</b>	ÁREAS DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIONES DE LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	78
<b>FIGURA 4.5.</b>	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS NIVELES DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	79
<b>FIGURA 4.6.</b>	ÁREAS DE AFECTACIÓN TOTAL ANTE INUNDACIONES DE LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	81
<b>FIGURA 4.7.</b>	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS ÁREAS SEGÚN EL NIVEL DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO	83
<b>FIGURA 4.8.</b>	ÁREAS DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	84
<b>FIGURA 5.1.</b>	ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE MOVIMIENTOS EN MASA. ....	86

<b>FIGURA 5.2.</b> MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LOS SECCIONES TRANSVERSALES DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	87
<b>FIGURA 5.3.</b> PERFIL B-B' .....	87
<b>FIGURA 5.4.</b> PERFIL C-C' .....	88
<b>FIGURA 5.5.</b> PERFIL D-D' .....	88
<b>FIGURA 5.6.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA EDAD DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA, FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR MOVIMIENTOS EN MASA DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	91
<b>FIGURA 5.7.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA CON O SIN LIMITACIONES, FRENTE A LA EXPOSICIÓN MEDIA POR MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	92
<b>FIGURA 5.8.</b> EXPOSICIÓN CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	93
<b>FIGURA 5.9.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	95
<b>FIGURA 5.10.</b> DISTRIBUCIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	96
<b>FIGURA 5.11.</b> DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE PISO DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL BARRIO VILLA ROSITA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	97
<b>FIGURA 5.12.</b> EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	98
<b>FIGURA 5.13.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA RED VIAL Y GAS NATURAL DOMICILIARIO EXPUESTAS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	99
<b>FIGURA 5.14.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED GAS NATURAL DOMICILIARIO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	100
<b>FIGURA 5.15.</b> EXPOSICIÓN DE LA RED VIAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	101
<b>FIGURA 5.16.</b> DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA DE POBLACIÓN POR EDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO ....	103
<b>FIGURA 5.17.</b> DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES FRENTE A MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	104
<b>FIGURA 5.18.</b> FACTOR DE RESISTENCIA CORPORAL ANTE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	105
<b>FIGURA 5.19.</b> DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN ANTE MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	106
<b>FIGURA 5.20.</b> DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	107
<b>FIGURA 5.21.</b> DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA EDAD DE LA EDIFICACIÓN EXPUESTA ANTE MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	108
<b>FIGURA 5.22.</b> DISTRIBUCIÓN FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN DEL NÚMERO DE PISOS DE LAS EDIFICACIONES ANTE MOVIMIENTOS EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	109

<b>FIGURA 5.23.</b> FACTOR DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	110
<b>FIGURA 5.24.</b> VULNERABILIDAD CORPORAL ANTE MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	112
<b>FIGURA 5.25.</b> VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	114
<b>FIGURA 6.1.</b> ÁREAS DE AFECTACIÓN CORPORAL ANTE MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	116
<b>FIGURA 6.2.</b> ÁREAS DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	118
<b>FIGURA 6.3.</b> ÁREAS DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTO EN MASA DEL ÁREA URBANA MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	120
<b>FIGURA 7.1:</b> TIPO DE VIVIENDAS DE DIFERENTES DEL AREA URBANA MUNICIPIO DE ROLDANILLO .....	125
<b>FIGURA 7.2.</b> TIPIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE UNA VIVIENDA EN EL ÁREA DE ESTUDIO. ....	126

## 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 generen 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 a ser 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 los movimientos en masa en el área urbana del municipio de Roldanillo, esto con miras a la creación de acciones y políticas para la gestión del riesgo.

Conceptualmente se consideran el *Riesgo* ó los *Escenarios de Afectación* como una combinación de dos factores: *la peligrosidad ó 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 Roldanillo. 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 Roldanillo
- En el capítulo 3 se presenta 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 4 se presenta el análisis del escenario de afectación ante el fenómeno de inundación.
- En el capítulo 5 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 6 se presenta el análisis del escenario de afectación ante el fenómeno de movimientos en masa
- En el capítulo 7 se presenta el cálculo de las posibles pérdidas ante los fenómenos de inundaciones y movimiento en masa.
- Por último se presentan conclusiones y recomendaciones

# **1 VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO**

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 presentan 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 Roldanillo.

### **1.1.1 Vulnerabilidad**

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 del o los elementos expuestos y su fragilidad que estos presentan ante el impacto de determinado tipo de fenómeno amenazante, por el cual 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

Está asociada directamente con la debilidad o resistencia de una persona o comunidad al verse afectada por una situación en particular. "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 2006).

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 determinada 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 seria 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 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD**

El análisis de la vulnerabilidad física para el municipio de Roldanillo, 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 Roldanillo, 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. El estudio de vulnerabilidad se realizó para los fenómenos de inundación y movimiento en masa. A continuación, se presentan de manera detallada cada una las fases y procedimientos llevados a cabo:

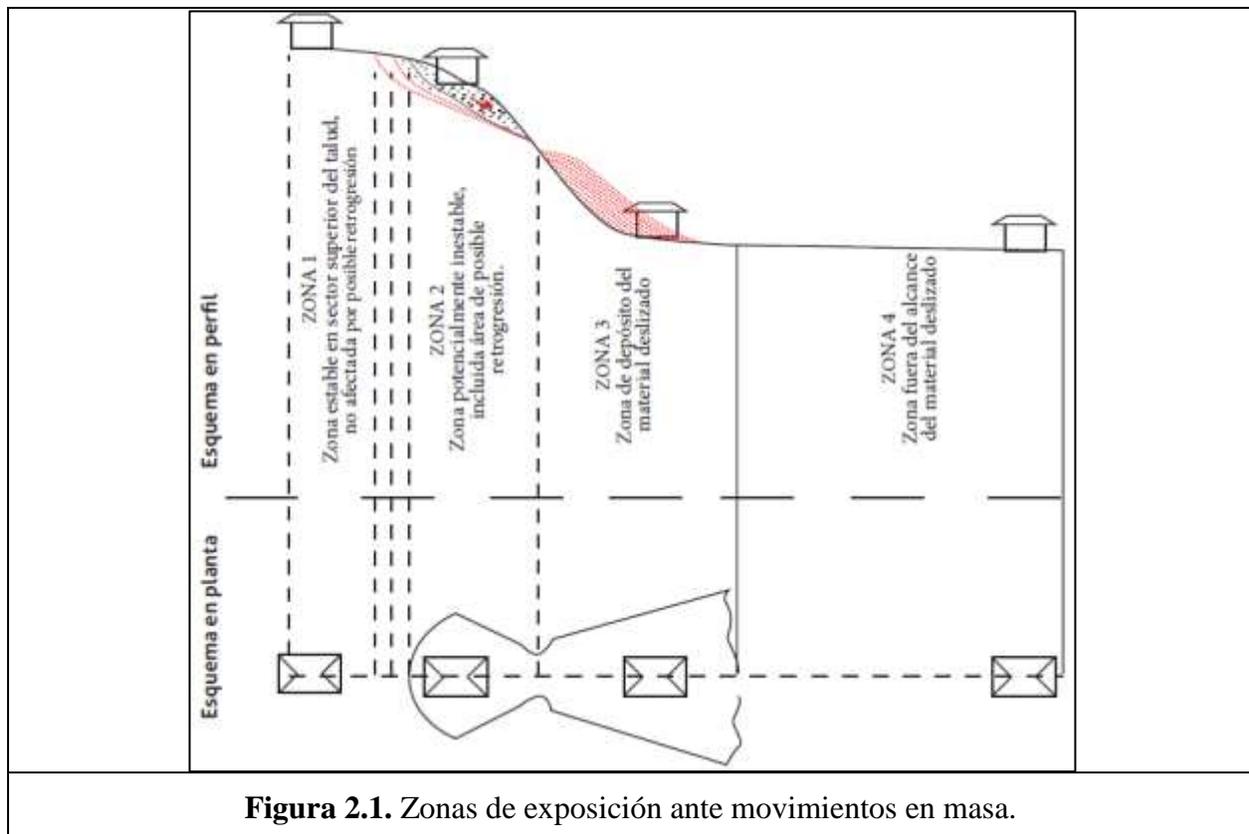
### **2.1 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES**

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.

### 2.1.1 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.

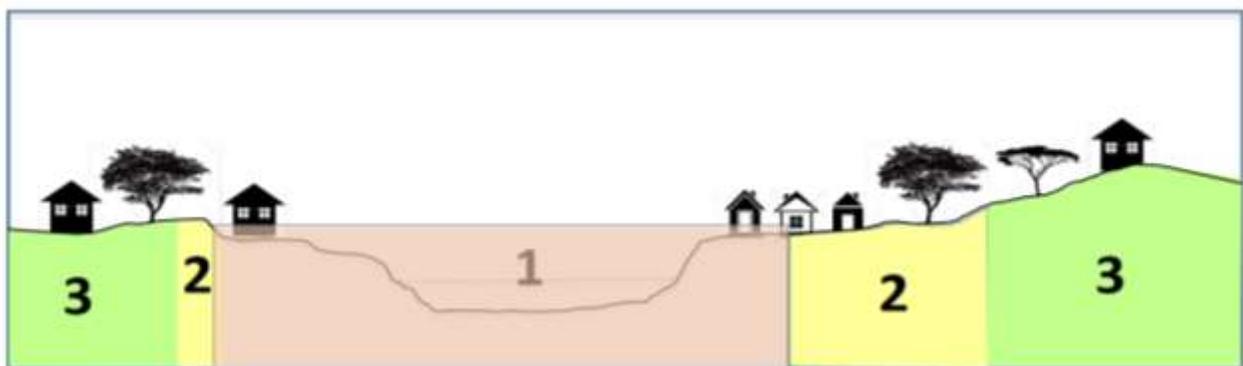
**Fuente:** SGC, 2016.

**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) 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).

Para 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 2.2 y Tabla 2.2)



**Figura 2.2.** Zonas de exposición ante inundaciones.

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 2.2.** 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.

### 2.1.2 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:

#### 2.1.2.1 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<sub>f-pre</sub>:** 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<sub>f-prof</sub>:** 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.

- *Presión de impacto del movimiento en masa (I<sub>f-pre</sub>):*

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

Donde:

**P<sub>imm</sub>:** presión de impacto del movimiento en masa.

**P<sub>le</sub>:** presión límite soportada por las estructuras.

Por su parte, la presión de impacto del movimiento en masa, de acuerdo con 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 con el 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 2.3):

**Tabla 2.3.** 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* ( $I_{f\text{-pre}}$ ):

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

Donde:

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

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

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

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

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) (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 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:

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

Donde:

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

$P_{iinun}$ : 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.

### 2.1.2.2 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 Roldanillo 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

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

- *Factor de 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	Alta	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 <sub>alt</sub>
E, F	≥2	0,9
D	≥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<sub>ed</sub>):* 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

ESTADO DE CONSERVACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN GRIETAS (mm)	S <sub>con</sub>
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* ( $S_{corp}$ ) 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 Roldanillo 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 piloto o antecedentes sobre este tipo de investigación, se trabajó con la máxima variabilidad representada.

## 2.2 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 y 16).

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

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

Del cálculo de la vulnerabilidad, para estructuras, un valor de 1 significa alta vulnerabilidad por lo cual se puede presentar el escenario de la destrucción completa de la estructura; los valores menores que 1 representan el grado de daño, y 0 significa que la edificación no presenta ningún daño (Tabla 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).

**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 INUNDACIÓN

En este estudio para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones se adaptó la metodología para el análisis de vulnerabilidad ante movimientos en masa propuesta por el Servicio Geológico Colombiano -SGC (2016), anteriormente expuesta. En esta metodología se considera 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 un evento de movimientos en masa.

#### 3.1 PRESIÓN DE IMPACTO ANTE INUNDACIONES

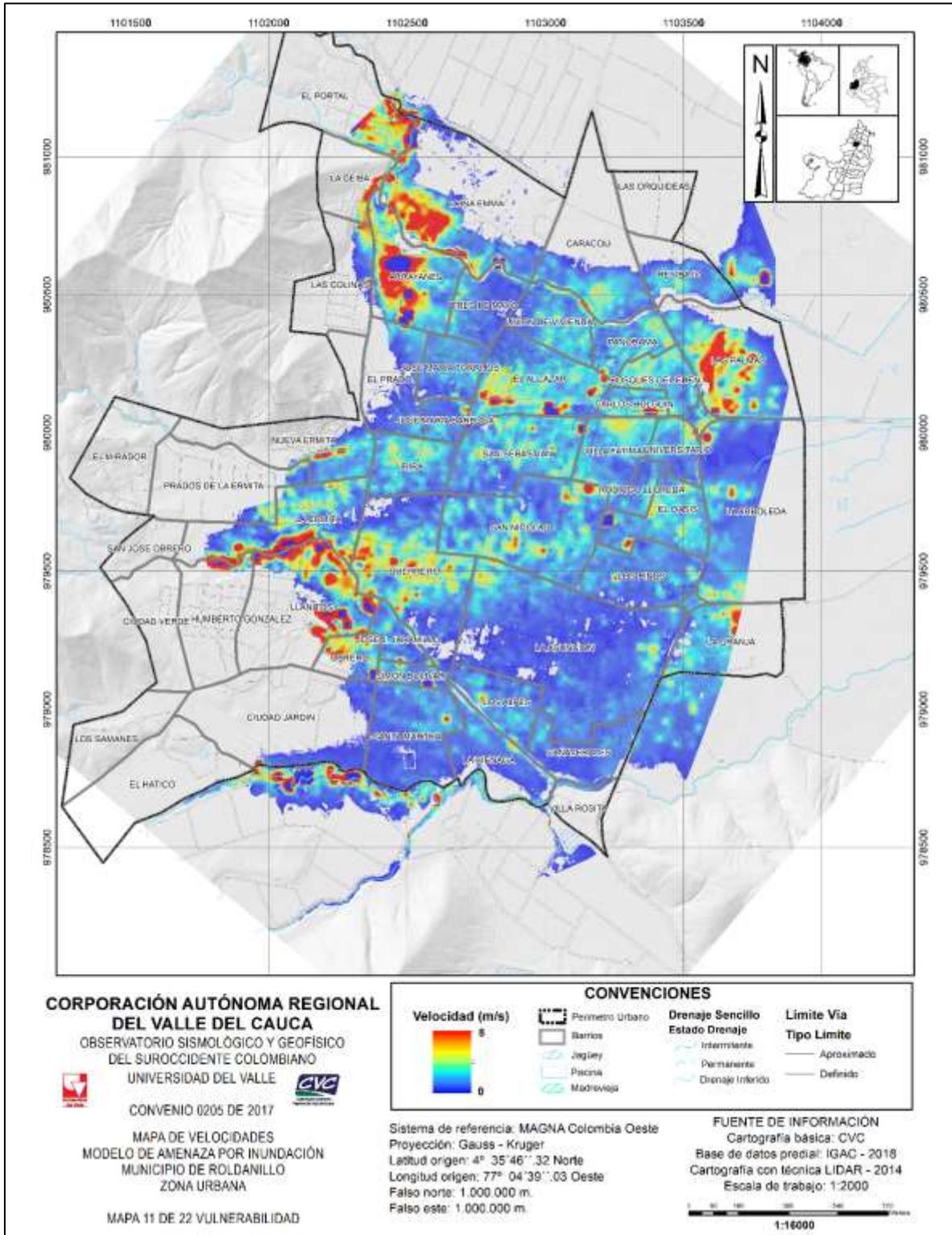
Para el análisis de la presión de impacto ante inundación, se tuvo en cuenta los parámetros de velocidad entre 0 -8 m<sup>3</sup>/s y la profundidad entre 0 a 4 metros que alcanzaría el agua causado por los desbordamientos de los ríos El Rey, Roldanillo, Cáceres y el Zanjón de Ipira o Los Mudos resultado de la modelación hidráulica de este estudio, el cual, afectaría los elementos expuestos ante este fenómeno.

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 Roldanillo donde los resultados de la amenaza dieron alta, media y baja, sin embargo, para el estudio se consideró las zonas de amenaza lata y media. En amenaza alta se tienen 1160870 m<sup>2</sup> en las cuales se encuentran 2676 construcciones y en amenaza media se tienen 10008794 m<sup>2</sup> donde se encontraron 24681 construcciones.

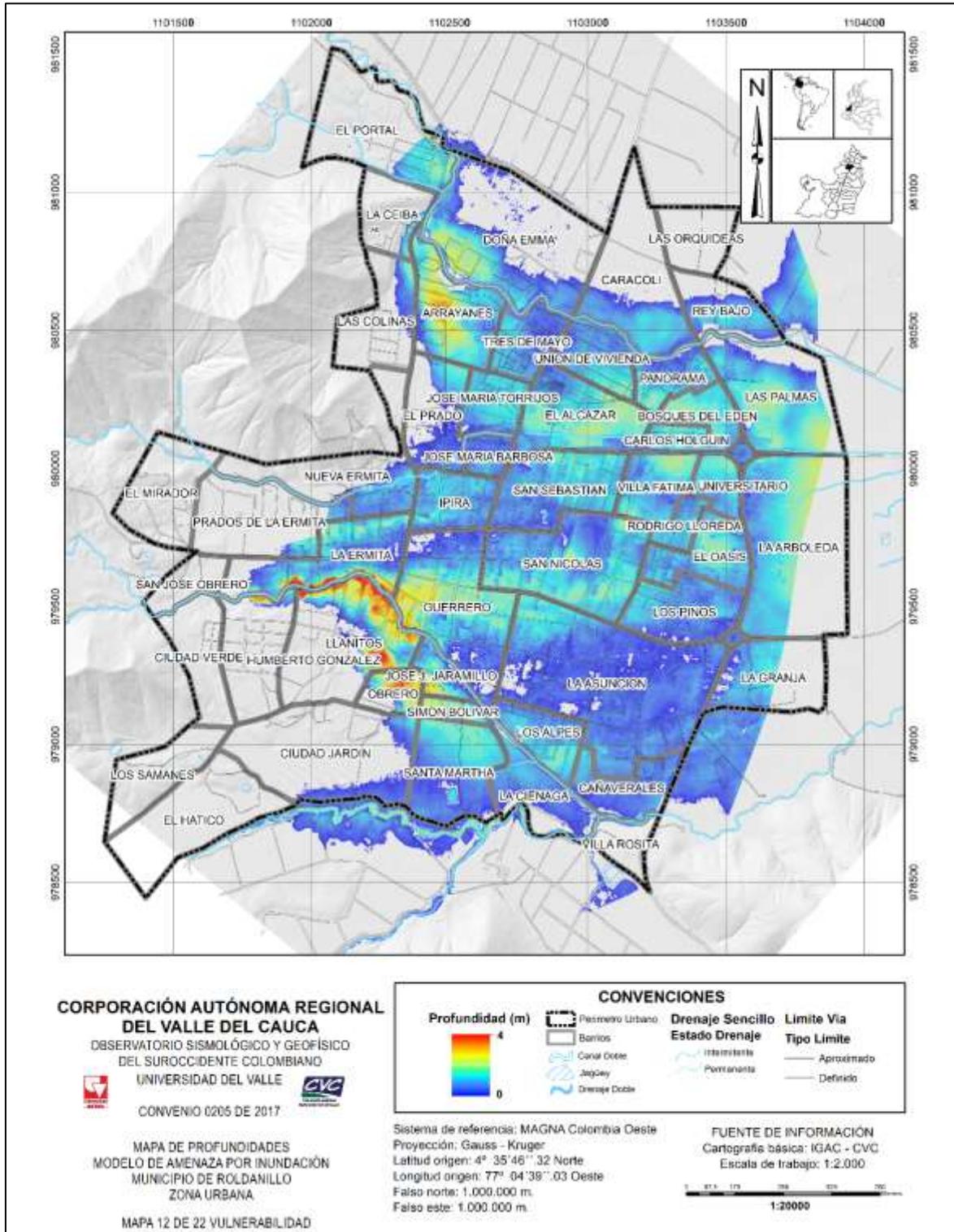
En la Figura 3.1 se muestra espacialmente las áreas que pueden ser afectadas por el desbordamiento de los ríos El Rey, Roldanillo, Cáceres y el Zanjón de Ipira o Los Mudos el río El Rey en los barrios El Portal, La parte baja de La Ceiba y la antigua Ladrillera (área de interés urbanístico), Los Arrayanes y Doña Emma se encuentran zonas donde puede alcanzar velocidades hasta 8 m/s, al igual que en el río Roldanillo los barrios que se verían afectados son La Ermita, Llanitos y Guerrero. Por el Zanjón Ipira o Los Mudos los barrios con zonas que alcanzaría velocidades hasta 8 m/s, son especialmente las áreas cercanas al cauce donde pueden alcanzar son La Nueva Ermita, El Alcázar, Las Palmas.

Por el río Cáceres la zona cercana al cauce, cabe aclarar que la zona que se vería afectada esta por fuera del perímetro urbano.

El impacto de la profundidad del agua entre 0 a 4 metros, se muestra espacialmente en la Figura 3.2, en el cual se visualiza un área cercana al cauce del río El Rey en el barrio El Portal y otras zonas en Los Arrayanes y Doña Emma. Por el río Roldanillo las márgenes y áreas cercanas al cauce en los barrios La Ermita, Llanitos, El Obrero y Guerrero.



**Figura 3.1.** Roldanillo Mapa de velocidades modelo de amenaza por inundación, área urbana del municipio de Roldanillo  
**Fuente:** elaboración propia



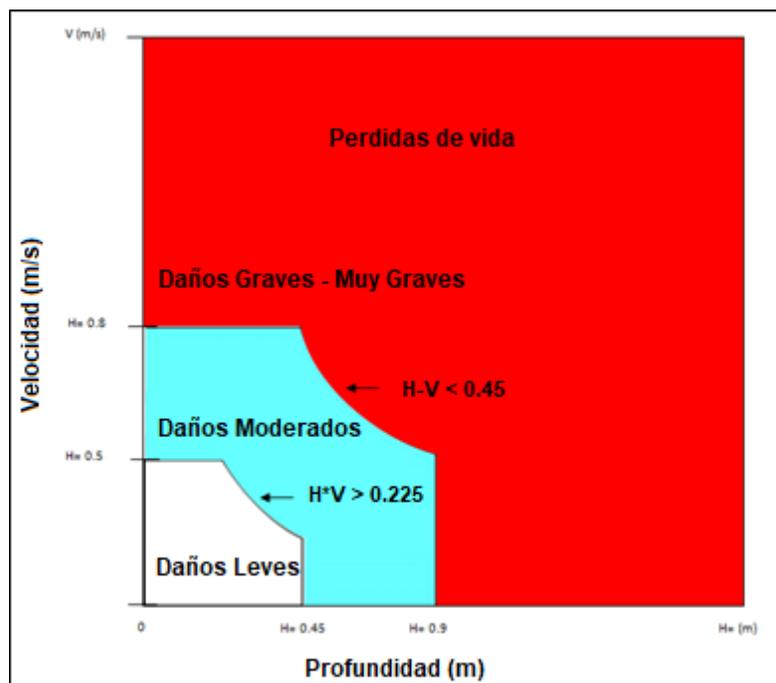
**Figura 3.2.** Mapa de profundidades modelo de amenaza por inundación, área urbana del municipio de Roldanillo  
**Fuente:** elaboración propia

### 3.2 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS ANTE INUNDACIONES

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.

#### 3.2.1 Clasificación de los posibles efectos en los elementos expuestos

Para el fenómeno de inundación se determinaron los posibles daños y afectaciones que podría sufrir la población en los elementos de infraestructura, funcionales y ambientales. En la Figura 3.3 se presenta la clasificación de 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 3.3.** Tipos de daños por inundación y condiciones de flujo.

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

En la Tabla 3.1 se presenta la descripción de los posibles efectos o daños generados en los elementos expuestos corporales, estructurales, funcionales y ambientales tomando en consideración los parámetros de la amenaza por inundación, la cual se determina, por un lado, con la magnitud dado por la profundidad de la capa de agua, la intensidad o velocidad del flujo de agua, y, por el otro, con el producto de la profundidad por la velocidad.

**Tabla 3.1.** 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)	CONSTRUCCIONES Y LÍNEAS VITALES*						EFECTOS O DAÑOS		
										FUNCIONALES	AMBIENTALES	CORPORALES
				1	2	3	4	5	6			
<b>ALTO</b> (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>
<b>MEDIO</b> (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>
<b>BAJO</b> (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 a continuación.

**Fuente:** elaboración propia con datos.

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 de ratos)	<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 revocos (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>

**Tabla 3.1.** Continuación

**Fuente:** elaboración propia

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



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



Con esto, se realiza la caracterización de los elementos expuestos tanto corporales y estructurales y funcionales, siguiendo la metodología anteriormente mencionada.

### 3.2.1.1 Exposición de elementos corporales (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) edad de la persona y 2) número de personas con limitaciones físicas. Estas dos variables se consideran importantes para el análisis de vulnerabilidad. La población total de la zona urbana del municipio es de 31047 personas, donde se obtuvo los siguientes resultados:

#### Censo del año 2005

##### Variable 1:

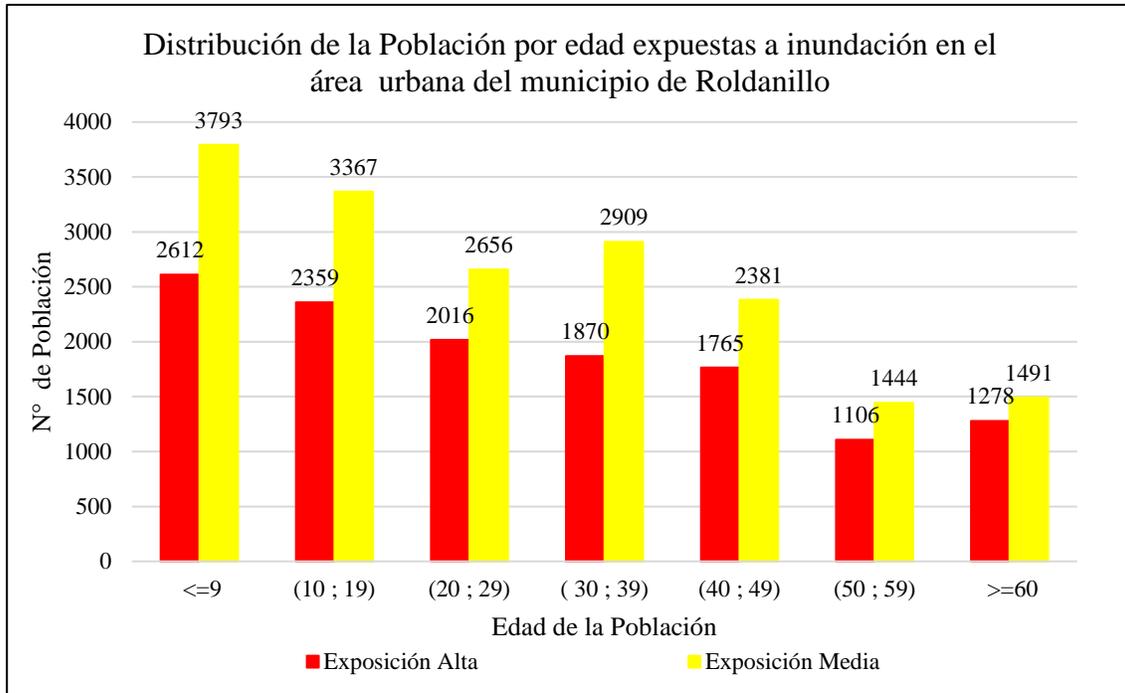
- **Edad de la Población**

El análisis de la edad de la población se realizó de acuerdo con el Censo del 2005 por manzanas y rangos de edad. En la Tabla 3.2 se muestra que la mayor población expuesta es menor o igual a 9 años con 6405, de los cuales 2612 se encuentran en exposición alta y 3793 en media, seguida del rango de edad entre 10-19 años, con un total de 5726 personas de los cuales 2359 personas se encuentran en exposición alta y 3367 personas en exposición media; 4672 personas están en el rango de edad entre 30-39 años, de ellos 1870 personas están en exposición alta y 2909 en media; en el rango de edad entre 20-29 años se encuentran expuestas 4672 personas, de las cuales 2016 personas están en amenaza alta y 2656 media; en el rango de edad entre 40-49 años se encuentran expuestas 4146 personas, de ellas 1765 están en exposición alta y 2381 en media; en el rango de edad mayor o igual a 60 años se encuentran 2769 de las cuales, 1278 personas están en exposición alta y 1491 en media. Por último está el rango de edad entre 50-59 años con 2550 personas de estas 1106 se encuentran en exposición alta y 1444 están expuestas en media. En la Figura 3.4) se presenta la distribución por el rango de edad.

**Tabla 3.2.** Edad de la población expuesta por inundación, área urbana del municipio de Roldanillo

RANGO EDAD	NÚMERO DE POBLACIÓN POR MANZANAS		TOTAL POBLACIÓN
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA	
<= 9	2612	3793	6405
(10 ; 19)	2359	3367	5726
(20 ; 29)	2016	2656	4672
(30 ; 39)	1870	2909	4779
(40 ; 49)	1765	2381	4146
(50 ; 59)	1106	1444	2550
>= 60	1278	1491	2769
<b>TOTAL</b>	<b>18041</b>	<b>13006</b>	<b>31047</b>

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



**Figura 3.4.** Distribución de la Población por edad expuestas a inundación del área urbana del municipio de Roldanillo

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

**Variable 2:**

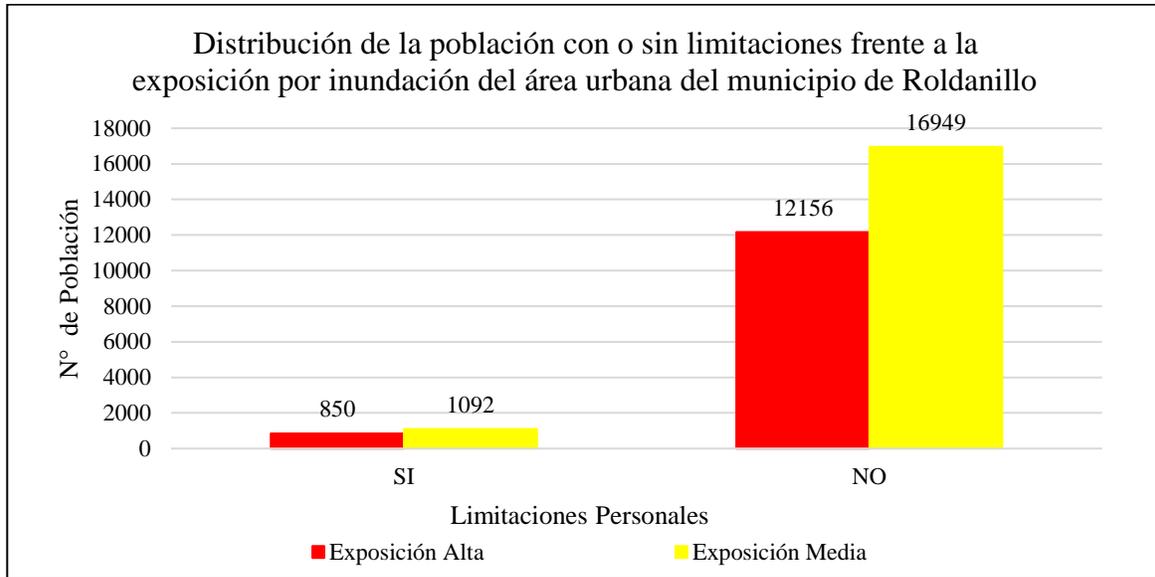
- **Población con limitaciones físicas**

El análisis de la variable población con limitaciones físicas total del área urbana del municipio 1942 personas tienen algún tipo de limitación de los cuales, 850 personas se encuentran en exposición alta y 1092 personas en exposición media (Tabla 3.3 y Figura 3.5).

**Tabla 3.3.** Número de personas con o sin limitaciones frente a la exposición por inundación en la zona urbana del municipio de Roldanillo.

NIVEL DE EXPOSICIÓN	NÚMERO DE PERSONAS CON LIMITACIÓN	
	SI	NO
Exposición Alta	850	12156
Exposición Media	1092	16949
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1942</b>	<b>29105</b>

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



**Figura 3.5.** Distribución de la población con o sin limitaciones frente a la exposición por inundación del área urbana del municipio de Roldanillo  
**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).

### Encuesta Trabajo de Campo

Cabe resaltar que se realizó un muestreo aleatorio simple para la población, tomada en trabajo de campo, para observar la dinámica actual de las variables: 1) edad de la persona y 2) número de personas con limitaciones físicas. Los resultados del muestreo fueron los siguientes:

#### Variable 1:

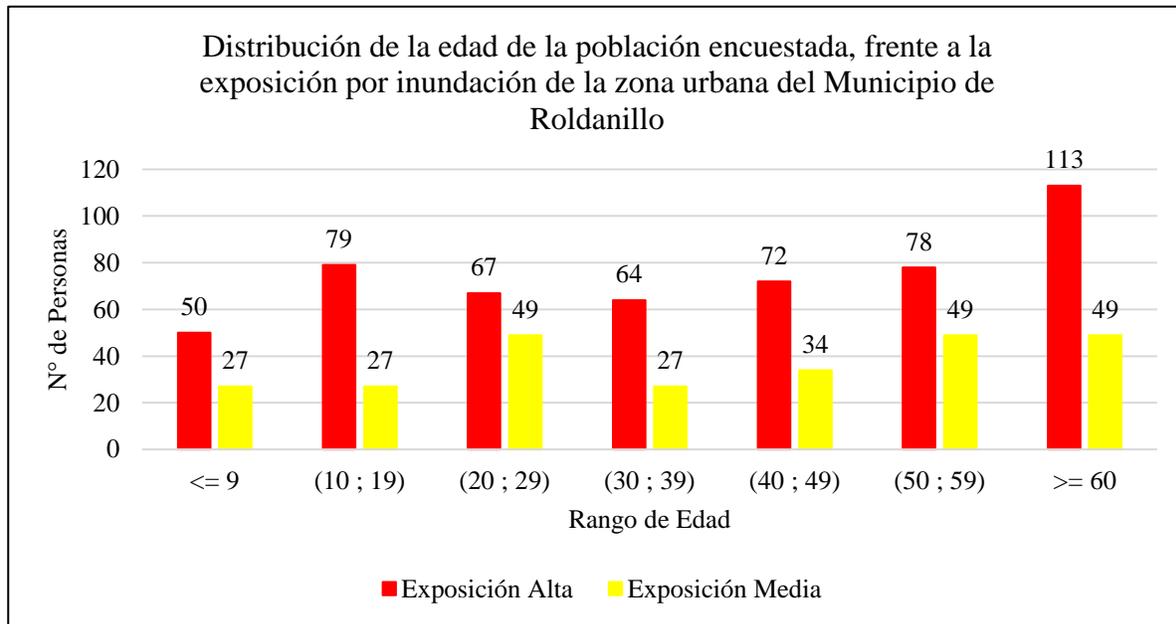
- **Edad de la Población**

El análisis de la edad de la población total censada fue de 785 personas expuestas se presenta en la Tabla 3.4 por rangos, la mayor población expuesta está en el rango de edad mayores o igual a 60 años, con un total de 162 personas de las cuales 113 están expuestas en amenaza alta y 49 en amenaza media; seguida del rango de edad entre 50 – 59 años con 127 personas, de las cuales 78 personas están en amenaza alta y 49 en amenaza media; en el rango de edad entre 20 -29 años con 116 personas, 67 en amenaza alta y 49 en amenaza media; en el rango de edad entre 10-19 años con 106 personas, de estas 79 en exposición alta y 27 en media, en el rango de edad 40-49 años se encuentran 106 personas con 72 en exposición alta y 34 en exposición media; en el rango de edad 30-99 años se encuentran 91 personas, el cual se encuentran en exposición alta 64 y en media 27. Por último, se encuentra el rango de menores o iguales a 9 años, 77 personas. Para la población localizada en exposición media, el rango de edad más representativo fue de 10-19 años, con 362 personas en total, seguido de 77 personas menores o iguales a 9 años; 162 personas en el rango de edad mayor o igual a 60 años (Figura 3.6).

**Tabla 3.4.** Rango de edad de la población encuestada, frente a la exposición por inundación de la zona urbana del municipio de Roldanillo

RANGO DE EDAD	NÚMERO DE PERSONAS	
	Exposición Alta	Exposición Media
<= 9	50	27
(10 ; 19)	79	27
(20 ; 29)	67	49
(30 ; 39)	64	27
(40 ; 49)	72	34
(50 ; 59)	78	49
>= 60	113	49
<b>TOTAL</b>	<b>523</b>	<b>262</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>785</b>	

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



**Figura 3.6.** Distribución de la edad de la población encuestada, frente a la exposición por inundación de la zona urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

**Variable 2:**

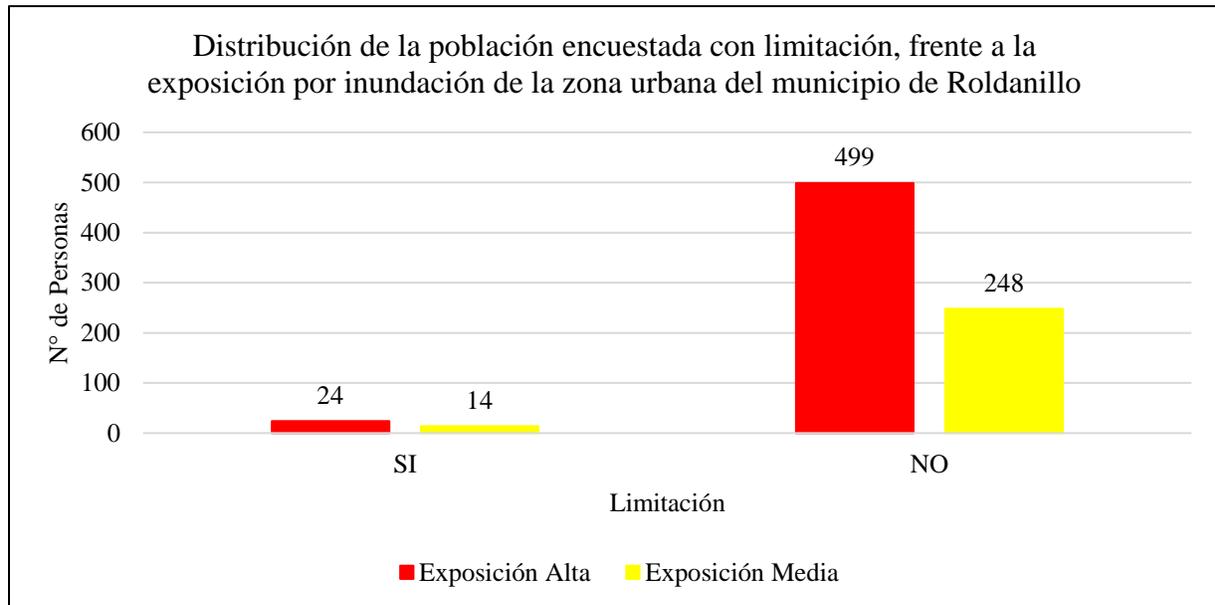
- **Población con limitaciones físicas**

La población total encuestada fue de 785 personas que se encuentran expuestas ante inundaciones de las cuales, 38 personas presentan alguna limitación, 24 de ellas están en exposición alta y 14 en exposición media (Tabla 3.5 y Figura 3.7).

**Tabla 3.5.** Número de personas encuestadas con o sin limitación, frente a la amenaza por inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo.

LIMITACIÓN	NÚMERO DE PERSONAS		TOTAL
	ALTA	MEDIA	
Si	24	14	<b>38</b>
No	499	248	<b>747</b>

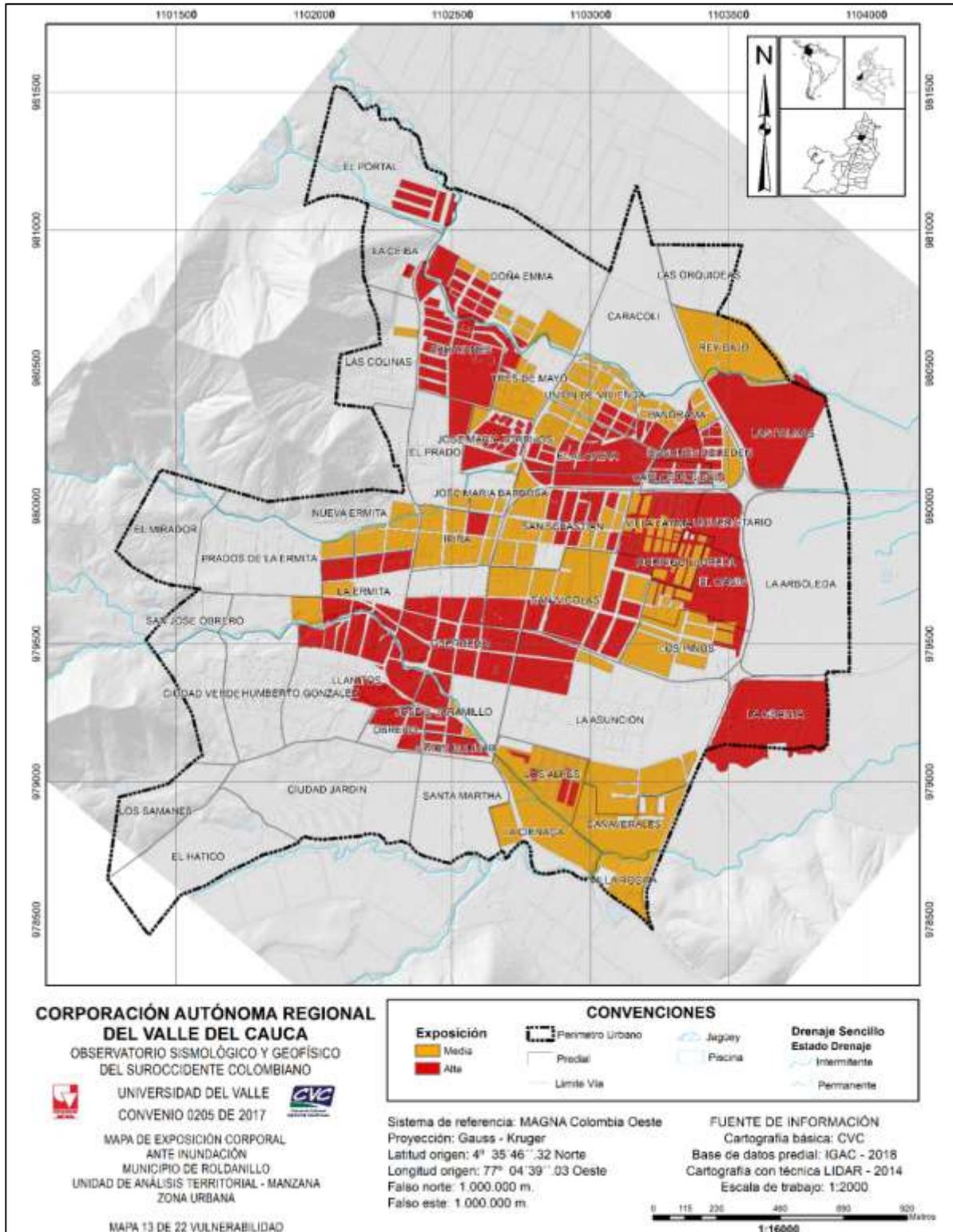
**Fuente:** elaboración propia



**Figura 3.7.** Distribución de la población encuestada con o sin limitaciones, frente a la exposición por inundación de la zona urbana del Municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 3.8 se espacializa la distribución de la población que está expuesta ante inundaciones por los ríos el Rey al norte, el Zanjón Ipira o Los Mundos en el centro del municipio y al sur y sur occidente el río Roldanillo y al sur el río Cáceres. Por el río El Rey se encuentra en exposición alta la población de los barrios El Portal, Los Arrayanes, 12 manzanas de Doña Emma, 2 manzanas de Tres de Mayo, Unión de Vivienda 6 manzanas, y una zona de exposición media la población de los barrios Panorama 8 manzanas, Unión de Vivienda 15 manzana, 7 manzanas de Doña Emma, 14 manzanas de Tres de Mayo, Rey Bajo. Por el Zanjón Ipira o Los Mudos la población con exposición alta se encuentran los barrios José María Torrijos, Bosques del Edén, El Alcázar, Carlos Holguín, el Oasis, El Universitario, 3 manzanas de La Ermita, 8 manzanas del San Sebastián, 7 manzanas de San Nicolas y 2 manzanas de la Asunción, en exposición media se encuentran los barrios La Nueva Ermita con 4 manzanas, 6 manzanas de Ipira, 4 manzanas de José María Barbosa, 10 manzanas de San Sebastián, 4 manzanas de San Nicolas Los Pinos y 14 manzanas de Villa Fátima. Al sur por el río Roldanillo se encuentran en exposición alta la población de 4 manzanas del barrio Los Alpes. Al sur occidente el barrio Simón Bolívar, 9 manzanas del barrio Llanitos, 3 manzanas del Obrero, 4 manzanas de Jose J Jaramillo y al centro los barrios La Ermita 4 manzanas y 12 manzanas de Guerrero. En exposición media los barrios Cañaverales y La Ciénega.



**Figura 3.8.** Exposición corporal ante inundación en el municipio de Roldanillo  
**Fuente:** elaboración propia con datos del DANE, 2005

### 3.2.1.2 Exposición de elementos Estructurales

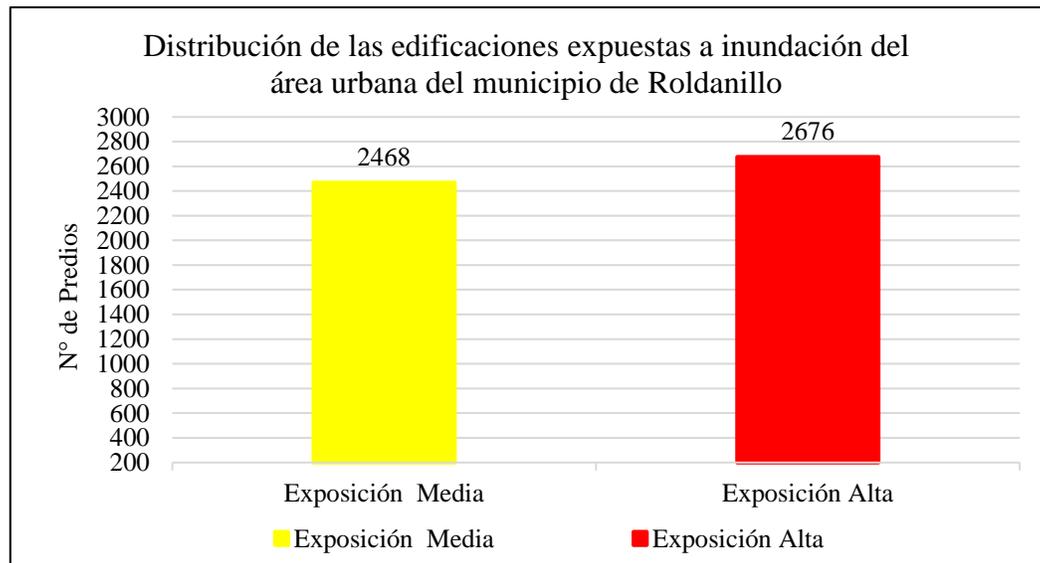
El análisis de la exposición de elementos estructurales se realizó a nivel predial teniendo en cuenta las variables 1) uso predial, 2) tipología de la edificación, 3) estado de conservación, 4) edad de la edificación y 5) número de pisos de la edificación.

Teniendo en cuenta lo anterior, se tiene un total de 5144 edificaciones expuestas ante la ocurrencia de una inundación, de las cuales, 2676 edificaciones están en exposición alta y 2468 edificaciones en exposición media (Tabla 3.6 y Figura 3.9).

**Tabla 3.6.** Número de edificaciones en exposición por inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

TIPO DE AMENAZA	AREA M <sup>2</sup>	N° PREDIOS
Amenaza Media	1000879	2468
Amenaza Alta	1160870	2676
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>5144</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.9.** Distribución de las edificaciones expuestas a inundación, zona urbana del Municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

Cada uno de los factores considerados en la exposición de los elementos estructurales se describen a continuación.

#### Variable 1:

- **Uso Predial**

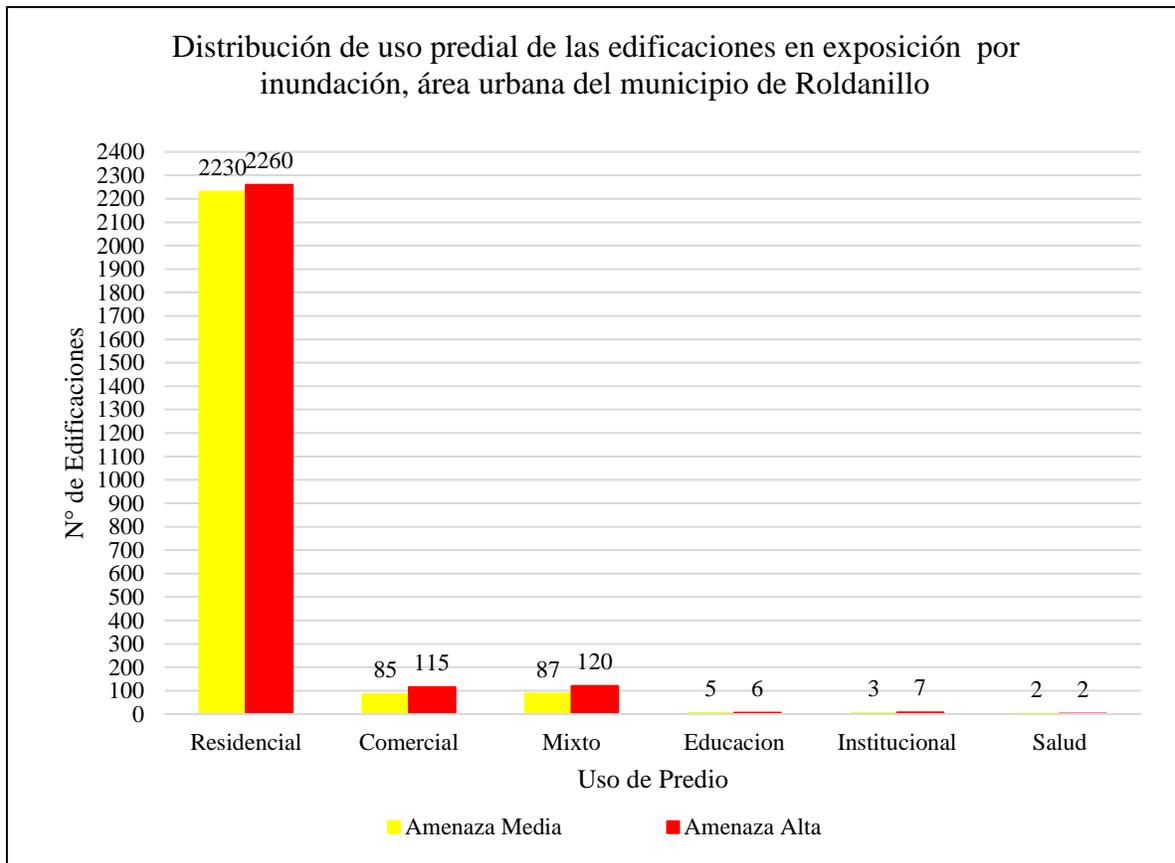
En cuanto al uso predial de las edificaciones, se tiene que el uso residencial representa el mayor número de edificaciones expuestas. En amenaza alta se encuentran 2510, de los cuales 2260 edificaciones son de uso residencial, seguido de 120 edificaciones de uso mixto, 115 de uso comercial, 7, 6 y 2 edificaciones son de uso institucional, educativo y salud, respectivamente. En

amenaza media se encuentran 2412 edificaciones expuestas ante la ocurrencia de una inundación, de los cuales 2230 edificaciones son de uso residencial, 87 y 85 son de uso mixto y comercial, respectivamente; edificaciones de uso educativo 5, 3 de institucional y 2 edificación de salud. Finalmente, se encuentran 222 predios que no se le identificó el uso (Tabla 3.7 y la Figura 3.10).

**Tabla 3.7.** Uso predial de las edificaciones en exposición por inundación, área urbana del municipio de Roldanillo

USO PREDIAL	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	EXPOSICIÓN MEDIA	EXPOSICIÓN ALTA
Residencial	2230	2260
Comercial	85	115
Mixto	87	120
Educación	5	6
Institucional	3	7
Salud	2	2
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>2412</b>	<b>2510</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.10.** Distribución de uso predial de las edificaciones en exposición por inundación, área urbana del municipio de Roldanillo

**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. Para el análisis de la tipología de las edificaciones, se siguió la normativa de la NRS-10, y con lo observado en el reconocimiento de la zona de estudio, se acotaron las siguientes tipologías (Tabla 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, laminas, 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.

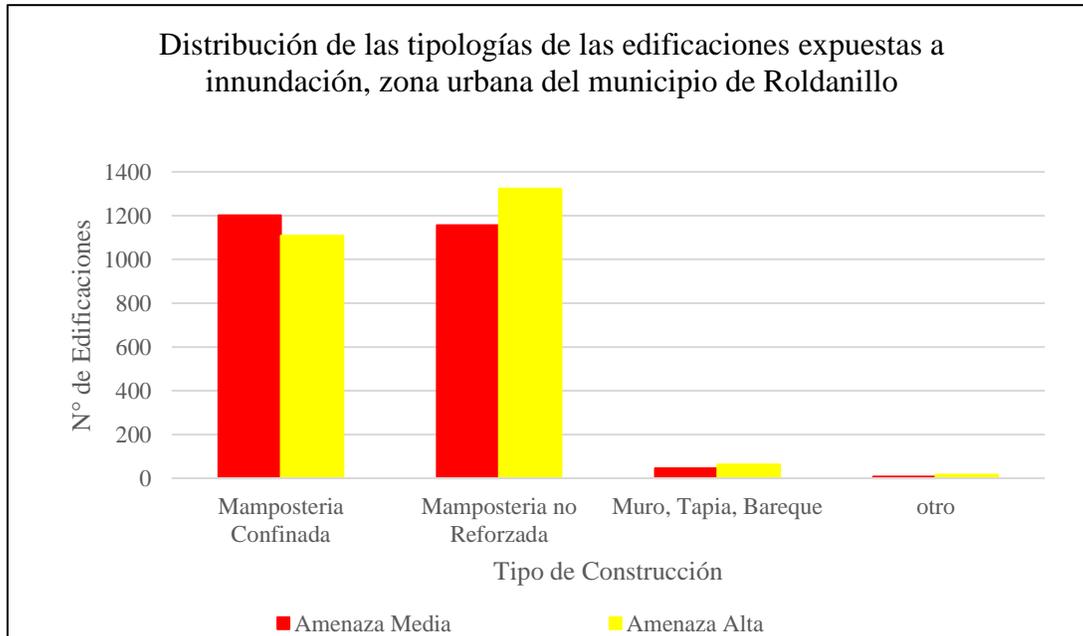
**Fuente:** elaborada con información de NRS-10, 2010 y SGC (2016).

Para el análisis del factor de resistencia según la tipología de la edificación de los 2676 predios, la mampostería no reforzada se encuentra expuestas 1323 edificaciones, seguida de la mampostería confinada y 63 edificaciones en muro, tapia y bahareque; en amenaza media se encuentran 2468 edificaciones de los cuales, 1202 el tipo de material es en mampostería confinada, 1156 edificaciones en mampostería no reforzada, seguidos de 46 edificaciones en muro, tapia y bahareque. Por último, se encuentran 11 edificaciones construidos con otro tipo de materiales reciclable (Tabla 3.9 y Figura 3.11).

**Tabla 3.9.** Tipo de edificaciones frente a la exposición por inundación, área urbana del municipio de Roldanillo

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	EXPOSICIÓN MEDIA	EXPOSICIÓN ALTA
Mampostería Confinada	1202	1108
Mampostería no Reforzada	1156	1323
Muro, Tapia, Bahareque	46	63
Otro	8	16
NR	56	166
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>2468</b>	<b>2676</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.11.** Distribución de las tipologías de las edificaciones expuestas a inundación de la zona urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

### Variable 3:

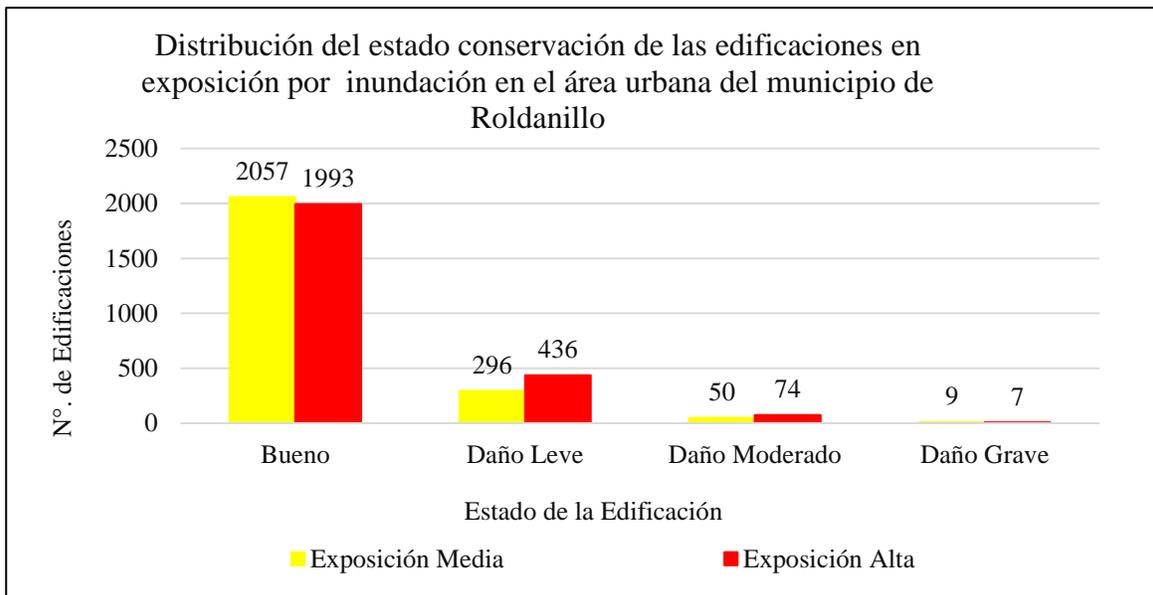
- **Estado de conservación de la edificación**

El análisis del estado de conservación se definió mediante cuatro categorías: bueno, daños leves, daños moderados y daños graves. En Tabla 3.10 se presenta en exposición alta 2676 predios, de los cuales 1993 edificaciones el estado de conservación es bueno, 436 se encuentran con daños leves, 74 con daños moderados y 7 con daños graves. En exposición media se encuentran 2468 predios, de los cuales 2057 edificaciones con estado de conservación es bueno; seguido de 296 edificaciones con daños leves, 50 edificaciones con daños moderados y 9 edificaciones presenta daños graves. En la Figura 3.12 se presenta su distribución.

**Tabla 3.10.** Estado de conservación de las edificaciones frente a la exposición por inundación de la zona urbana del municipio de Roldanillo

ESTADO DE CONSERVACIÓN	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA
Bueno	1993	2057
Daño Leve	436	296
Daño Moderado	74	50
Daño Grave	7	9
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>25106</b>	<b>2412</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.12.** Distribución del estado de conservación de las edificaciones expuestas a inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

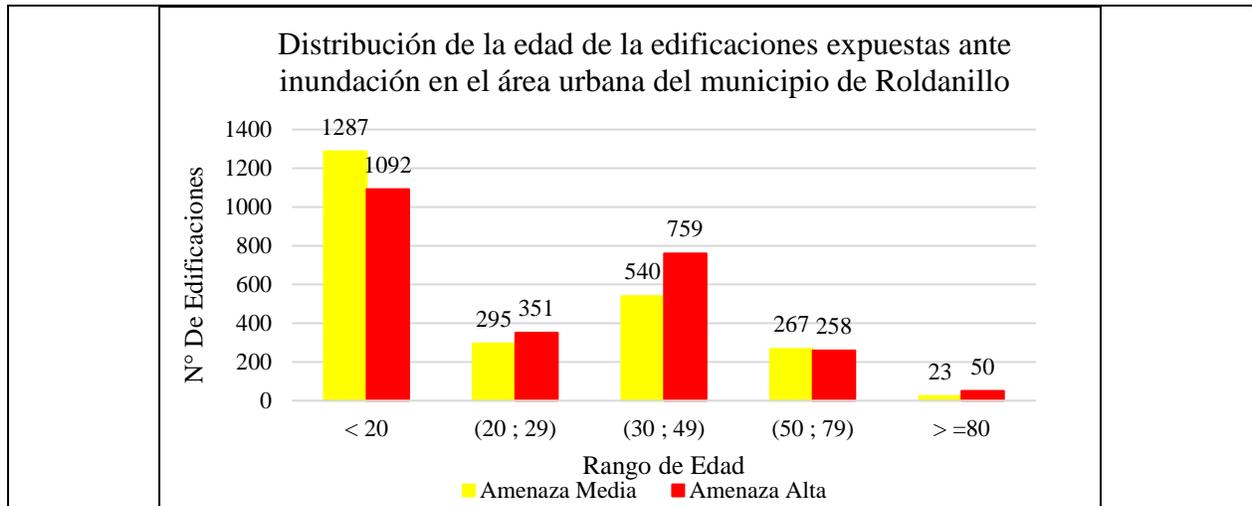
#### Variable 4:

- **Edad de la edificación.**

Para el análisis de la edad de las edificaciones, se obtuvo para exposición alta, 1092 edificaciones con una edad menor o igual a 20 años, 759 edificaciones con edades entre 30-49 años, 351 edificaciones con edades entre 20-29 años, 258 edificaciones con edades entre 50-79 años y 50 edificaciones con una edad mayor o igual a 80 años. Para amenaza media, 1287 edificaciones están alrededor de los 20 años, 540 edificaciones están en un rango de edad 30-49 años, 295 edificaciones están entre 20 -29 años, 267 edificaciones con edades entre 50-79 años y 23 edificaciones con edad mayor o igual 80 años (Tabla 3.11 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

**Tabla 3.11.** Edad de las edificaciones frente a la exposición por inundación de la zona urbana del municipio de Roldanillo

RANGOS EDAD	AMENAZA MEDIA	AMENAZA ALTA
< 20	1287	1092
(20 ; 29)	295	351
(30 ; 49)	540	759
(50 ; 79)	267	258
> =80	23	50
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>2412</b>	<b>2510</b>



**Figura 3.13.** Distribución de la edad de las edificaciones expuestas a inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

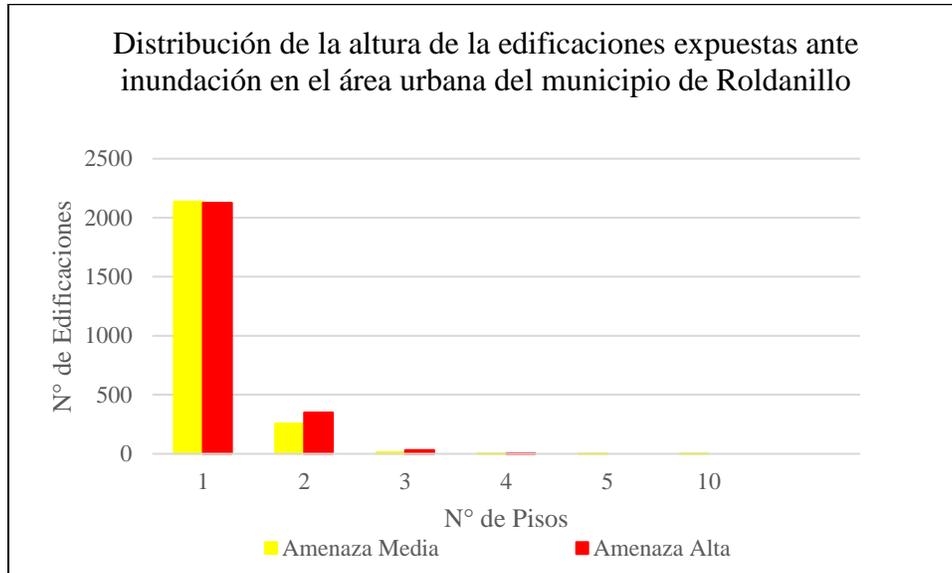
**Fuente:** elaboración propia.

**Variable 5:**

- **Altura de la edificación**

Por último, tenemos el número de pisos de las edificaciones. Para amenaza alta por inundación, se tiene 268 edificaciones con altura de 1 piso, y 20 edificaciones con 2 pisos. Y para amenaza media, 565 edificaciones con altura de 1 piso, 52 edificaciones de a 2 pisos y 5 edificaciones de 3 pisos (Tabla 3.12 y Figura 3.14).

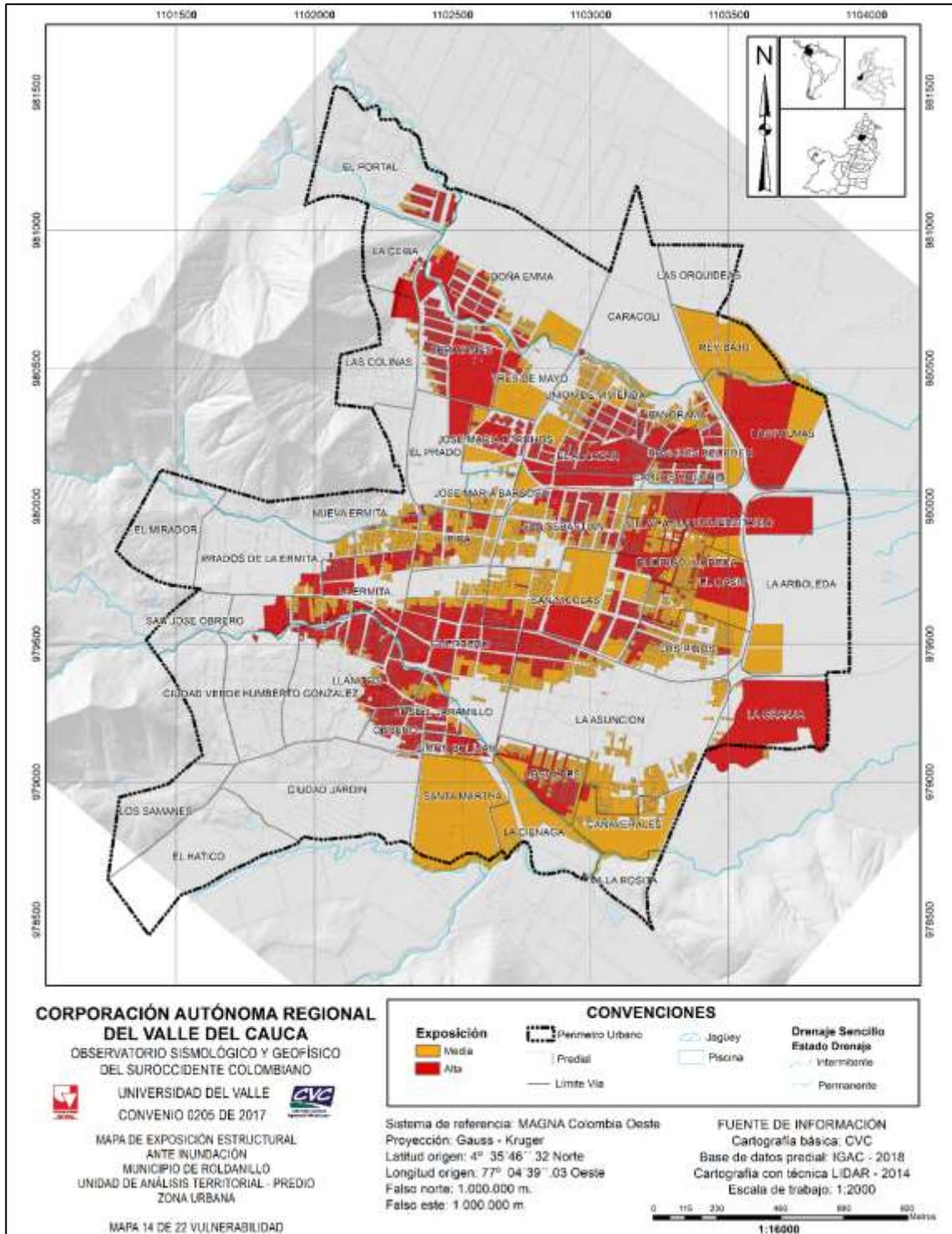
RANGOS EDAD	AMENAZA MEDIA	AMENAZA ALTA
< 20	1287	1092
(20 ; 29)	295	351
(30 ; 49)	540	759
(50 ; 79)	267	258
> =80	23	50
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>2412</b>	<b>2510</b>



**Figura 3.14.** Distribución del número de piso las edificaciones expuestas a inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

En la Figura 3.15 se presenta la espacialización de la información consolidada de los parámetros tenidos en cuenta para el análisis de la exposición de elementos estructurales ante inundaciones en el área urbana del municipio de Roldanillo.



**Figura 3.15.** Exposición de las edificaciones ante inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

### 3.2.1.3 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.

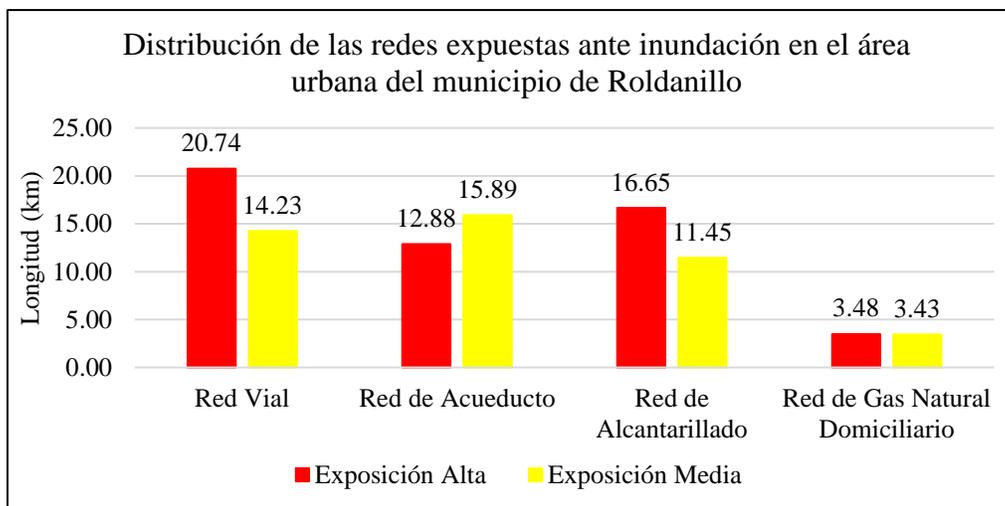
En la Tabla 3.12 y la Figura 3.16 se presentan la longitud (km) de la red vial, las redes de Acueducto, Alcantarillado y Gas Natural Domiciliario que se encuentran expuesta en las zonas de amenaza alta y media por inundación. La red vial se vería afectadas un total de 34,97 km de los cuales, 20,74 km está en amenaza alta y 14,27 en amenaza media; las redes de acueducto se verían afectadas un total de 28,77 km, de los cuales 12,88 km de longitud están expuesta en amenaza alta y 15,89 en amenaza media; la red de alcantarillado se afectarían 28,10 km de longitud de los cuales, 16,65 km están en amenaza alta y 11,45 km en amenaza media. Por último, se encuentra expuesta un total de 6,91 km de la red de gas natural de los cuales 3,48 km están en amenaza alta y 3,43 en amenaza media.

**Tabla 3.12.** Líneas vitales expuestas ante inundación del área urbana del municipio de Roldanillo

TIPO DE LÍNEA VITAL	LONGITUD (km)		TOTAL
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA	
Red Vial	20,74	14,23	34,97
Red de Acueducto	12,88	15,89	28,77
Red de Alcantarillado	16,65	11,45	28,10
Red de Gas Natural Domiciliario	3,48	3,43	6,91

**Fuente:** elaboración propia.

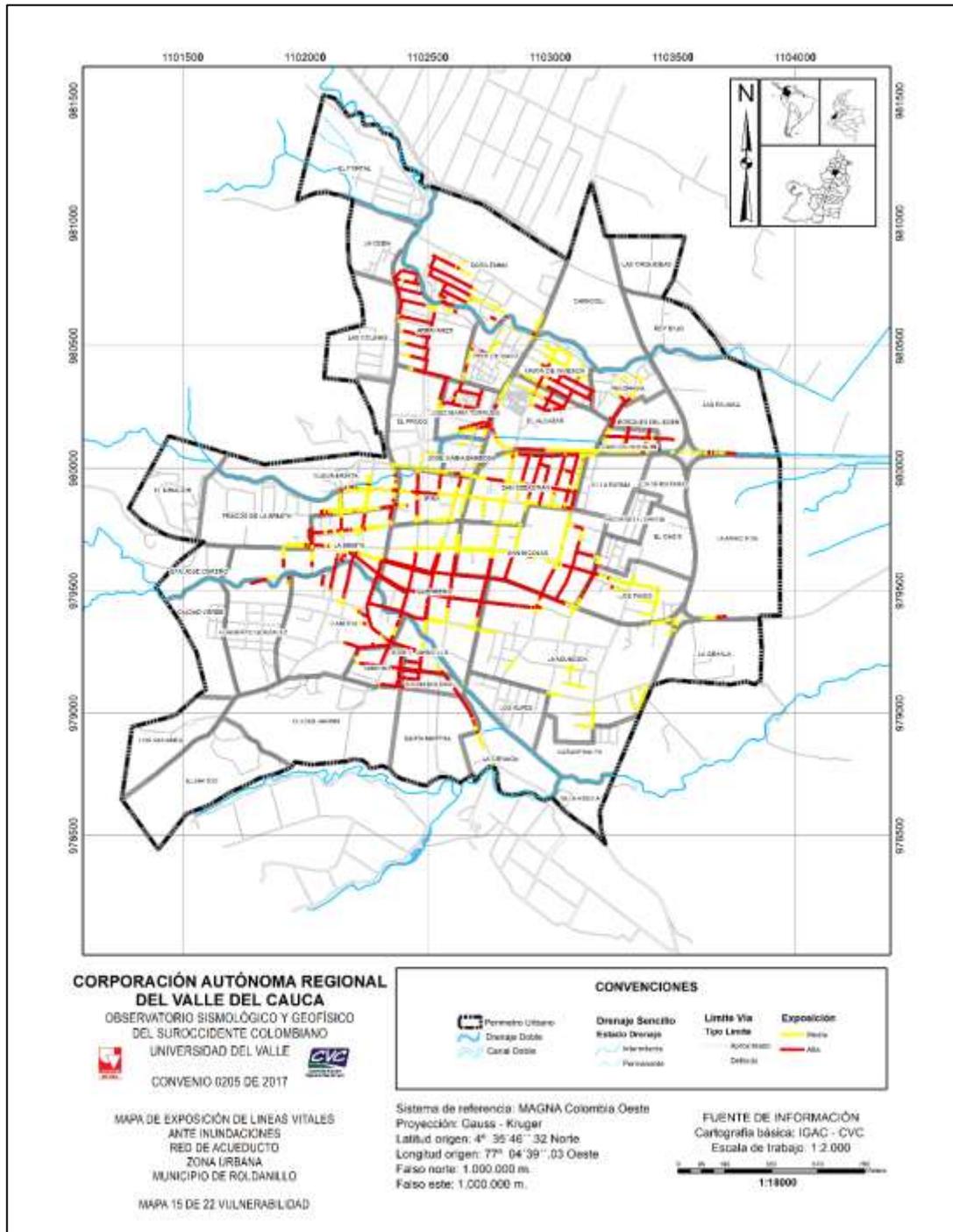
**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Roldanillo y Gases de Occidente S,A



**Figura 3.16.** Distribución de la red vial, redes acueducto, alcantarillado y gas natural domiciliario expuestas ante inundación del área urbana del municipio de Roldanillo

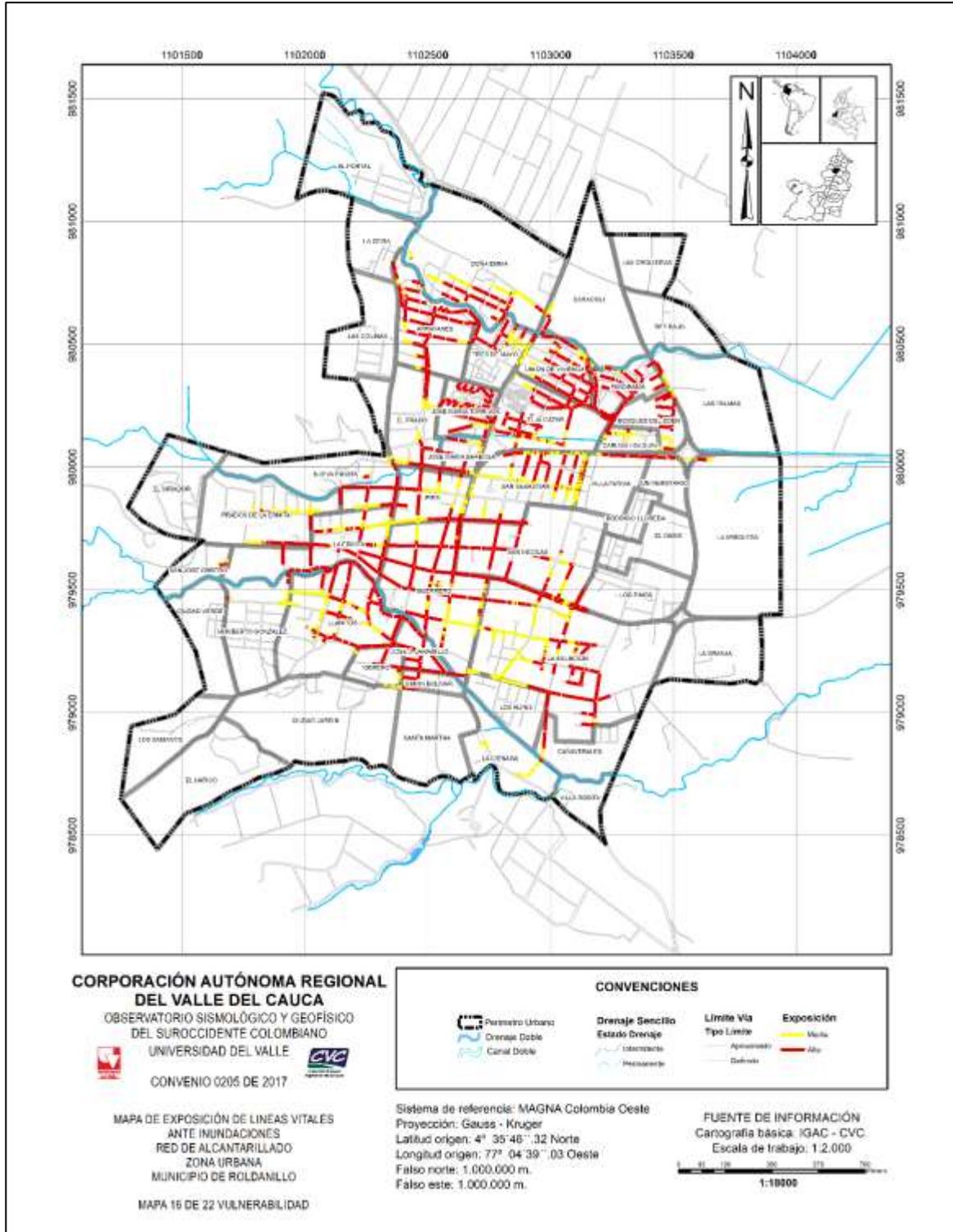
**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Roldanillo y Gases de Occidente S,A

En las **Figura 3.17** a la Figura 3.19 se espacializa las redes que se encuentran expuestas en amenaza alta y media del área urbana del municipio de Roldanillo.



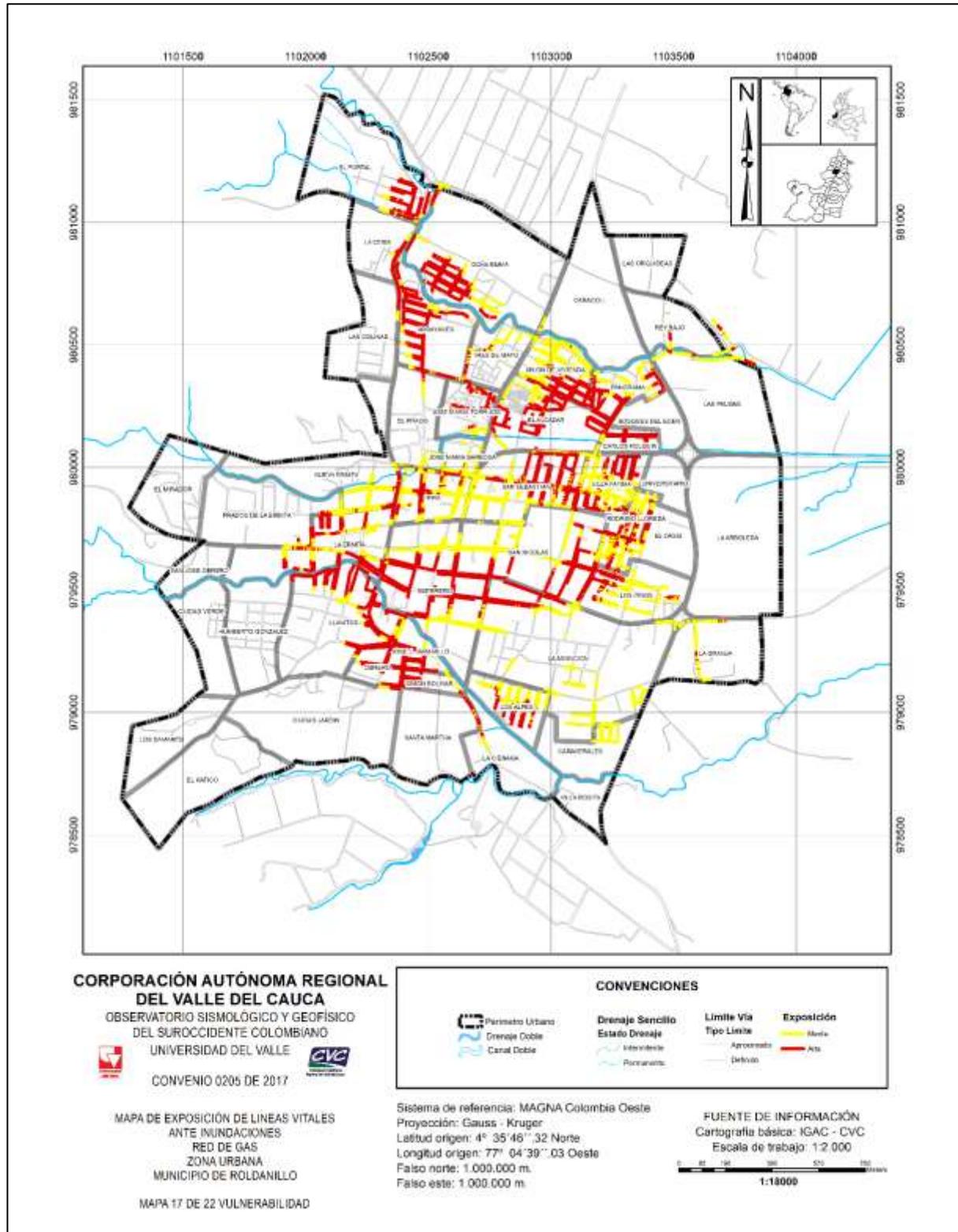
**Figura 3.17.** Exposición de la red de acueducto ante inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Roldanillo.



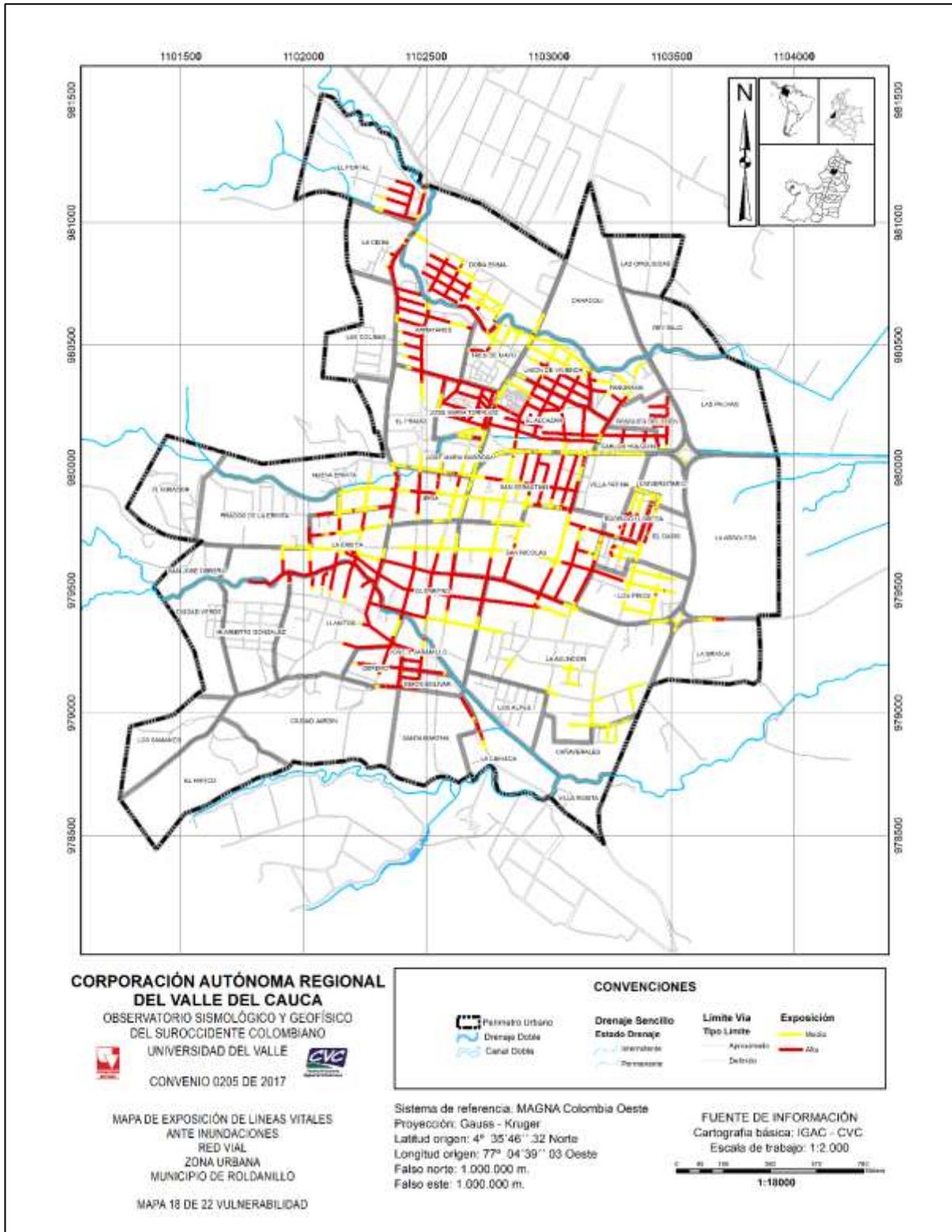
**Figura 3.18.** Exposición de la red de alcantarillado ante inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Roldanillo.



**Figura 3.19.** Exposición de la red de gas natural domiciliario ante inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

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



**Figura 3.20.** Exposición de la red vial ante inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Roldanillo.

### **3.2.2 Factor de Resistencia (factor de seguridad) de los elementos expuestos**

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

#### **3.2.2.1 Factor de Resistencia de los elementos corporales**

Para el análisis del factor de resistencia 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) edad de la persona y 2) número de personas con limitaciones físicas se obtuvo del Censo del 2005 por manzanas y rangos de edad. Estas dos variables se consideran importantes para el análisis de vulnerabilidad. La población total de la zona urbana del municipio es de 31047 personas, donde se obtuvo los siguientes resultados:

##### **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 3.13 se muestra la población con alta, media y baja resistencia que se encuentra expuesta en zonas de amenaza alta y media por inundación. La población que se encuentra con baja resistencia son 638 personas distribuidas en las manzanas 0107 con 287 personas y en la manzana 0116 de las cuales 128 personas es menor o igual a 9 años de edad, seguido del rango de edad entre 10-19 años con 119 personas, con 95 personas se encuentra el rango de edad entre 20-29 años, en el rango de edad entre 30-39 años se encuentra 93 personas, en el rango de edad entre 40-49 años se encuentra 89 personas y con 66 personas mayores o igual a 60 años de edad con factor de resistencia baja.

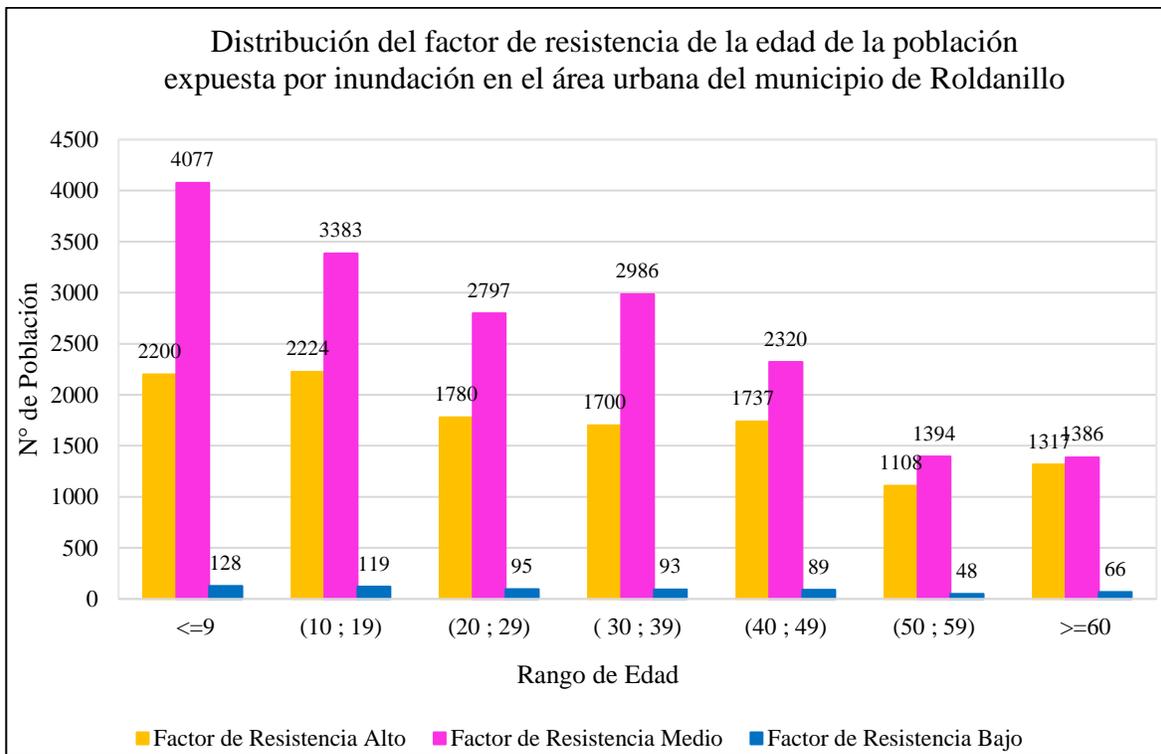
Con una resistencia media se encuentran una población de 18343 personas de las cuales 4077 personas son menores o igual a 9 años, 3383 están en el rango entre de 10-19 años de edad, 2986 personas están en el rango de edad entre 30-39 años, 2797 personas se encuentran entre los 20 y 29 años, 2320 se encuentran con edades entre 40 y 49 años, entre 50 y 59 años de edad se encuentra 1394 personas y 1386 personas son mayores o igual a 60 años de edad.

Con factor de resistencia alta se encuentran 12066 personas que es la población con alta resistencia ante la ocurrencia de una inundación el número de personas por cada rango son entre 10-19 años 2224, la población menor o igual a 9 años 2200, entre 20 y 29 años de edad son 1780, 1737 es la población entre 40 y 49 años seguido de la población entre 30 y 39 años. Por último, están las poblaciones mayores o igual a 60 años de edad con 1317 y entre 50 y 59 años de edad con 1108 personas (Figura 3.21).

**Tabla 3.13.** Factor de resistencia de la población por edad expuesta por inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

RANGO EDAD	FACTOR DE RESISTENCIA			TOTAL
	ALTA	MEDIA	BAJA	
<=9	2200	4077	128	6405
(10 ; 19)	2224	3383	119	5726
(20 ; 29)	1780	2797	95	4672
( 30 ; 39)	1700	2986	93	4779
(40 ; 49)	1737	2320	89	4146
(50 ; 59)	1108	1394	48	2550
>=60	1317	1386	66	2769
TOTAL	12066	18343	638	31047

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



**Figura 3.21.** Distribución de la Población por edad de acuerdo al factor de Resistencia ante inundación, en el área urbana del municipio de Roldanillo

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

#### Variable 2:

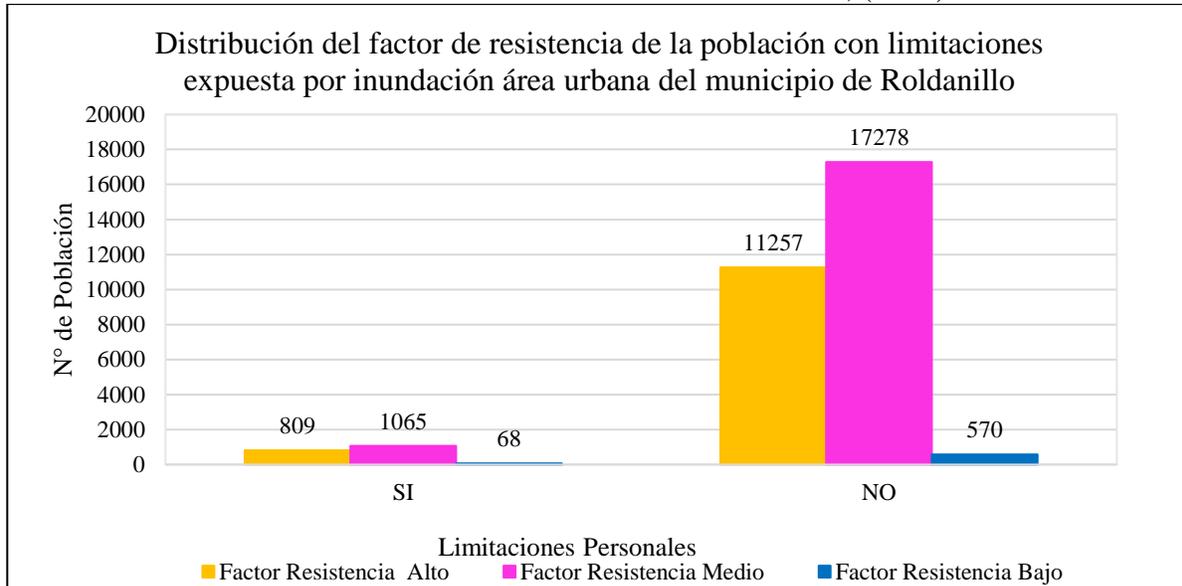
- **Población con limitaciones físicas**

El análisis del factor de resistencia de la variable población **con limitaciones físicas** de la zona urbana del municipio señala que 1984 personas presentan algún tipo de limitación física, de los cuales 809 personas tienen alta resistencia, 1065 tienen una resistencia media y 110 personas tienen baja resistencia ante la ocurrencia de una inundación (Tabla 3.14 y Figura 3.22).

**Tabla 3.14.** Factor de resistencia de la población con o sin limitaciones expuesta ante inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo.

NIVEL DE RESISTENCIA	NÚMERO DE PERSONAS CON O SIN LIMITACIÓN	
	SI	NO
Alta	809	11257
Media	1065	17278
Baja	68	570
TOTAL GENERAL	1942	29105

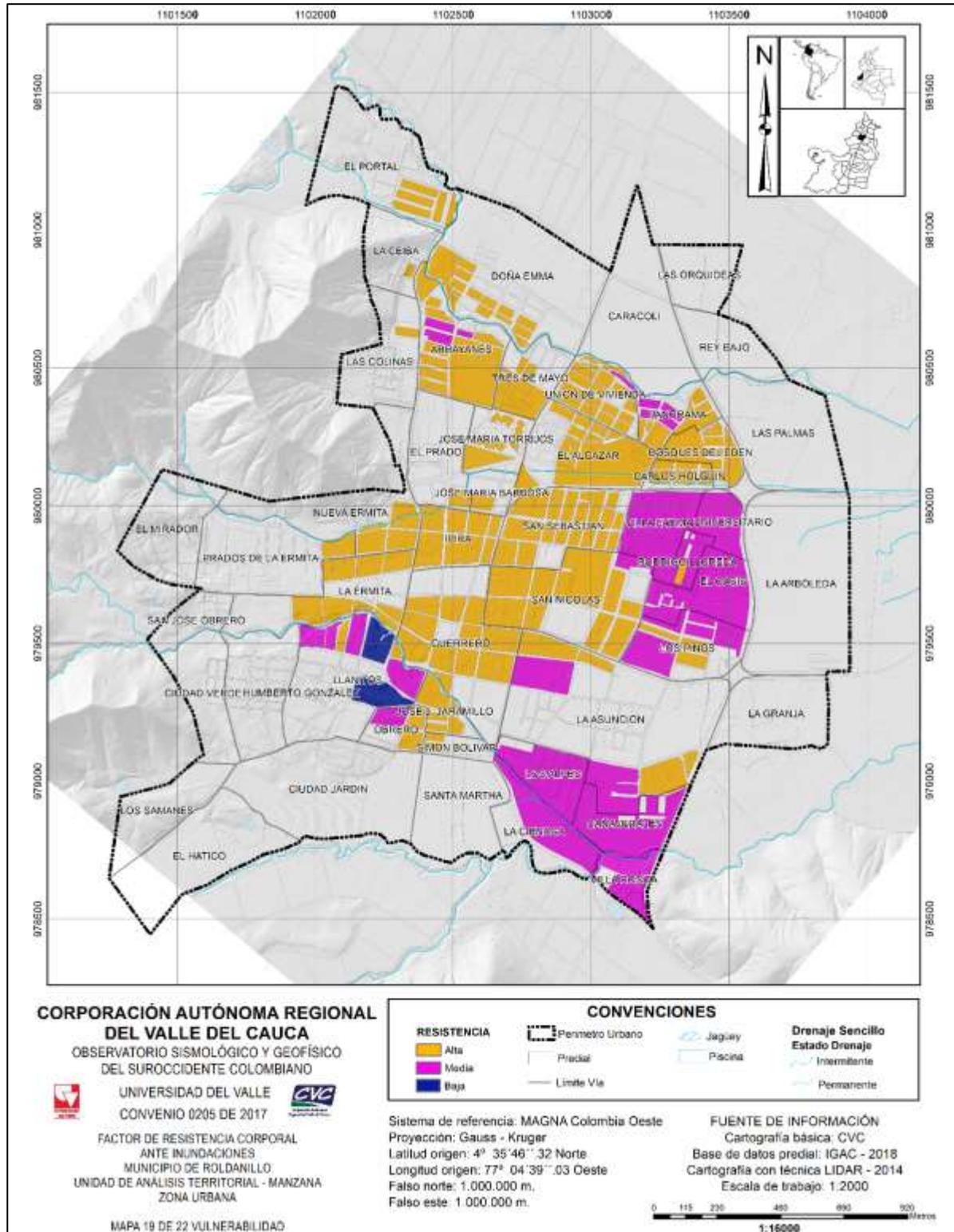
**Fuente:** elaborado con información del DANE, (2005).



**Figura 3.22.** Distribución del factor de resistencia de la población con o sin limitaciones frente a exposición por inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

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

En la Figura 3.23 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 el producto de ambos parámetros. La población que se consideró que era menos resistente frente a la inundación es la menor o igual a 9 años y mayor o igual a 60 años, así como la población que pueda tener algún tipo de limitación presentan baja resistencia, localizándose principalmente en las manzanas 0107 y 0116 que podrían ser afectadas por el desbordamiento del río Roldanillo en el barrio Llanitos.



**Figura 3.23.** Factor de resistencia de la población expuesta ante inundación en el municipio de Roldanillo

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

### 3.2.2.2 Factor de Resistencia de Elementos Estructurales

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 al tipo de material empleado en la construcción de la edificación, la geometría, el estado de conservación y la edad de la construcción.

Para este ítem se consideran los mismos factores analizados en exposición por inundación las variables 1) tipología de la edificación, 2) estado de conservación, 3) edad de la edificación y 4) número de pisos de la edificación, la cual se les realizó el siguiente análisis:

#### Variable 1:

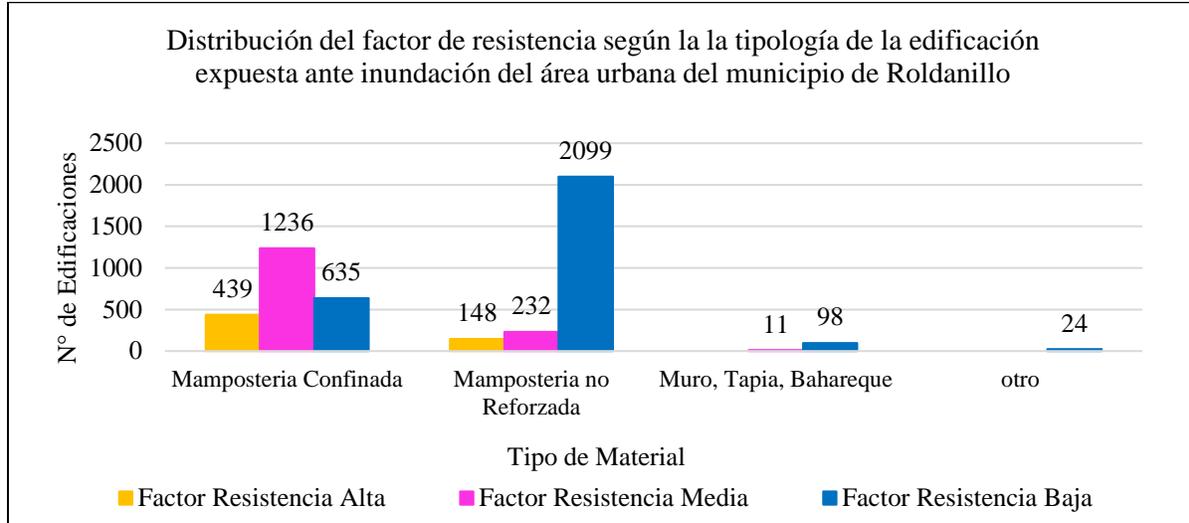
- Tipología de la edificación

Para el análisis del factor de resistencia según la tipología de la edificación los 4992 predios, se encuentran 2856 edificaciones con factor de resistencia baja, de los cuales 2099 edificaciones están construidas en mampostería no reforzada, seguida de la mampostería confinada con 635 edificaciones, 98 edificaciones en muro, tapia y bahareque 24 edificaciones. Con factor de resistencia moderados se encuentran 1479 edificaciones de los cuales 1236 en mampostería confinada, 232 edificaciones en mampostería no reforzada, seguidos de 11 edificaciones en muro, tapia y bahareque. Por último se encuentran 587 edificaciones con alta resistencia de los cuales, 439 están construidas en mampostería confinada y 148 edificaciones en mampostería no reforzada (Tabla 3.15 y Figura 3.24).

**Tabla 3.15.** El Factor de resistencia según la tipología de la edificación del área urbana del municipio de Roldanillo

TIPO CONSTRUCCIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Mampostería Confinada	439	1236	635
Mampostería no Reforzada	148	232	2099
Muro, Tapia, Bahareque		11	98
Otro			24
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>587</b>	<b>1479</b>	<b>2856</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.24.** Distribución del factor de resistencia según la tipología de la edificación ante inundación en la zona urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

**Variable 2:**

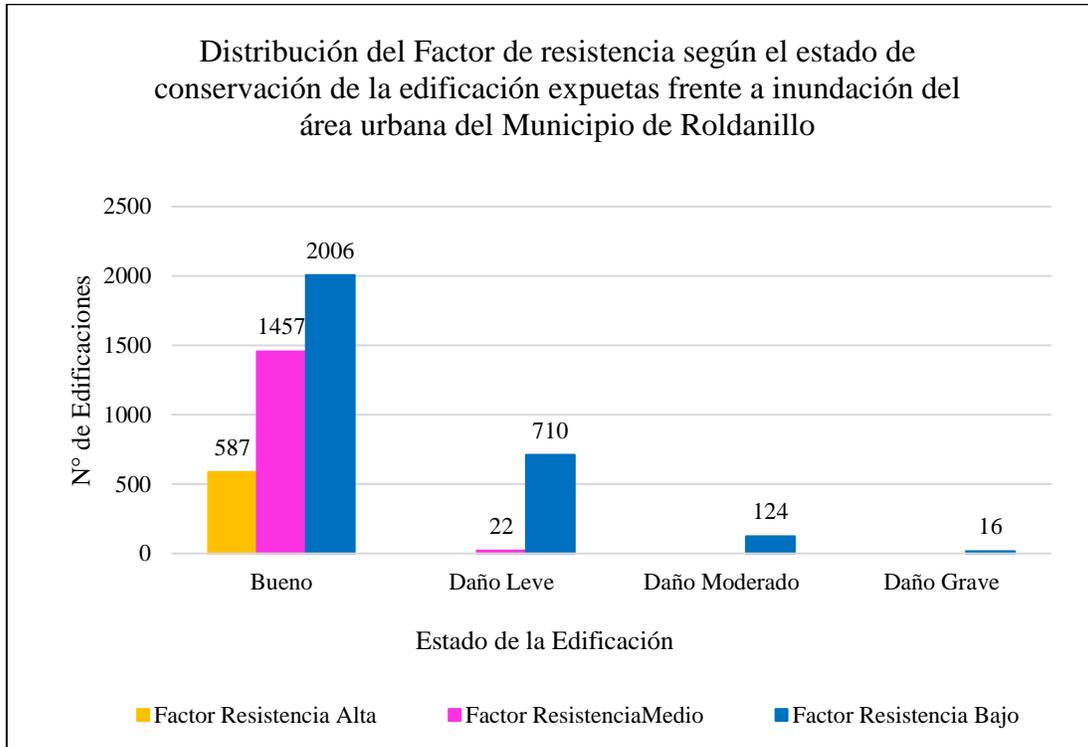
- **Estado de conservación de la edificación**

El análisis del factor de resistencia según el estado de conservación, se definió con las categorías: bueno, daños leves, daños moderados y daños graves. En la Tabla 3.16 se presenta que 2856 edificaciones tienen baja resistencia, de los cuales 2006 edificaciones se encuentran en buen estado; 710 edificaciones presentan daños leves, 124 se encuentran con daños moderados y 16 con daños graves. Seguido de 1479 edificaciones con factor de resistencia media, de las cuales 1457 edificaciones en estado de conservación bueno y 22 edificaciones se encuentran con daños leves. Por último, se encuentran 587 edificaciones con resistencia alta en buen estado. En la Figura 3.25 se presenta su distribución.

**Tabla 3.16.** Factor de resistencia según el estado de conservación de las edificaciones frente a la exposición por inundación del área urbana del municipio de Roldanillo

ESTADO DE CONSTRUCCIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Bueno	587	1457	2006
Daño Leve		22	710
Daño Moderado			124
Daño Grave			16
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>587</b>	<b>1479</b>	<b>2856</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.25.** Distribución del factor de resistencia según el estado de conservación de las edificaciones ante inundación del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

### Variable 3:

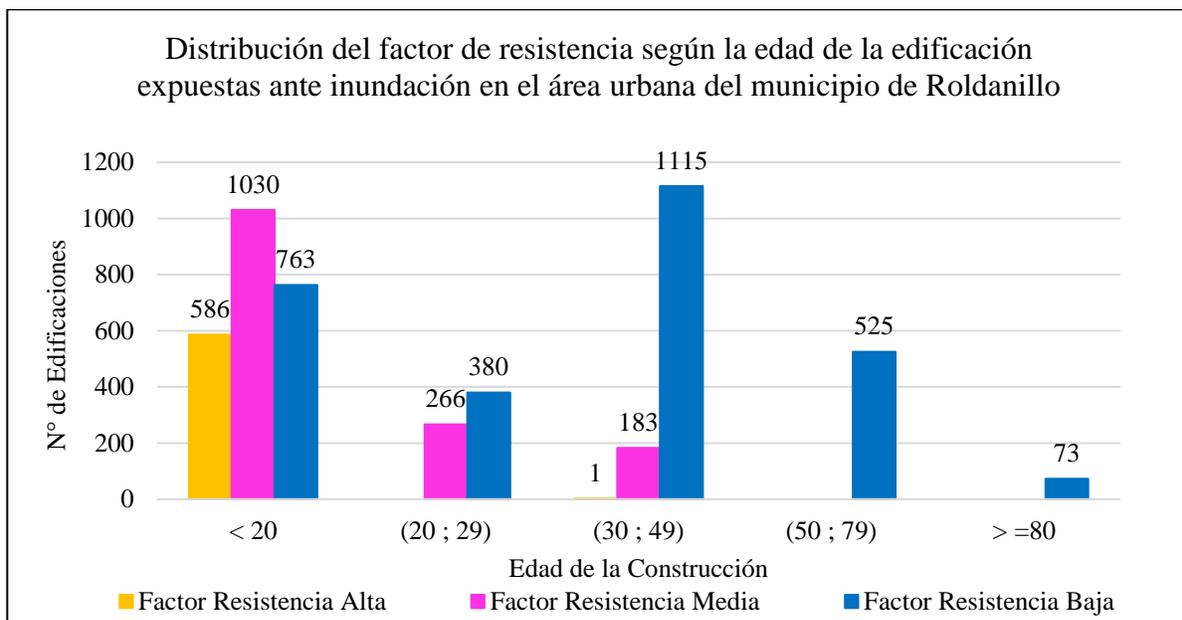
- **Edad de la edificación**

El factor de resistencia según la edad de la edificación se muestra en la Tabla 3.17 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 2856 edificaciones tienen baja resistencia, 1115 edificaciones se encuentra en el rango de 30-49 años de haber sido construidas; seguido del rango menores de 20 años con 763 edificaciones, se encuentran 525 edificaciones en el rango de edad entre 50-79 años; 380 edificaciones entre 20-29 años. Por último, están 73 edificaciones que tienen mayor o igual a 80 años de haber sido construidas. Con resistencia media se encuentran 1479 edificaciones, de estas 1030 tienen menos de 20 años de construcción, 266 edificaciones están entre 20 y 29 años de construcción y 183 edificaciones están entre 30 y 49 años. Por último están las edificaciones con alta resistencia con 586 edificaciones que tienen menos de 20 años de construcción y una edificación entre 30 y 49 años de haber sido construida (Figura 3.26).

**Tabla 3.17.** Factor de resistencia según la edad de la edificación expuestas frente a inundación del área urbana del municipio de Roldanillo

EDAD EDIFICACIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA		
	ALTA	MEDIA	BAJA
< 20	586	1030	763
(20 ; 29)		266	380
(30 ; 49)	1	183	1115
(50 ; 79)			525
> =80			73
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>587</b>	<b>1479</b>	<b>2856</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 3.26.** Distribución del factor de resistencia según la edad de las edificaciones expuestas ante inundación del área urbana del municipio de Roldanillo.

**Fuente:** elaboración propia.

#### Variable 4:

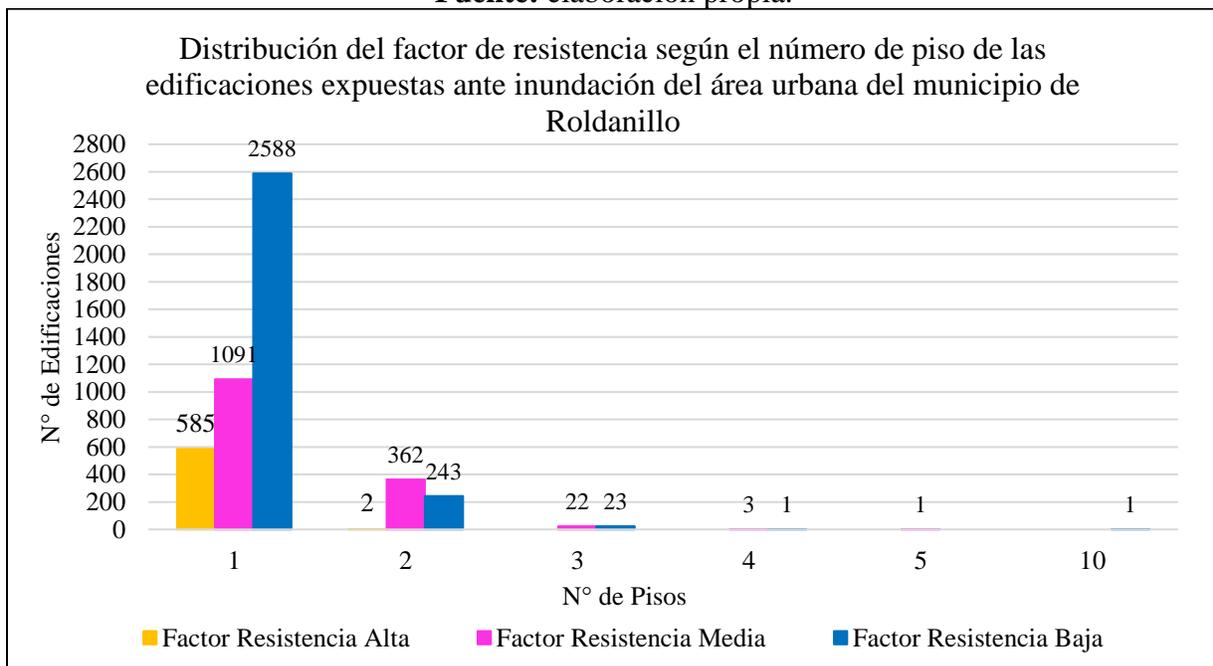
- **Altura de la edificación**

El factor de resistencia según el número de pisos de las edificaciones expuestas ante inundaciones señala que con baja resistencia se encuentran 2856 edificaciones de los cuales 2588 edificaciones son de 1 piso, 243 edificaciones con 2 pisos, 23 edificaciones de 3 piso, 1 edificación de 4 pisos y 1 edificación entre 5 y 10 pisos. Con resistencia media de las edificaciones se encuentran expuestos 1479 edificaciones de las cuales, 1091 edificaciones con altura de 1 piso, 362 edificaciones de 2 pisos, 22 edificaciones de 3 pisos, 3 edificaciones de 4 pisos y 1 edificación de 5. Por último se encuentran las edificaciones con alta resistencia 587, las cuales 585 edificaciones son de 1 piso y 2 edificaciones de 2 pisos (Tabla 3.18 y la Figura 3.27 ).

**Tabla 3.18.** Número de pisos de las edificaciones expuestas a inundación del área urbana del municipio de Roldanillo

N° PISOS	NÚMERO DE EDIFICACIONES		
	FACTOR RESISTENCIA ALTA	FACTOR RESISTENCIA MEDIA	FACTOR RESISTENCIA BAJA
1	585	1091	2588
2	2	362	243
3		22	23
4		3	1
5		1	
10			1
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>587</b>	<b>1479</b>	<b>2856</b>

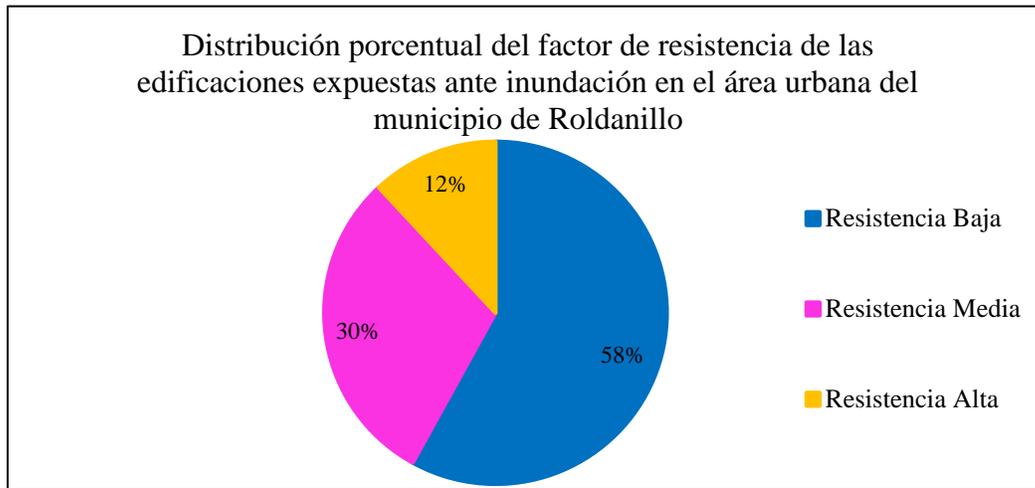
Fuente: elaboración propia.



**Figura 3.27.** Distribución del factor de resistencia según el número de piso de las edificaciones expuestas ante inundación del área urbana del municipio de Roldanillo

Fuente: elaboración propia.

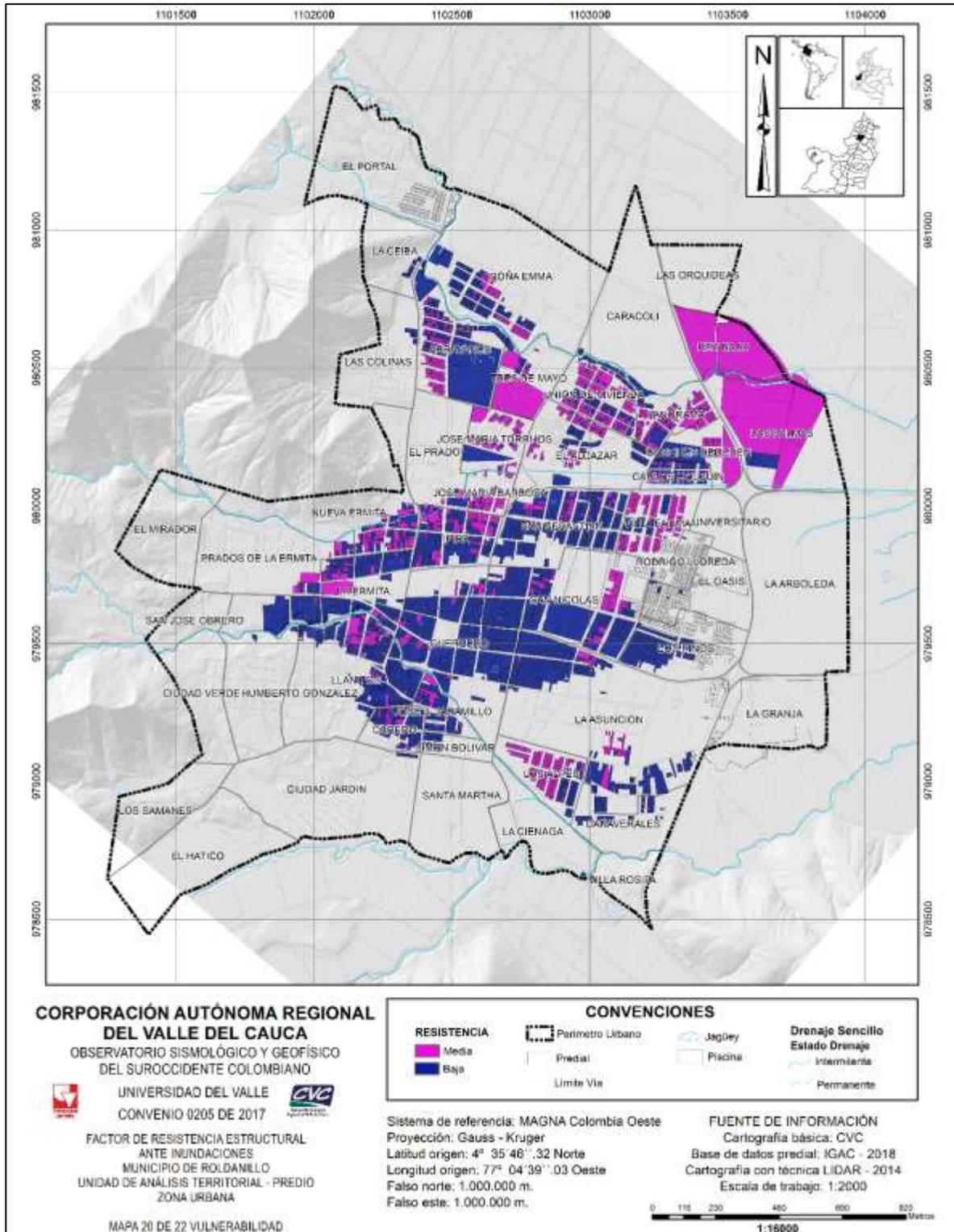
En la Figura 3.28 se presenta la distribución porcentual de los niveles del factor de resistencia, donde el 58% de las edificaciones tienen baja resistencia, el 30% tienen una resistencia moderada y solo el 12 % de las edificaciones tiene una resistencia alta.



**Figura 3.28.** Distribución porcentual del factor de resistencia de las edificaciones expuestas ante inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 3.29 se presenta la espacialización del factor de resistencia de los elementos estructurales teniendo en cuenta los parámetros de magnitud e intensidad de las modelación hidráulica correspondientes a la velocidad hasta de 8 m/s o una profundidad del agua hasta de 0,90 m o la sumatoria de ambos parámetros y considerando la tipología, la edad, el estado de conservación y la altura de las edificaciones.



**Figura 3.29.** Factor de resistencia estructural ante inundación en la zona urbana del municipio de Roldanillo

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

### 3.3 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD

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 Roldanillo.

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

#### 3.3.1 Vulnerabilidad Corporal (población)

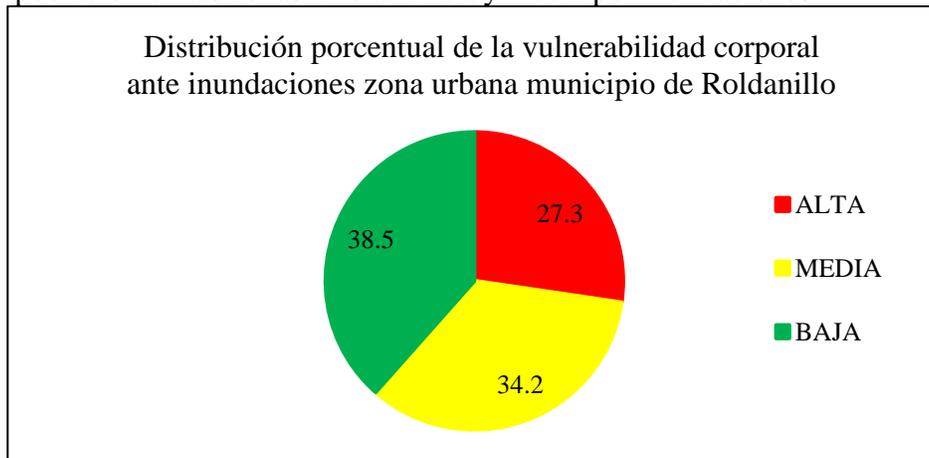
En el análisis de la vulnerabilidad corporal se consideró la exposición y el factor de resistencia ante inundaciones de la población del área urbana del municipio de Roldanillo. Se encuentra una población total de 11.454 con una vulnerabilidad alta, media y baja localizada en 231 manzanas con un área de 898.956 m<sup>2</sup>. En vulnerabilidad alta se encuentra una población de 4.784 personas localizadas en las 64 manzanas con un área de 245.591 m<sup>2</sup>. La población con vulnerabilidad media es de 2.862 localizándose en 91 manzana con un área de 307.634 m<sup>2</sup>. Por último, se encuentra la población de 3.808 personas con vulnerabilidad baja, distribuida en 76 manzanas con un área de 345.731 m<sup>2</sup> (Tabla 3.19).

**Tabla 3.19.** Vulnerabilidad corporal por área de manzanas del área urbana del municipio de Roldanillo

NIVEL DE VULNERABILIDAD CORPORAL	POBLACIÓN POR MANZANA (DANE,2005)	MANZANAS	ÁREA (M <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%) ÁREA	PREDIOS
ALTA	4784	64	245.591	27.3	1.273
MEDIA	2862	91	307.634	34.2	1.620
BAJA	3808	76	345.731	38.5	1.600
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>11454</b>	<b>231</b>	<b>898.956</b>	<b>100</b>	<b>4493</b>

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

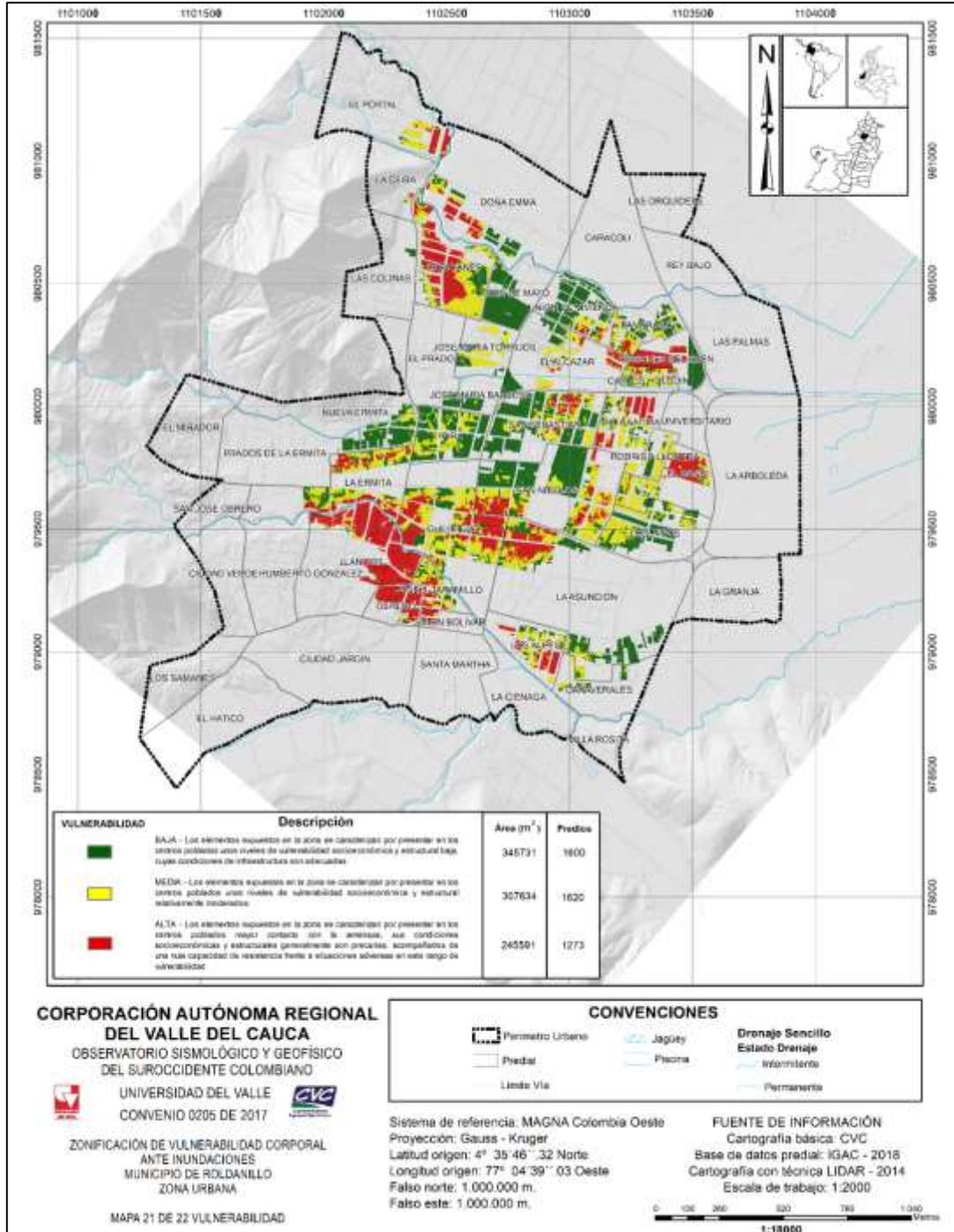
En la Figura 3.30 se presenta la distribución porcentual de la vulnerabilidad corporal en la que se encuentra la población en las zonas amenaza lata y media por inundaciones.



**Figura 3.30.** Distribución porcentual de la vulnerabilidad corporal ante inundaciones en la zona urbana del municipio de Roldanillo, Valle del Cauca

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 3.31 se espacializa la vulnerabilidad corporal ante inundaciones en el área urbana del municipio de Roldanillo. En la figura se visualiza que la mayor vulnerabilidad alta y media de la población se presenta en la margen derecha del río Roldanillo en las manzanas de los barrios Llanitos y José Joaquín Jaramillo y al norte en el barrio Los Arrayanes.



**Figura 3.31.** Mapa vulnerabilidad corporal por inundación de la zona urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

### 3.3.2 Vulnerabilidad Estructural (edificaciones)

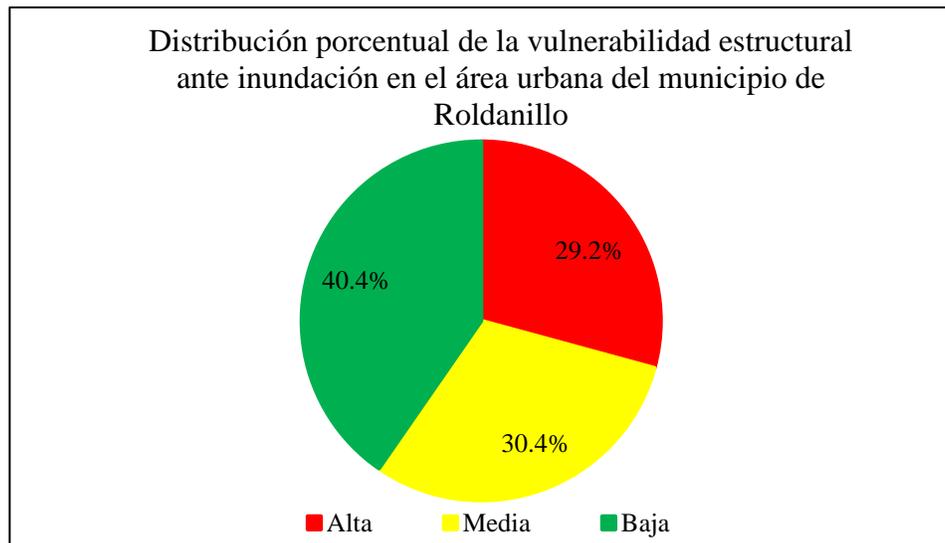
En el análisis de vulnerabilidad estructural se clasificó alta, media y baja por área m<sup>2</sup> del predio con un total de 4.898 predios y un área de 1.268.024 m<sup>2</sup>. En vulnerabilidad alta se encuentran 1.416 edificaciones con un área de 370.621 m<sup>2</sup>; 1.761 edificaciones en vulnerabilidad media con un área de 385.643 m<sup>2</sup> y en vulnerabilidad baja se encuentran 1.721 edificaciones con un área 511.759m<sup>2</sup> (Tabla 3.20).

**Tabla 3.20.** Vulnerabilidad estructural en m<sup>2</sup> del área urbana del municipio de Roldanillo

NIVEL DE VULNERABILIDAD	N° DE PREDIOS	ÁREA (m <sup>2</sup> ) PREDIAL	PORCENTAJE (%) ÁREA
Alta	1.416	370.621	29.2
Media	1.761	385.643	30.4
Baja	1.721	511.759	40.4
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>4.898</b>	<b>1.268.024</b>	<b>100</b>

**Fuente:** elaboración propia.

En la Figura 3.32 se presenta el porcentaje de los niveles de vulnerabilidad alta, media y baja, respecto a la vulnerabilidad estructural de las edificaciones donde el 40.4% de las edificación tienen vulnerabilidad baja, el 30.4% tienen vulnerabilidad alta y el 29.2% de las edificaciones tienen una vulnerabilidad media.

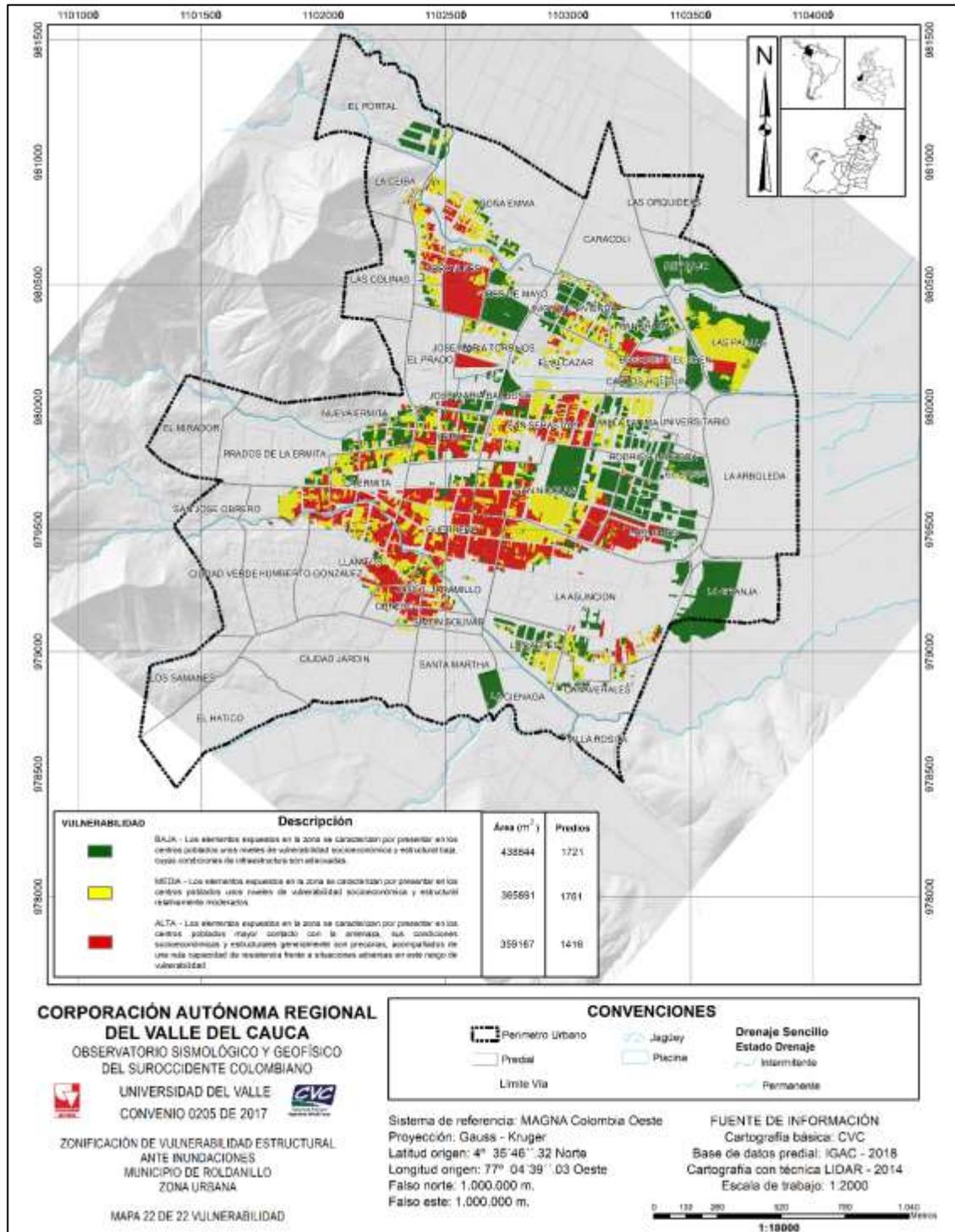


**Figura 3.32.** Distribución porcentual de la vulnerabilidad estructural ante inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 3.33 se espacializa la vulnerabilidad estructural ante inundaciones en el área urbana del municipio de Roldanillo. En la figura se visualizan los barrios los Arrayanes, Doña Emma, Unión de Vivienda Popular, Bosques del Edén, San Sebastián, San Nicolás, Los Pinos, La Ermita, Ipira, Guerrero, Llanitos, Obrero, José Joaquín Jaramillo, Simón Bolívar, siendo los barrios con mayor vulnerabilidad estructural alta. En vulnerabilidad estructural media se encuentran los barrios La Ceiba en la parte baja, la mayor parte del barrio San Nicolás, la Ermita, Jose María Torrijos, El

Alcazar, Carlos Holguín y Villa Fátima. Con vulnerabilidad baja se encuentran los barrios, El Portal, Tres de Mayo, Panorama, Rey Bajo, Rodrigo Lloreda, el Oasis y Los Alpes La Granja.



**Figura 3.33.** Mapa de vulnerabilidad estructural ante inundación de la zona urbana del municipio de Roldanillo.

**Fuente:** elaboración propia

## 4 ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN

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 Roldanillo, 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 caracterizan por presentar niveles de amenaza baja con unas condiciones de vulnerabilidad bajas.
- Afectación Media: son las zonas que se caracterizan 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 ESCENARIO DE AFECTACIÓN CORPORAL

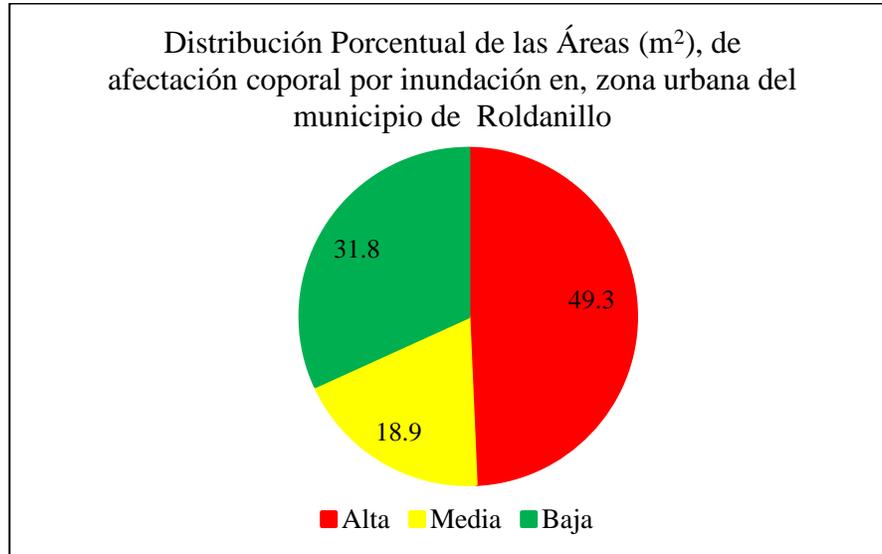
El escenario de afectación corporal con un área total de 900874 m<sup>2</sup>, de los cuales 4440203 m<sup>2</sup> corresponde a un área de afectación alta con una población de 5627 personas, en afectación corporal media un área de 170333 m<sup>2</sup> con una población de 3383 personas y una afectación corporal baja un área de 286337m<sup>2</sup> con una población de 2138 personas ante el fenómeno de inundación (Tabla 4.1)

**Tabla 4.1.** Escenario de afectación corporal ante inundaciones, área urbana del municipio de Roldanillo

AFECTACIÓN CORPORAL	POBLACIÓN POR MANZANA (DANE, 2005)	ÁREA (M <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DE ÁREA (%)	PREDIOS
Alta	5627	444203	49.3	2200
Media	3383	170333	18.9	912
Baja	2138	286337	31.8	1376
<b>TOTAL</b>	<b>11148</b>	<b>900874</b>	<b>100</b>	<b>4488</b>

**Fuente:** elaboración propia con información suministrada por DANE, 2005.

En la Figura 4.1 se presenta la distribución porcentual de las áreas de afectación corporal, es decir el área que se encuentra la población que se vería afectado ante la ocurrencia de un evento de inundación.



**Figura 4.1.** Distribución porcentual del área (m<sup>2</sup>) de afectación corporal por inundación, zona urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia con información suministrada por DANE, 2005.

En la Figura 4.2 se especializa la información de a la distribución porcentual de las áreas de afectación corporal, es decir el área que se encuentra la población que se vería afectado ante la ocurrencia de un evento de inundación. La zonas que la población presenta afectación alta y media se localizan hacía el sur, al noroccidente y al nororiente y las zonas que la población una afectación baja se concentran especialmente en el centro y norte del municipio de la zona urbana.

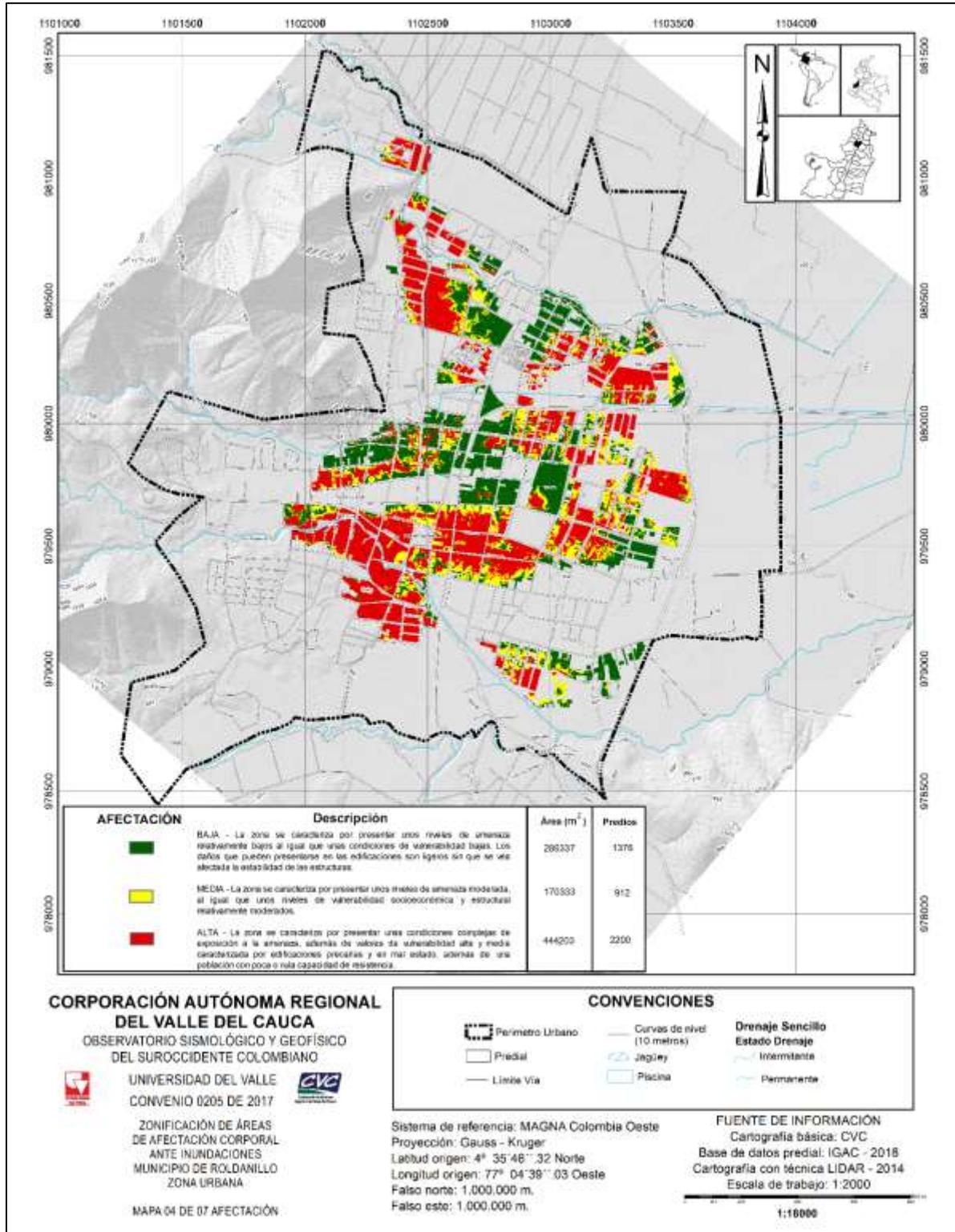


Figura 4.2. Áreas de afectación corporal ante inundaciones de la zona urbana municipio de Roldanillo

Fuente: elaboración propia

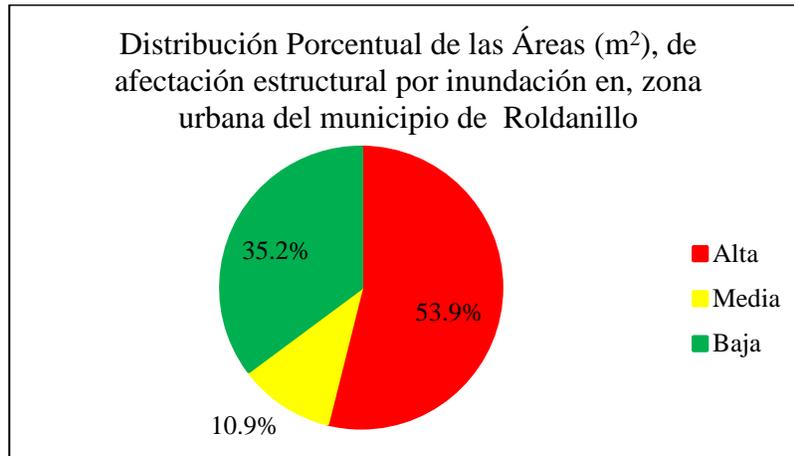
## 4.2 ESCENARIO DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL

El escenario de afectación estructural con un área de 289536,1 m<sup>2</sup>, da como resultado un área de afectación alta de 683.518,1 m<sup>2</sup> con un 53,9%, afectación estructural media con un área de 138.579,9 m<sup>2</sup> correspondiente al 10,9 % y una afectación estructural baja con un área de 445.927,1 m<sup>2</sup> con el 35,2 % ante el fenómeno de inundación (Tabla 4.2 y Figura 4.3).

**Tabla 4.2.** Escenario de afectación estructural ante inundaciones, área urbana del municipio de Roldanillo

NIVEL DE AFECTACIÓN	ÁREA_PREDIAL (M <sup>2</sup> )	% ÁREA PREDIAL
Alta	683.518,1	53.9
Media	138.579,9	10.9
Baja	445.927,1	35.2
<b>Total General</b>	<b>1268024,1</b>	<b>100</b>

**Fuente:** elaboración propia

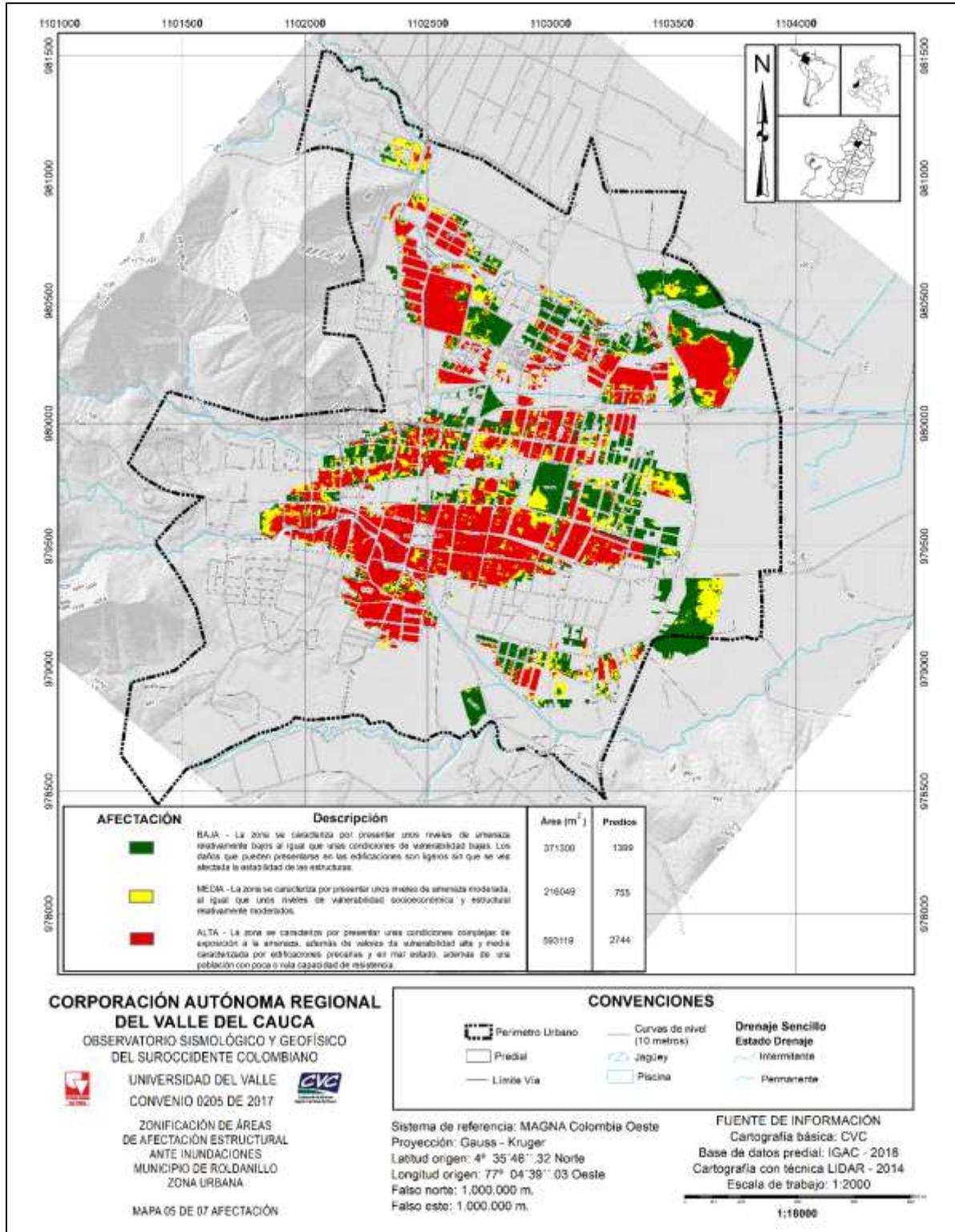


**Figura 4.3.** Distribución porcentual del área (m<sup>2</sup>) de afectación estructural por inundación, zona urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 4.4 se espacializa las áreas que podrían ser afectada las edificaciones ante la ocurrencia de una inundación en la zona urbana del municipio de Roldanillo.

En la



**Figura 4.4.** Áreas de afectación estructural ante inundaciones de la zona urbana municipio de Roldanillo

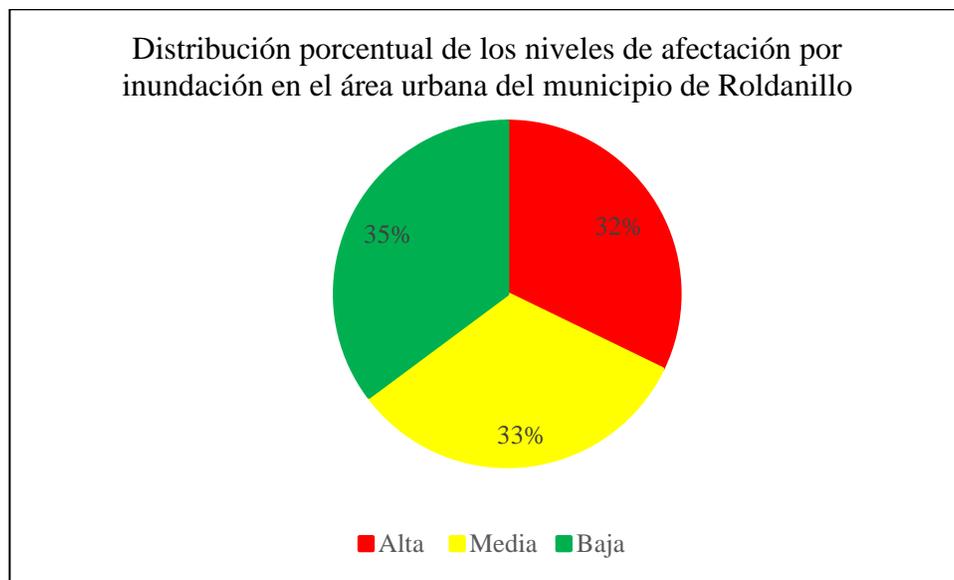
**Fuente:** elaboración propia

### 4.3 ESCENARIO DE AFECTACIÓN TOTAL

En la Tabla 4.3 se presenta el número de la población por manzana y el área de cada una de las edificaciones que se localizan en los niveles de afectación alta, media y baja.

**Tabla 4.3.** Afectación del área urbana del municipio de Roldanillo

NIVEL AFECTACIÓN	N° DE PREDIOS	ÁREA M <sup>2</sup>	PORCENTAJE DEL ÁREA DE AFECTACIÓN
Alta	1429	335964.8	32%
Media	1940	340551.1	33%
Baja	1323	367077.5	35%
<b>TOTAL</b>	<b>4692</b>	<b>1043593.4</b>	<b>100%</b>



**Figura 4.5.** Distribución porcentual de los niveles de afectación por inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 4.5, muestra la distribución porcentual de los niveles de afectación por inundación en el área urbana del municipio:

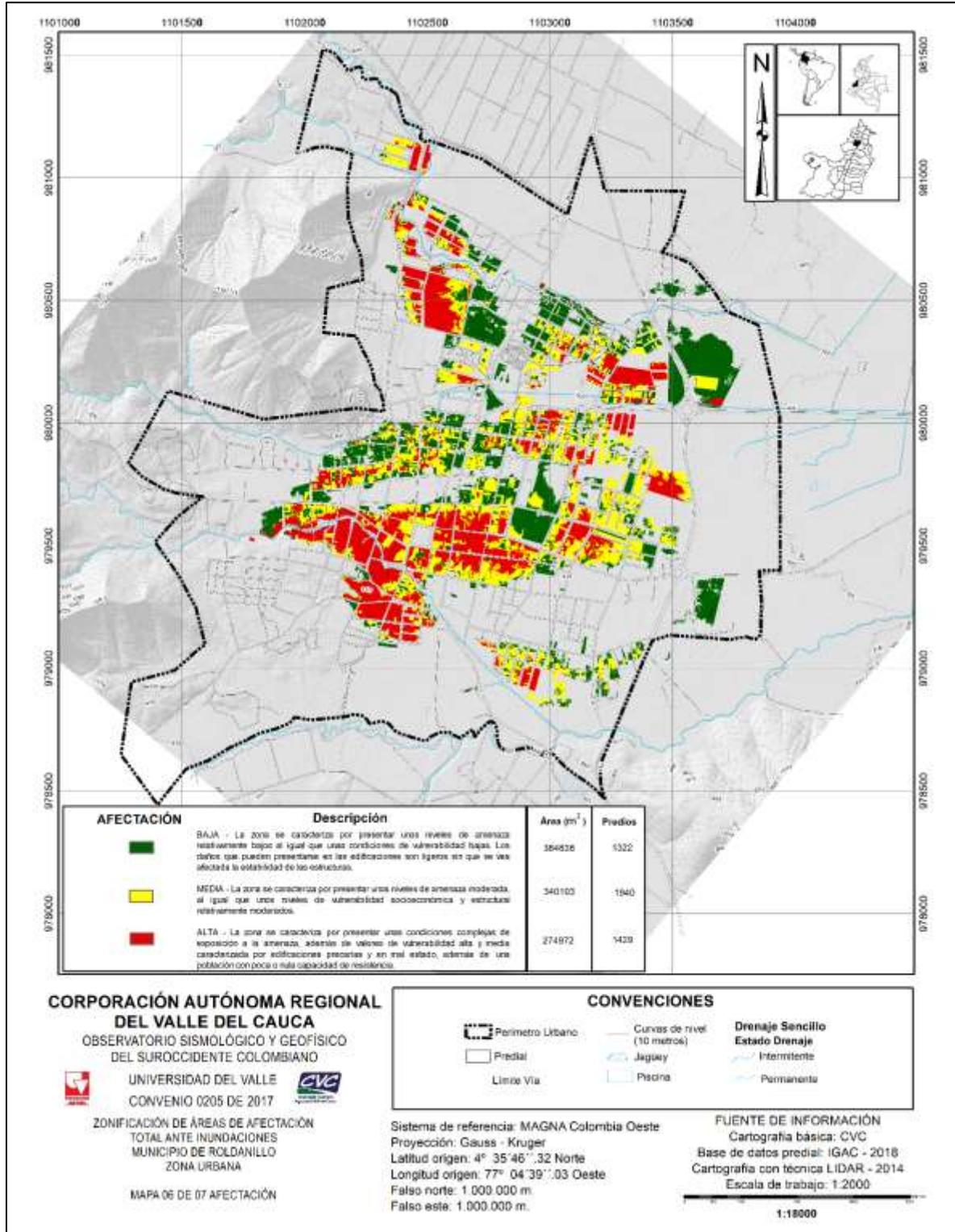
- Afectación Baja: corresponde al 35% del área urbana, estas zonas presentan niveles de amenaza baja al igual que condiciones de vulnerabilidad bajas. Los daños que pueden presentarse en las edificaciones son ligeros no estructurales, sin que se vea afectada la estabilidad de las mismas.
- Afectación Media: corresponde al 33% 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 32% 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 disminuir las afectaciones ante la ocurrencia de una inundación.

Los resultados arrojados en análisis de afectación en la ponderación de la afectación corporal y afectación estructural ante inundaciones presentan cifras similares en los tres niveles de afectación, sin embargo las áreas que se clasificaron con niveles de afectación alta y media se deben implementar de programas, acciones y medidas tendientes a disminuir la afectación.

En la Figura 4.6 se espacializa las áreas que podrían ser afectadas ante la ocurrencia de una inundación en la zona urbana del municipio de Roldanillo.



**Figura 4.6.** Áreas de afectación total ante inundaciones de la zona urbana municipio de Roldanillo

Fuente: elaboración propia

#### 4.4 ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR INUNDACIÓN MUNICIPIO DE ROLDANILLO

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 inundación, 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).

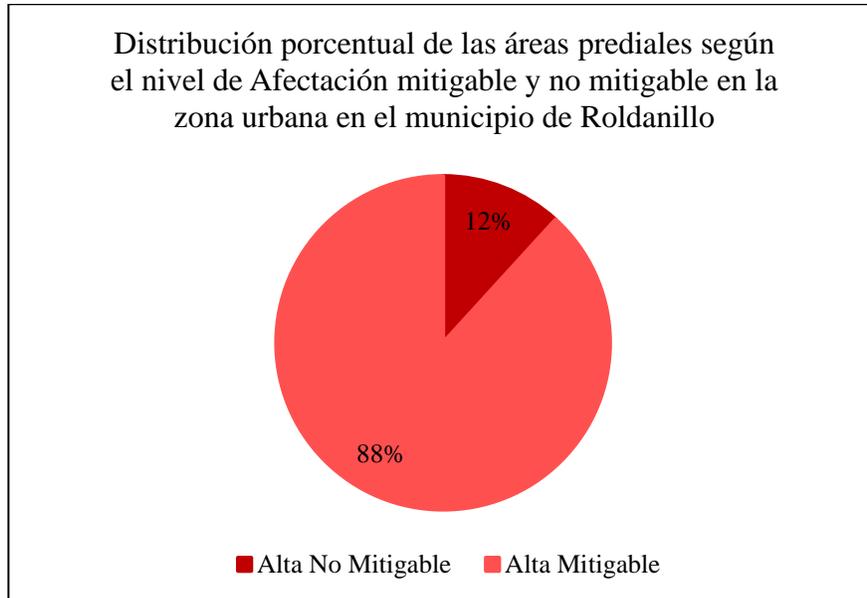
Para este estudio, la zona de alto riesgo no mitigable se hizo un Buffer a distancia de 30 metros de a ambos lados de las fuentes hídricas analizadas, esta área correspondería a la franja de protección de la zona urbana del municipio de Roldanillo, con el respectivo Buffer, se interceptaron los valores altos de intensidad y afectación alta, con los valores de amenaza alta por inundación. Para las zonas de riesgo alto mitigable son los valores de afectación y luego estas se superponen con los valores de riesgo no mitigable.

La Tabla 4.4 y Figura 4.7 se muestra el área de zona alta mitigable y no mitigable, con un total 46240 m<sup>2</sup> correspondiente a 1429 predios, de los cuales 146 predios se encuentran en afectación alta no mitigable equivalente al el 12% de los predios que se encuentran en amenaza alta y 1283 predios con afectación alta mitigable correspondiente al 88% del área en amenaza alta urbana del municipio de Roldanillo.

**Tabla 4.4.** Nivel de afectación alta mitigable y no mitigable por inundaciones del área urbana del municipio de Roldanillo

NIVEL AFECTACIÓN	N° DE PREDIOS	ÁREA M <sup>2</sup>	PORCENTAJE (%) DEL ÁREA DE AFECTACIÓN
Alta No Mitigable	146	36682	12
Alta Mitigable	1283	274972	88
<b>TOTAL</b>	<b>1429</b>	<b>46240</b>	<b>100</b>

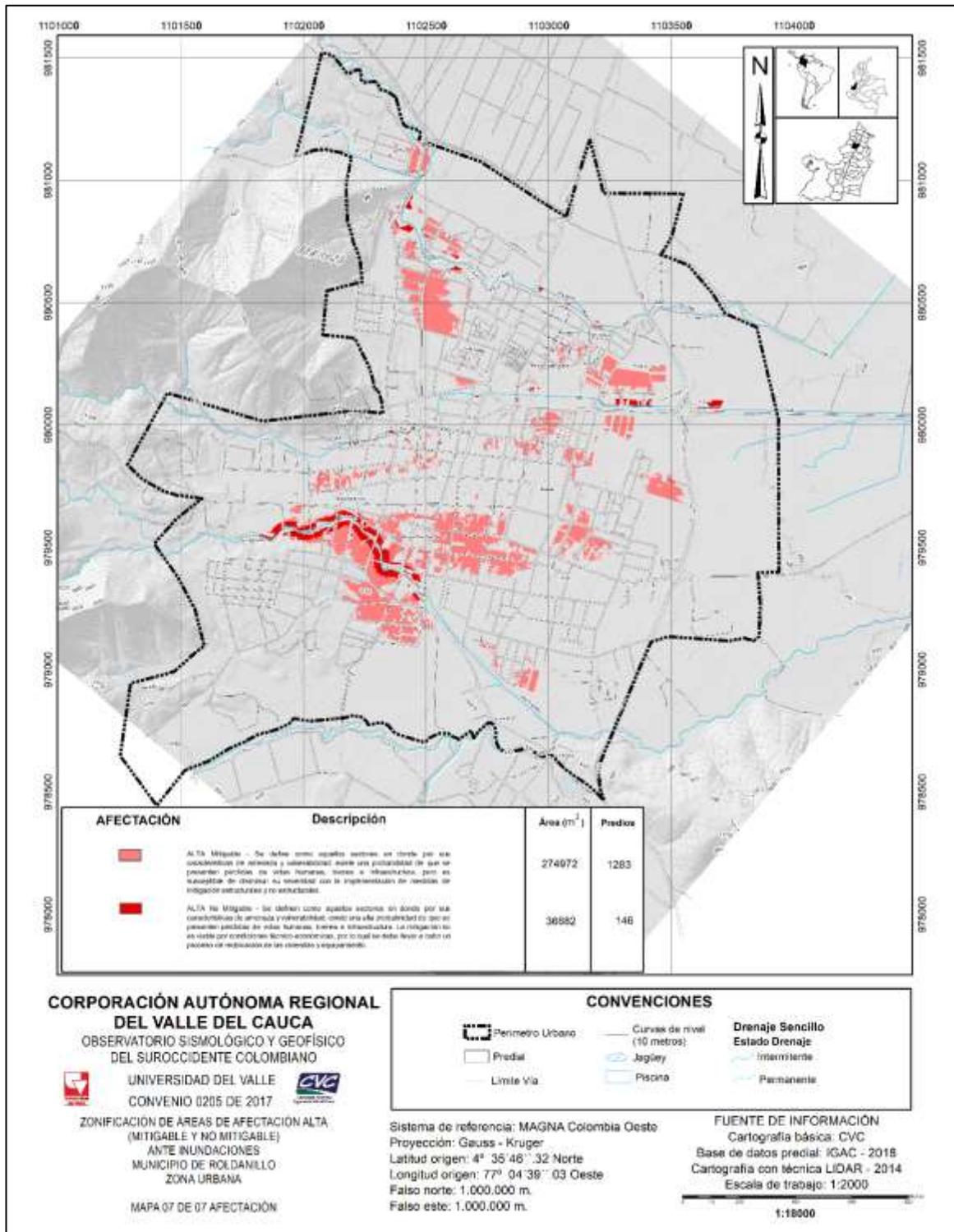
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 4.7.** Distribución porcentual de las áreas según el nivel de Afectación mitigable y no mitigable en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

La áreas de afectación alta mitigable y no mitigable se presenta espacializadas en la Figura 4.8 teniendo un mayor predominio de afectación alta mitigable con un área de 2749972 m<sup>2</sup> correspondiente al 88% y las zonas de afectación alta no mitigable con un área de 36682 m<sup>2</sup> correspondiente al 12%, estas se localiza en las márgenes del río Roldanillo en los barrios La Ermita y Llanitos, en el río El Rey en los barrios Los Arrayanes, Tres de Mayo y Daña Emma y las áreas de afectación alta mitigable.



**Figura 4.8.** Áreas de afectación alta mitigable y no mitigable en la zona urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

## 5 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA

En este estudio para el análisis de vulnerabilidad ante movimientos en masa se realiza conforme a la metodología para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa propuesta por el Servicio Geológico Colombiano -SGC (2016), donde se tiene en cuenta la presión de impacto, teniendo en cuenta la magnitud, la intensidad y la distancia de viaje, la exposición y la fragilidad, el cual se considera el factor de resistencia de los elementos expuestos estructurales y corporales,

### 5.1 PRESIÓN DE IMPACTO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA

Para 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, definida por la velocidad (m/s) en la que 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 expuestos.

En la Tabla 5.1 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 esperaría pérdida de vidas, colapsos o daños de las edificaciones e infraestructura localizada en el área (Figura 5.1).

**Tabla 5.1.** 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	Daños localizados por impacto, colapso total, obstrucción, enterramiento, entre otros.	Velocidad del movimiento Distancia de viaje Presiones laterales Impactos (volúmenes y	0,8

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

Fuente. Modificado de SGC (2016).

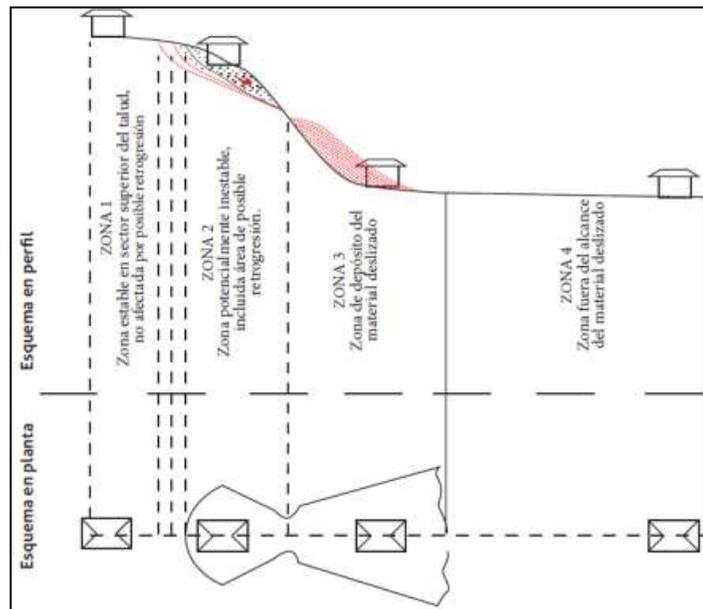
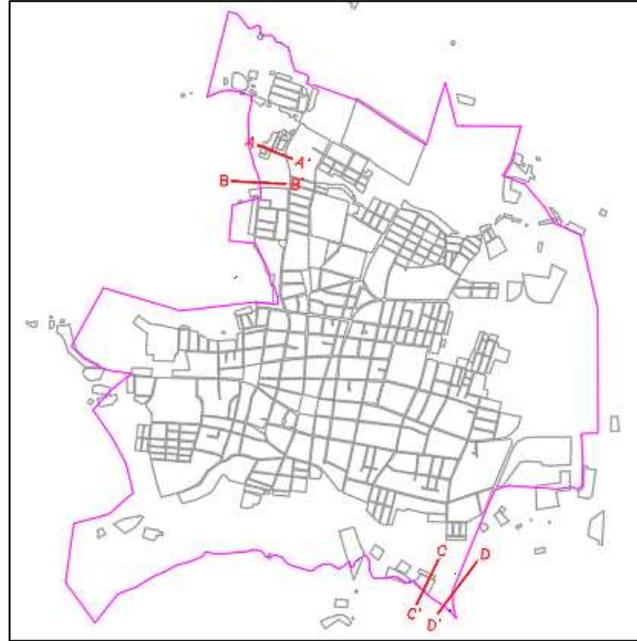


Figura 5.1. Zonas de exposición ante movimientos en masa.

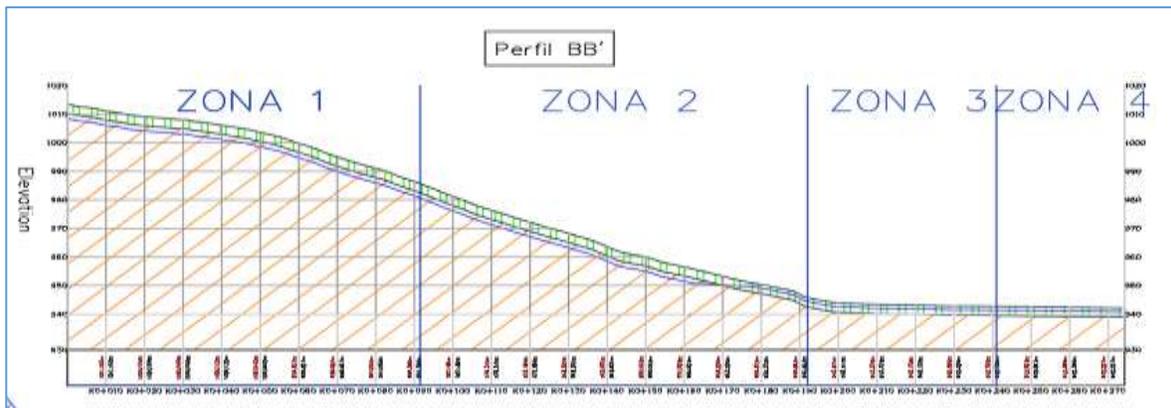
Fuente: SGC, 2016.

En el municipio de Roldanillo se establecieron cuatro (4) secciones transversales en las zonas urbanas donde se podría presentar el fenómeno de movimientos en masa. En la Figura 5.2 se muestra la localización de cada una. La sección A-A' localizada en el barrio La Ceiba se encuentra en amenaza baja. En amenaza alta y media se encuentran las secciones B-B' en el barrio Las Colinas, las secciones C-C' y D-D' en el barrio Villa Rosita.

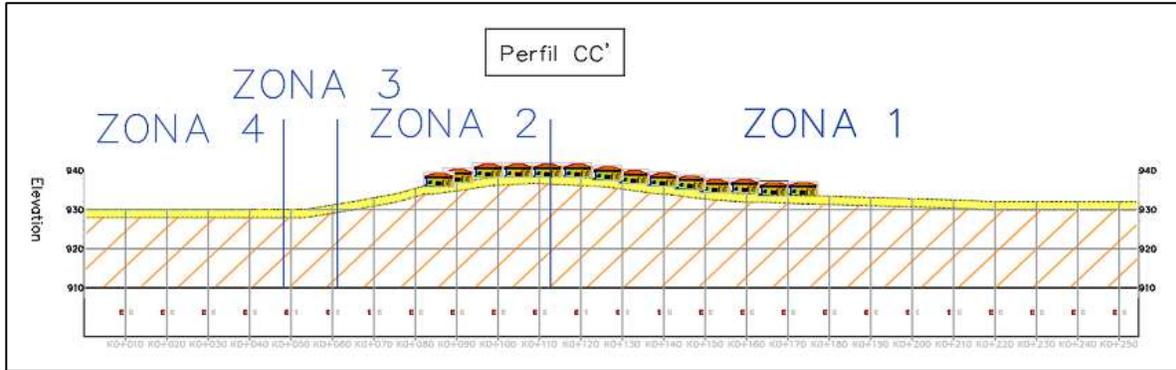


**Figura 5.2.** Mapa de localización de los secciones transversales del municipio de Roldanillo  
**Fuente:** elaboración propia

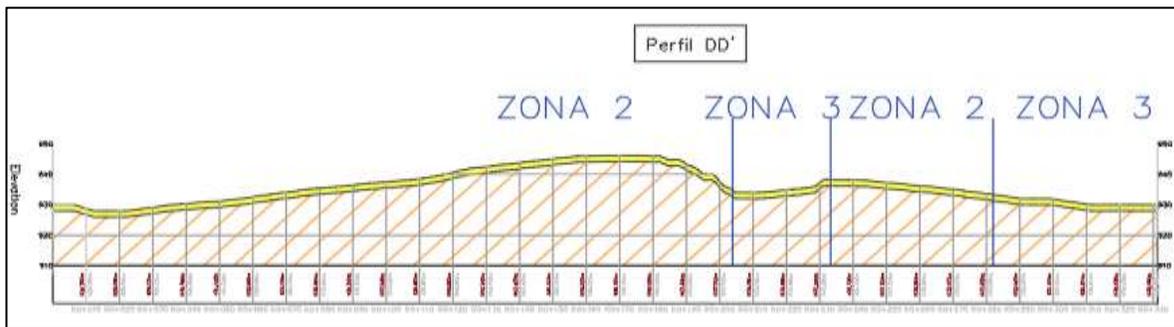
En las Figura 5.3, Figura 5.4 y Figura 5.5 se presenta los perfiles, realizados en la zona urbana del municipio de Roldanillo en la que se definen las zonas de fallamiento de la ladera, donde se delimitan las cuatro zonas de exposición con base en los criterios de intensidad, magnitud y distancia de viaje



**Figura 5.3.** Perfil B-B'  
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.4.** Perfil C-C'  
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.5.** Perfil D-D'  
**Fuente:** elaboración propia.

En la Tabla 5.2 se presentan los datos de las secciones transversales de la zona que encuentran expuestas en amenaza alta y media, donde se caracteriza la probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa de acuerdo a los parámetros de magnitud ( $m^3$ ), intensidad (m/s) y la distancia (m) establecidos en este estudio. La sección B-B' tomada en el barrio Las Colinas presenta una Magnitud (volumen) de  $52930 m^3$  con una Intensidad (velocidad) de 150.5 metros por segundo y una Distancia de Viaje de 49 metros. Las secciones C-C' y D-D' tomadas en el barrio Villa Rosita presentan, en la C-C' una Magnitud (volumen) de  $64569 m^3$  con una Intensidad (velocidad) de 0.3 metros por segundo y una Distancia de Viaje de 13 metros y en la sección D-D' una Magnitud (volumen) de  $65500 m^3$  con una Intensidad (velocidad) de 0.7 metros por segundo y una Distancia de Viaje de 15 metros.

**Tabla 5.2.** Caracterización de la Amenaza del municipio de Roldanillo

SECCIÓN	MAGNITUD Vol ( $m^3$ )	INTENSIDAD Vel (m/s)	DISTANCIA DE VIAJE (m)
B-B'	52930	6.0	49
C-C'	64569	0.3	13
D-D'	65500	0.7	15

**Fuente:** elaboración propia.

En la Tabla 5.3 se presenta en cada una de las secciones la Densidad ( $kg/m^3$ ), la Gravedad ( $m/s^2$ ), la Longitud (m), el Pid (N), Pid (KN) y la Profundidad del Deslizamiento Pd (m).

**Tabla 5.3.** Insumos de Vulnerabilidad Roldanillo

SECCIÓN	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	GRAVEDAD (m/s <sup>2</sup> )	LONGITUD (m)	P <sub>id</sub> (N)	P <sub>id</sub> (KN)	P <sub>d</sub> PROFUNDIDAD DEL DESLIZAMIENTO (m)
B-B'	1839	9.8	108	1946041	1946	18
C-C'	1650	9.8	60	970200	970	9
D-D'	1839	9.8	54	973021	973	11

**Fuente:** elaboración propia.

## 5.2 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS

En el municipio de Roldanillo 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. Los resultados concluyeron que Los barrios La Ceiba, Las Colinas, La Ermita, La Nueva Ermita, Las Cruces se encuentran en amenaza baja y solo el barrio Villa Rosita se encuentra en amenaza media. 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 este barrio.

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 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 levantadas en el barrio Villa Rosita donde la C-C' presenta una Magnitud (volumen) de 64569 m<sup>3</sup> con una Intensidad (velocidad) de 0.3 metros por segundo y una Distancia de Viaje de 13 metros y en la sección D-D' presenta una Magnitud (volumen) de 65500 m<sup>3</sup> con una Intensidad (velocidad) de 0.7 metros por segundo y una Distancia de Viaje de 15 metros.

En la Tabla 5.4 se presenta los niveles de daños de acuerdo a los criterios de intensidad y la magnitud. El nivel bajo, los daños se considerarían leves, en el nivel medio los daños que se esperarían agrietamientos, perdidas parciales, daños en las vías, en las redes de acueducto, alcantarillado y de gas natural y las personas tendrían lesiones.

**Tabla 5.4.** Determinación de los posibles efectos o daños 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)

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

### 5.2.1.1 Exposición Corporal (población)

Para el análisis de la exposición corporal frente a movimientos en masa el barrio Villa Rosita no se contó con información poblacional del Censo del año 2005 (DANE, 2005) y con respecto a la información suministrada del Sisbén no se logró una intercepción espacial mediante dirección. Por lo tanto, se tienen la información poblacional recolectada en campo mediante las encuestas, 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. La población total encuestada de 108 en 27 predios en el barrio Villa Rosita de la zona urbana del municipio donde se obtuvo los siguientes resultados:

#### Encuesta Trabajo de Campo

##### Variable 1:

- **Edad de la Población**

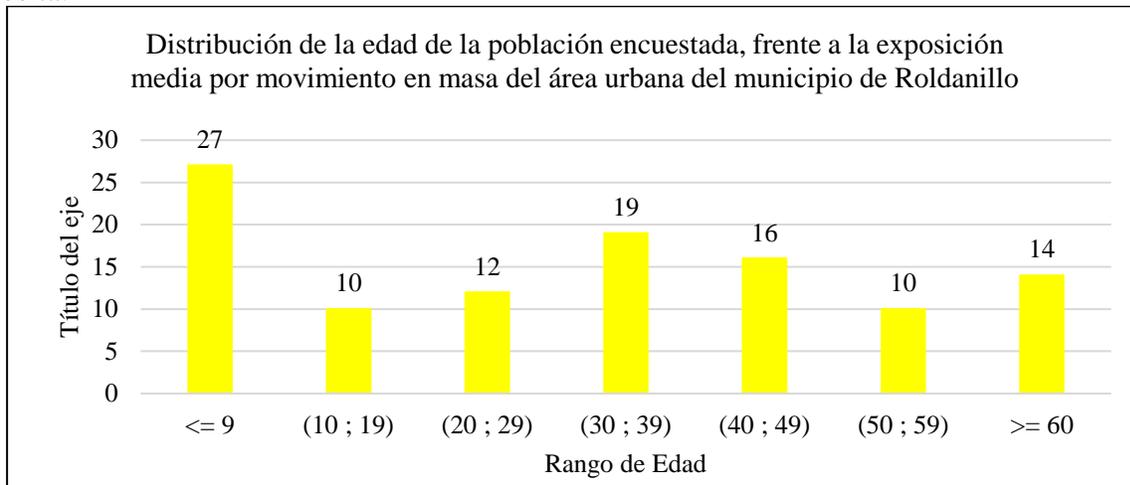
El análisis de la edad de la población total censada fue de 108 personas expuestas en amenaza media ante movimientos en masa, se presenta en la Tabla 5.5 por rangos, la mayor población expuesta está en el rango de menor o igual a 9 años de edad con 27 personas; en los rangos de edad entre 30-39 años con 19, en el rango de edad entre 40-49 años con 16 personas, seguido de la población mayor o igual a 60 años con 14 personas, en el rango de edad entre 20-29 años con 12 personas. Por último, están los rangos entre 10 -19 y entre 50-59 años, con un total de 10 personas

**Tabla 5.5.** Rango de edad de la población encuestada, frente a la exposición por movimientos en masa de la zona urbana del municipio de Roldanillo

RANGO DE EDAD	NÚMERO DE PERSONAS
	EXPOSICIÓN MEDIA
<= 9	27
(10 ; 19)	10
(20 ; 29)	12
(30 ; 39)	19
(40 ; 49)	16
(50 ; 59)	10
>= 60	14
<b>TOTAL</b>	<b>108</b>

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

En la Figura 5.6 se presenta la distribución de la edad de la población encuestada en el barrio Villa Rosita.



**Figura 5.6.** Distribución de la edad de la población encuestada, frente a la exposición por movimientos en masa de la zona urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

**Variable 2:**

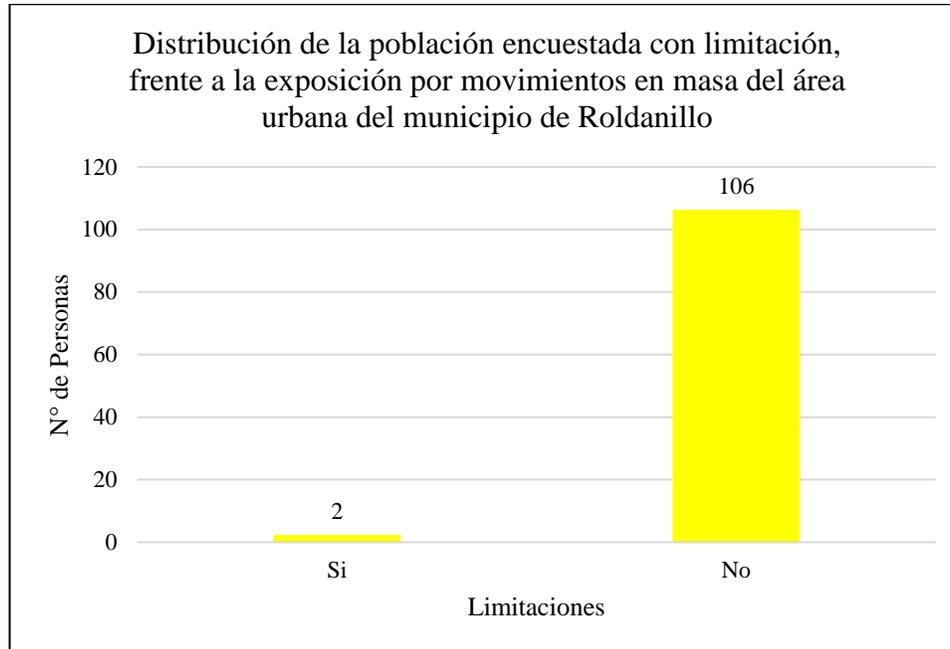
- **Población con limitaciones físicas**

La población total encuestada fue de 108 personas que se encuentran expuestas ante movimientos en masa de la cuales, 2 personas presentan alguna limitación (Tabla 5.6 y Figura 5.7).

**Tabla 5.6.** Número de personas encuestadas con o sin limitación, frente a la exposición por movimientos en masa en el área urbana del municipio de Roldanillo.

LIMITACIÓN	NÚMERO DE PERSONAS
	EXPOSICIÓN MEDIA
Si	2
No	106
<b>TOTAL</b>	<b>108</b>

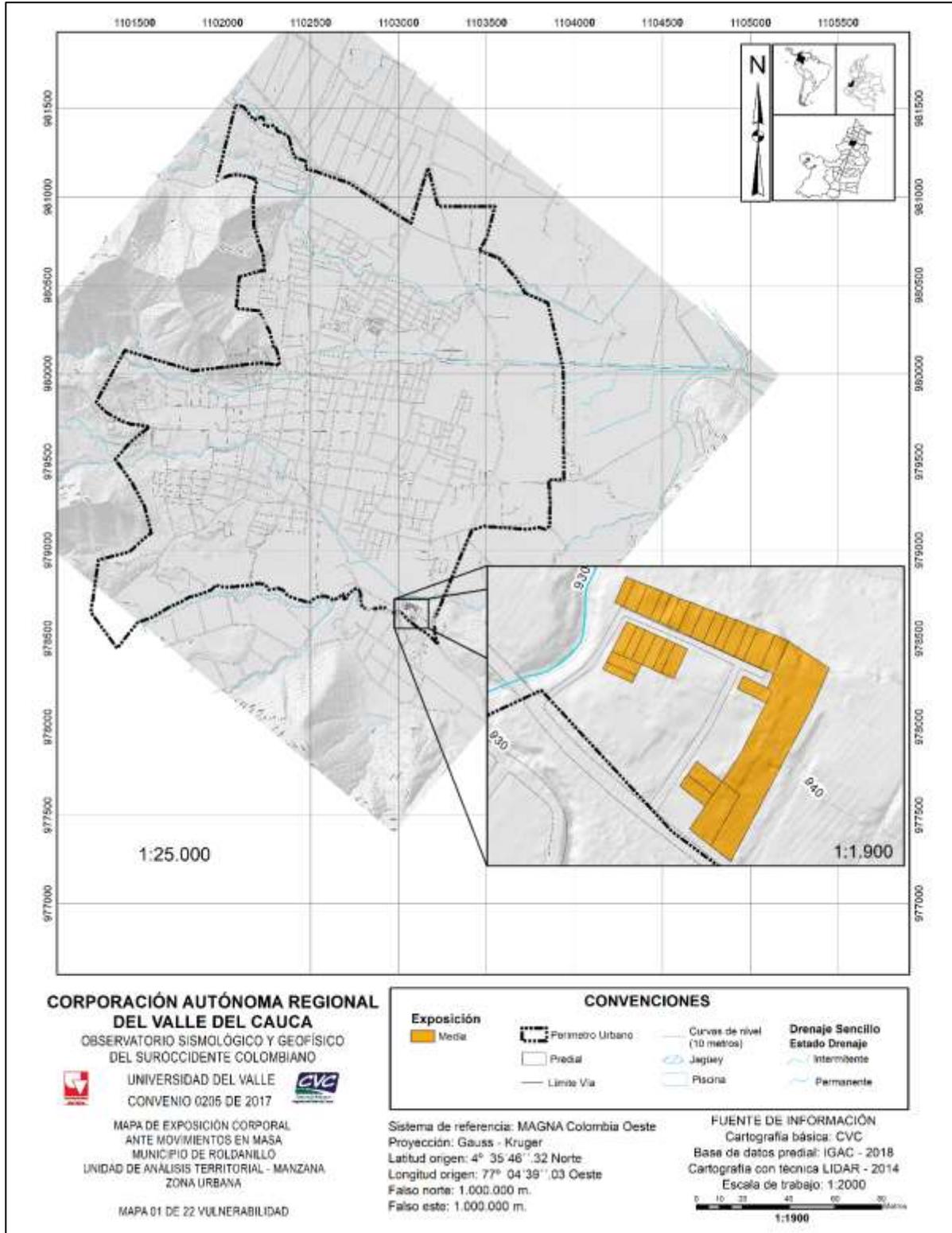
**Fuente:** elaboración propia



**Figura 5.7.** Distribución de la población encuestada con o sin limitaciones, frente a la exposición media por movimiento en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

En la Figura 5.8 se espacializa la distribución de la población que está expuesta ante movimientos en masa del municipio de Roldanillo. De acuerdo con los estudios geotécnicos realizados para la zonificación de amenaza alta, media y baja. Se identificó en amenaza baja los barrios La Ceiba, Las Cruces y Las Colinas, en esta última se encuentra en amenaza media pequeña zona de entre el perímetro urbano y rural, el cual no se encuentra edificado. El barrio Villa Rosita, en este último barrio se identificó en amenaza media.



**Figura 5.8.** Exposición corporal ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

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

### 5.2.1.2 Exposición Estructural

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

Teniendo en cuenta lo anterior, se tiene un total de 27 edificaciones con un área de 3674,3 m<sup>2</sup> expuestas ante la ocurrencia de un movimiento en masa.

**Tabla 5.7.** Número de edificaciones en exposición media por movimiento en masa en el área urbana del municipio de Roldanillo

TIPO DE AMENAZA	N° PREDIOS	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Amenaza Media	27	3674,3
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>27</b>	<b>3674,3</b>

**Fuente:** elaboración propia.

#### Variable 1:

- **Uso Predial**

En cuanto al uso predial de las 27 edificaciones que están en exposición media en el barrio Villa Rosita son de uso residencial (Tabla 5.8).

**Tabla 5.8.** Uso predial de las edificaciones en exposición por movimiento en masa, área urbana del municipio de Roldanillo

USO PREDIAL	NÚMERO DE EDIFICACIONES
	EXPOSICIÓN MEDIA
Residencial	27
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>27</b>

**Fuente:** elaboración propia.

#### Variable 2:

- **Tipología de la edificación**

Para el análisis de la tipología de las edificaciones, se siguió la normativa de la NRS-10, y con lo observado en el reconocimiento de la zona de estudio, en la Figura 3.9 se describe cada una de las tipologías de las edificaciones expuestas en amenaza alta y media ante inundaciones.

**Tabla 5.9.** 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, laminas, 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.

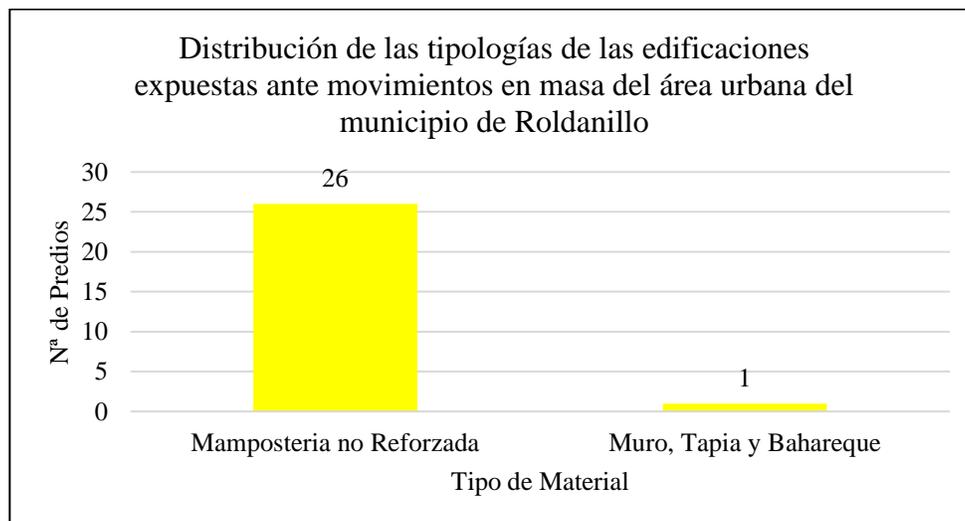
**Fuente:** elaborada con información de NRS-10, (2010) y SGC (2016).

El análisis de las tipologías de las edificaciones en exposición media de los 27 predios, la mampostería no reforzada se encuentran 26 edificaciones, seguida de la mampostería confinada con 1 edificación (Tabla 5.10 y Tabla 3.15).

**Tabla 5.10.** Tipo de edificaciones frente a la exposición por movimiento en masa del barrio Villa Rosita del área urbana del municipio de Roldanillo

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	EXPOSICIÓN MEDIA
Mampostería no Reforzada	26
Muro, Tapia y Bahareque	1
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>27</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.9.** Distribución de las tipologías de las edificaciones expuestas ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

**Variable 3:**

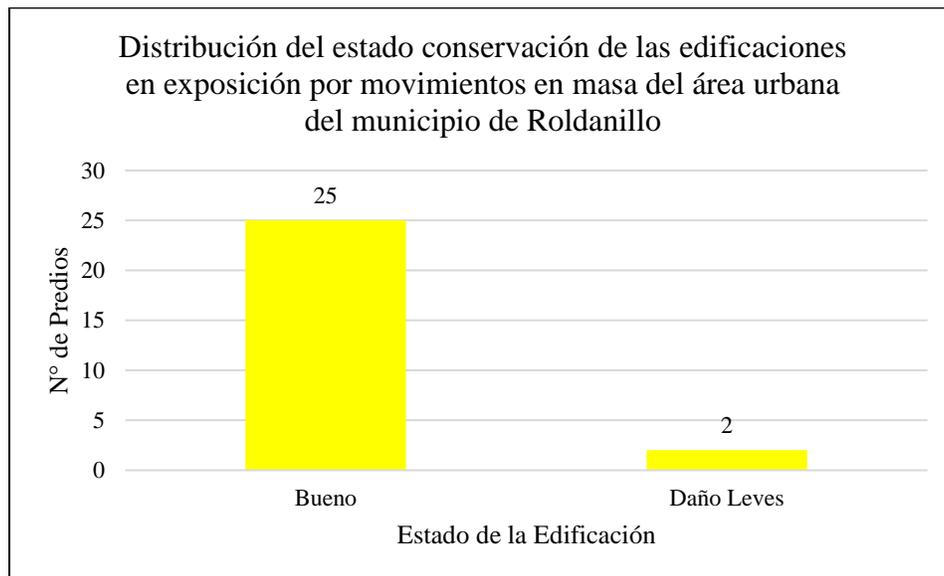
- **Estado de conservación de la edificación**

El análisis del estado de conservación se definió en bueno y daños leves. En la Tabla 5.11 se presenta los predios del barrio Villa Rosita que se encuentran en exposición media 27 predios de los cuales 25 edificaciones el estado de conservación es bueno y 2 se encuentran con daños leves. En la Figura 5.10 **Figura 3.25** se presenta su distribución.

**Tabla 5.11.** Estado de conservación de las edificaciones frente a la exposición media ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

ESTADO DE CONSERVACIÓN	EXPOSICIÓN MEDIA
Bueno	25
Daño Leve	2
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>27</b>

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.10.** Distribución del estado de conservación de las edificaciones expuestas ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

**Variable 4:**

- **Edad de la edificación**

En la Tabla 5.12 se presenta los rangos aproximado de edad de las edificaciones, se obtuvo en el trabajo de inspección visual y que se encuentran en exposición media 24 edificaciones con una edad menor o igual a 20 años y 3 edificaciones con una entre edad entre los 20-29 años.

**Tabla 5.12.** Edad de las edificaciones frente a la exposición por movimientos en masa de la zona urbana del municipio de Roldanillo

EDAD EDIFICACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES
	EXPOSICIÓN MEDIA
< 20	24
(20 ; 29)	3
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>27</b>

**Fuente:** elaboración propia.

**Variable 5:**

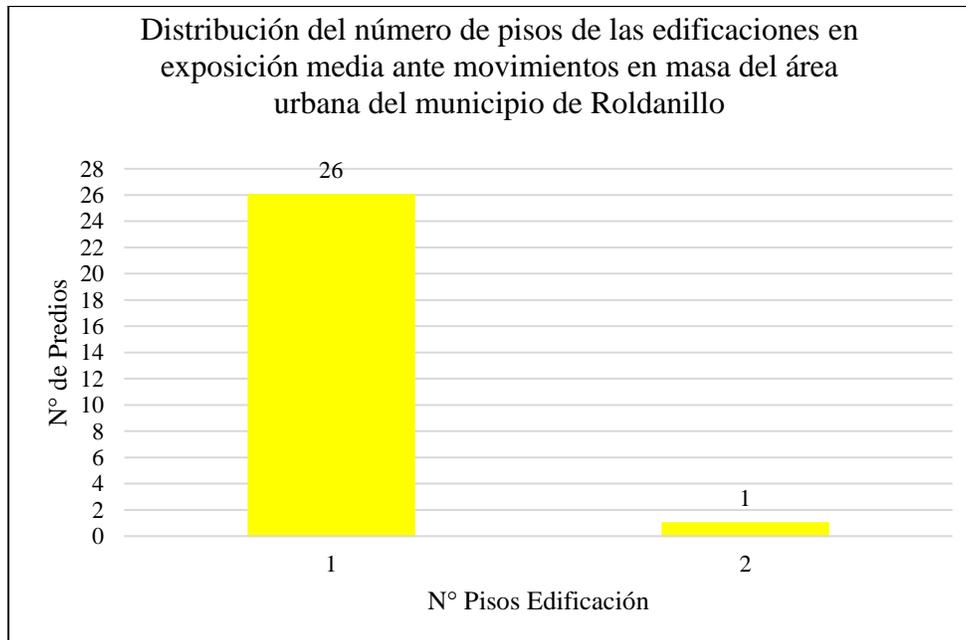
- **Altura de la edificación**

El número de pisos de las edificaciones que se encuentran expuestos a movimientos en masa en exposición media son 26 edificaciones de 1 piso y una edificación de dos pisos (Tabla 5.13)

**Tabla 5.13.** Número de pisos de las edificaciones expuestas a movimientos en masa en el barrio villa rosita en el área urbana del municipio de Roldanillo

N° PISOS	NÚMERO DE EDIFICACIONES
	EXPOSICIÓN MEDIA
1	26
2	1
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>27</b>

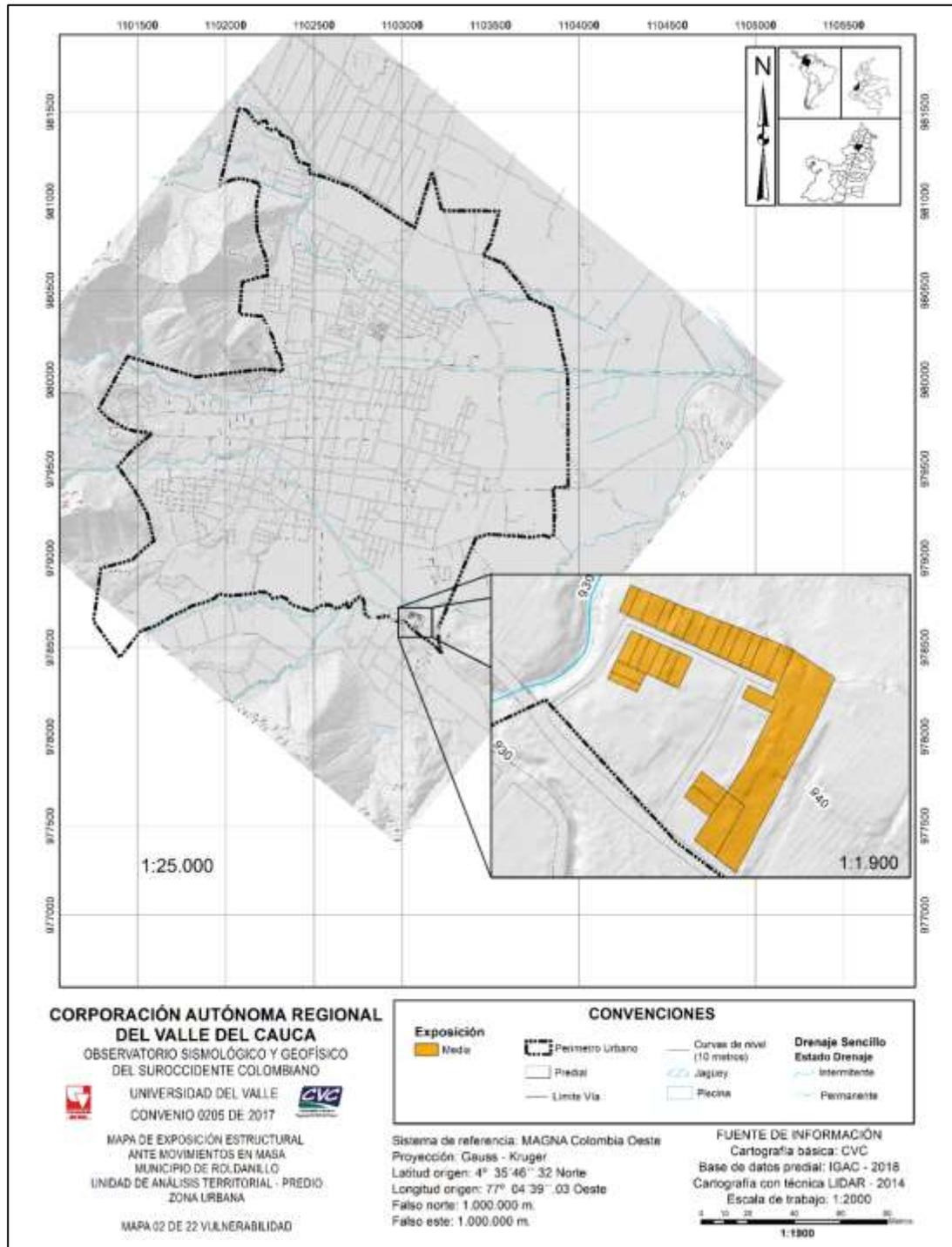
**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 5.11.** Distribución del número de piso de las edificaciones expuestas ante movimientos en masa del barrio Villa Rosita del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

En la Figura 5.12 se presenta la espacialización de las 27 edificaciones que se encuentran en exposición media en el barrio Villa Rosita.



**Figura 5.12.** Exposición estructural ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

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

### 5.2.1.3 Exposición de Líneas Vitales

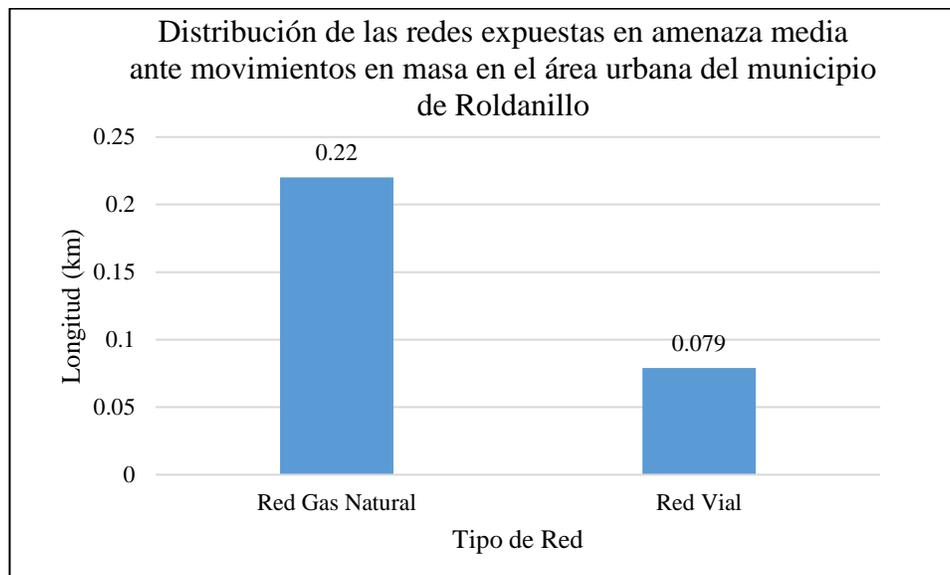
Para el análisis de los elementos expuestos funcionales para las zonas de exposición media por movimientos en masa, se consideró los kilómetros lineales de la red vial y de alcantarillo domiciliario que se encuentran expuestas ante la posible ocurrencia de un movimiento en masa.

En la Tabla 5.14 y las Figura 5.13 presentan la longitud (km) de las líneas vitales que se encuentra expuesta en las zonas de amenaza media por movimientos en masa, estas sería la red de gas natural domiciliario se afectaría 0,22 km y la red vial, el cual se vería afectada de 0,079 km.

**Tabla 5.14.** Líneas vitales expuestas ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

TIPO DE LÍNEA VITAL	LONGITUD (KM)
	EXPOSICIÓN MEDIA
Red Gas Natural	0.22
Red Vial	0.079

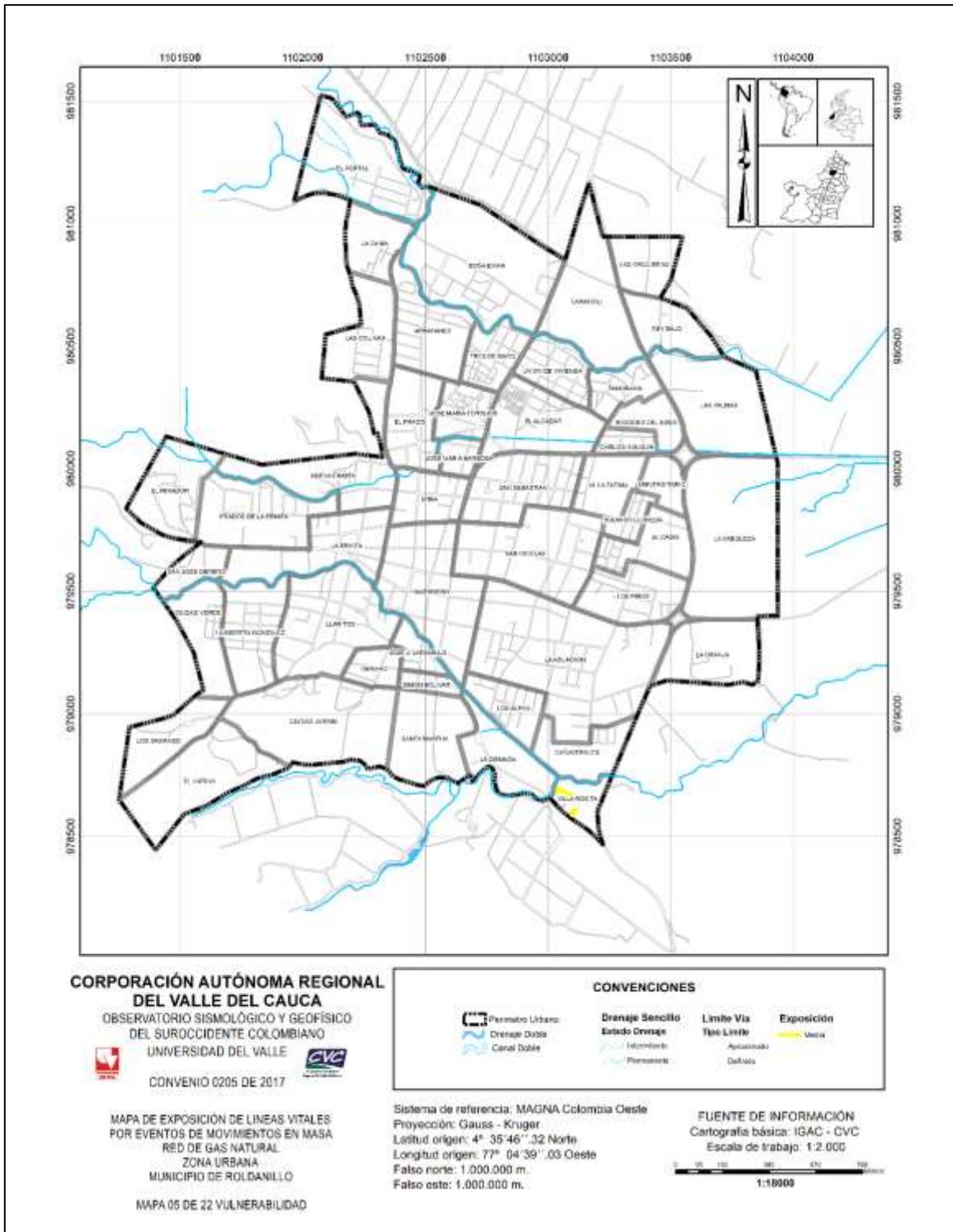
**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Roldanillo.



**Figura 5.13.** Distribución de la red vial y gas natural domiciliario expuestas ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

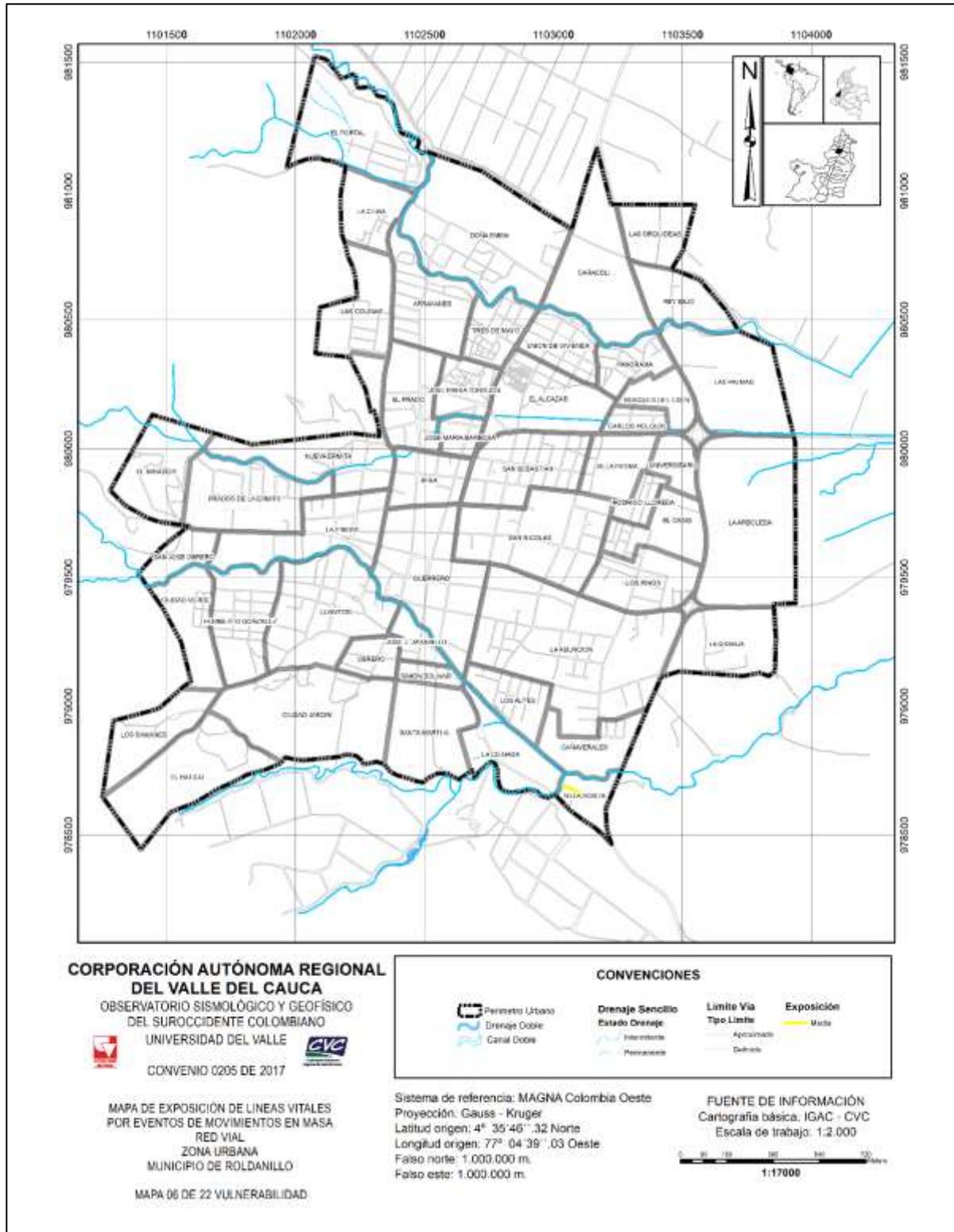
**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Roldanillo.

En las Figura 5.14 y Figura 5.15 se espacializa la información de la red de gas natural domiciliario y la red vial que se encuentra en expuesta en amenaza media ante movimientos en masa.



**Figura 5.14.** Exposición de la red gas natural domiciliario ante movimientos en masa en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Roldanillo.



**Figura 5.15.** Exposición de la red vial ante movimientos en masa en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia, con información suministrada por la Secretaria de Infraestructura del municipio de Roldanillo.

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

El factor de resistencia, indica que tan resistente es el individuo y los elementos frente a movimientos en masa, está en relación con la información de los niveles de exposición ante el fenómeno.

### 5.2.2.1 Factor de Resistencia Corporal

Para el análisis del factor de resistencia corporal frente a movimientos en masa el barrio Villa Rosita no se contó con información poblacional del Censo del año 2005 (DANE, 2005) y con respecto a la información suministrada del Sisbén no se logró una intercepción espacial mediante dirección. Por lo tanto, se tienen la información poblacional recolectada en campo mediante las encuestas, 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. La población total encuestada de 108 en 27 predios en el barrio Villa Rosita de la zona urbana del municipio donde se obtuvo los siguientes resultados:

#### Variable 1:

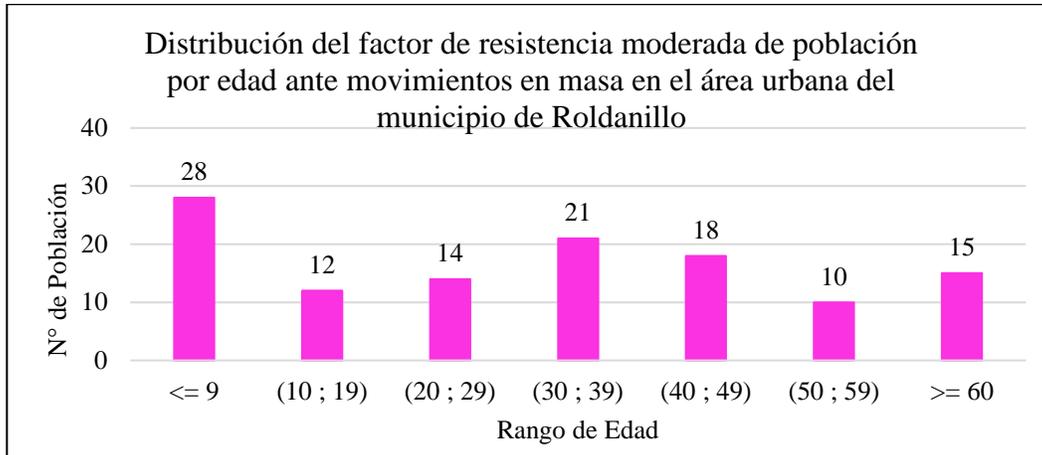
- **Edad de la Población**

El análisis del factor de resistencia de la edad de la población total censada fue de 118 personas expuestas en amenaza media ante movimientos en masa, se presenta en la Tabla 5.15 por rangos, la mayor población expuesta está en el rango de menor o igual a 9 años de edad con 28 personas; en los rangos de edad entre 30-39 años con 21, en el rango de edad entre 40-49 años con 18 personas, seguido de la población mayor o igual a 60 años con 15 personas, en el rango de edad entre 20-29 años con 14 personas, entre 10-19 años se encuentran 12 personas. Por último está el rango entre 50-59 años, con un total de 10 personas (Figura 5.16).

**Tabla 5.15.** Factor de resistencia de la población por edad expuesta por movimientos en masa en del área urbana del municipio de Roldanillo

RANGO EDAD	FACTOR DE RESISTENCIA
	MEDIA
<=9	28
(10 ; 19)	12
(20 ; 29)	14
( 30 ; 39)	21
(40 ; 49)	18
(50 ; 59)	10
>=60	15
TOTAL	118

**Fuente:** elaborado con información recolectada en campo



**Figura 5.16.** Distribución del factor de resistencia de población por edad ante movimientos en masa en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaborado con información recolectada en campo

**Variable 2:**

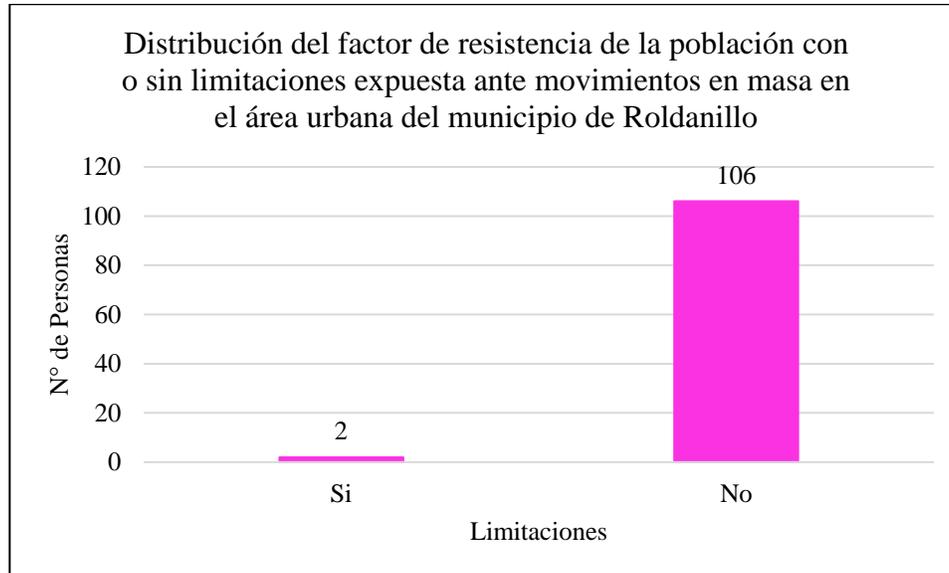
- **Población con limitaciones físicas**

El análisis del factor de resistencia de la variable Limitación de la población del área urbana del municipio se encuentran 2 personas con algún tipo de limitación con una resistencia media de 118 personas ante la ocurrencia de un movimiento en masa (Tabla 5.16 y Figura 5.17).

**Tabla 5.16.** Factor de resistencia de la población con o sin limitaciones expuesta ante inundación en el área urbana del municipio de Roldanillo.

NIVEL DE RESISTENCIA	NÚMERO DE PERSONAS CON O SIN LIMITACIÓN	
	SI	NO
Media	2	106
TOTAL GENERAL	2	106

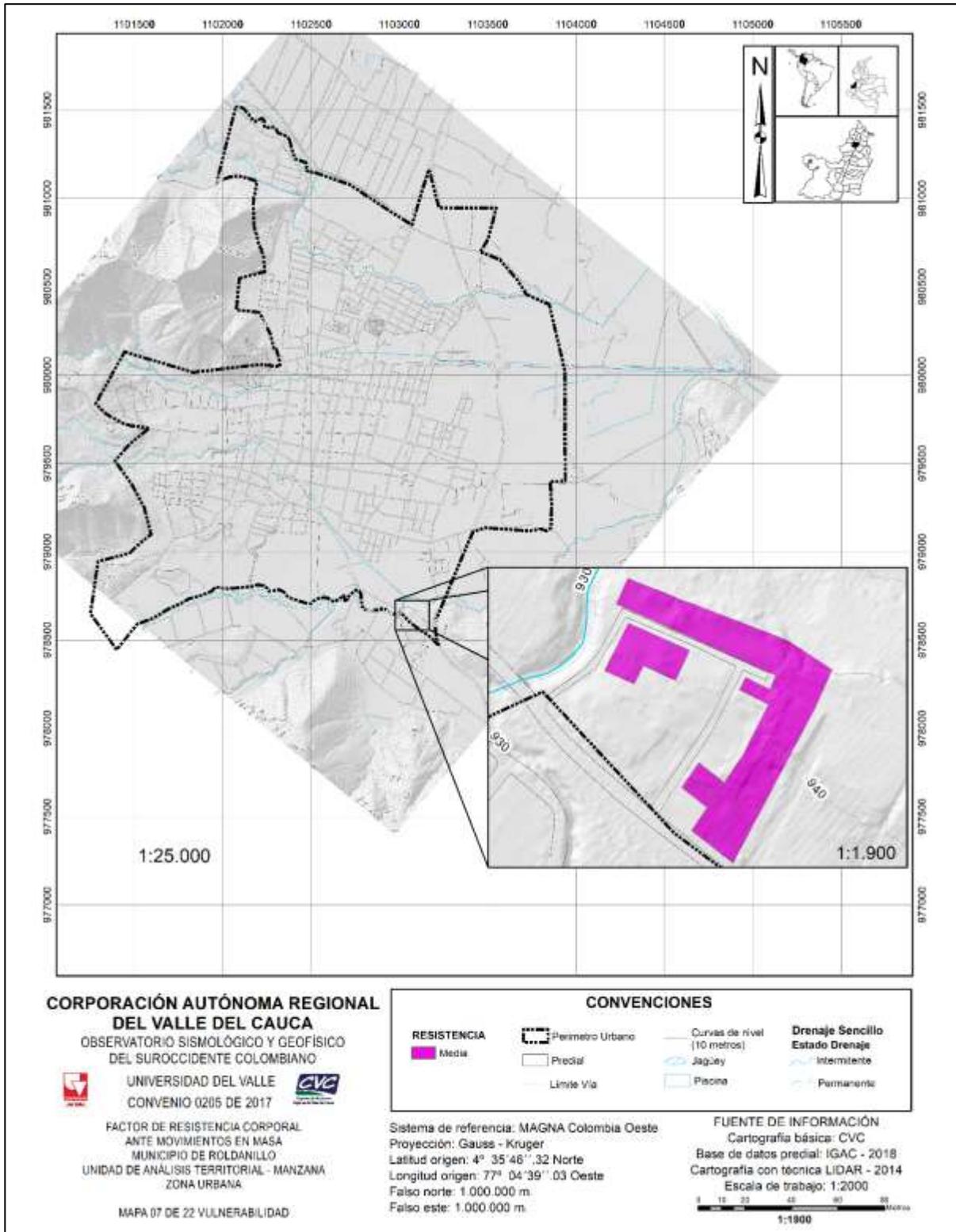
**Fuente:** elaborado con información recolectada en campo



**Figura 5.17.** Distribución del factor de resistencia de la población con o sin limitaciones frente a movimientos en masa en el área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaborado con información recolectada en campo

En la Figura 5.18 se muestra la espacialización del factor de resistencia de la población donde se consideró que era menos resistente frente a los movimientos en masa la población menor o igual a 9 años y mayor o igual a 60 años, así como la población que pueda tener algún tipo de limitación física.



**Figura 5.18.** Factor de resistencia corporal ante inundación en el municipio de Roldanillo  
**Fuente:** elaboración propia con información recolectada en campo.

### 5.2.2.2 Factor de Resistencia Estructural

El factor de resistencia estructural es analizada como la capacidad que tienen los elementos estructurales de soportar los esfuerzos a los que están sometidos en una 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, 2) estado de conservación, 3) edad de la edificación y 4) número de pisos de la edificación.

#### Variable 1:

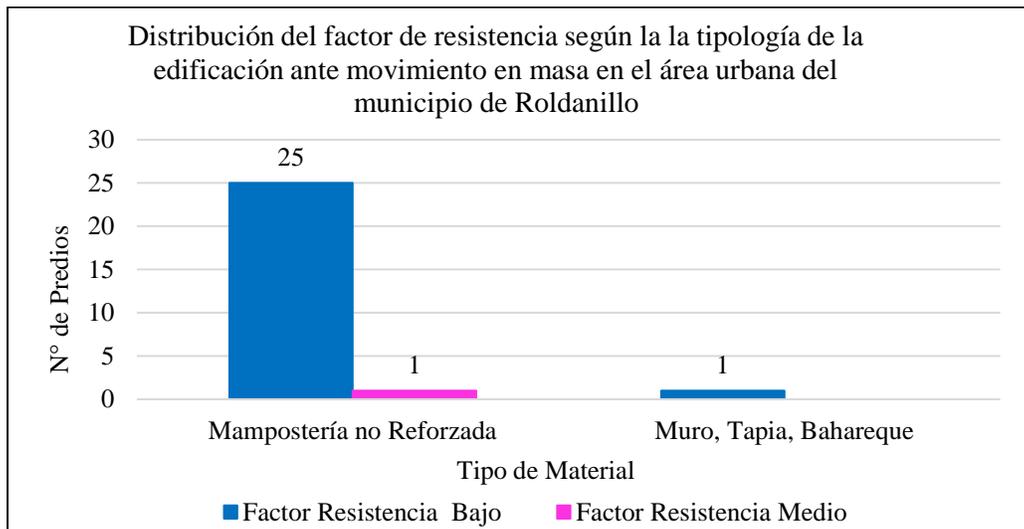
- **Tipología de la edificación**

Para el análisis del factor de resistencia según la tipología de la edificación de los 27 predios, se encuentran 26 edificaciones con factor de resistencia baja, de los cuales 25 edificaciones están construidas en mampostería no reforzada, 1 edificación en muro, tapia y bahareque. Con factor de resistencia media se encuentra 1 predio construido en mampostería no reforzada (Tabla 5.17 y la Figura 5.19).

**Tabla 5.17.** El Factor de resistencia según la tipología de la edificación en el área urbana del municipio de Roldanillo

TIPO CONSTRUCCIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA	
	BAJA	MEDIA
Mampostería no Reforzada	25	1
Muro, Tapia, Bahareque	1	
<b>TOTAL GENERAL</b>	26	1

**Fuente:** elaboración propia con información recolectada en campo.



**Figura 5.19.** Distribución del factor de resistencia según la tipología de la edificación ante movimiento en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia con información recolectada en campo.

**Variable 2:**

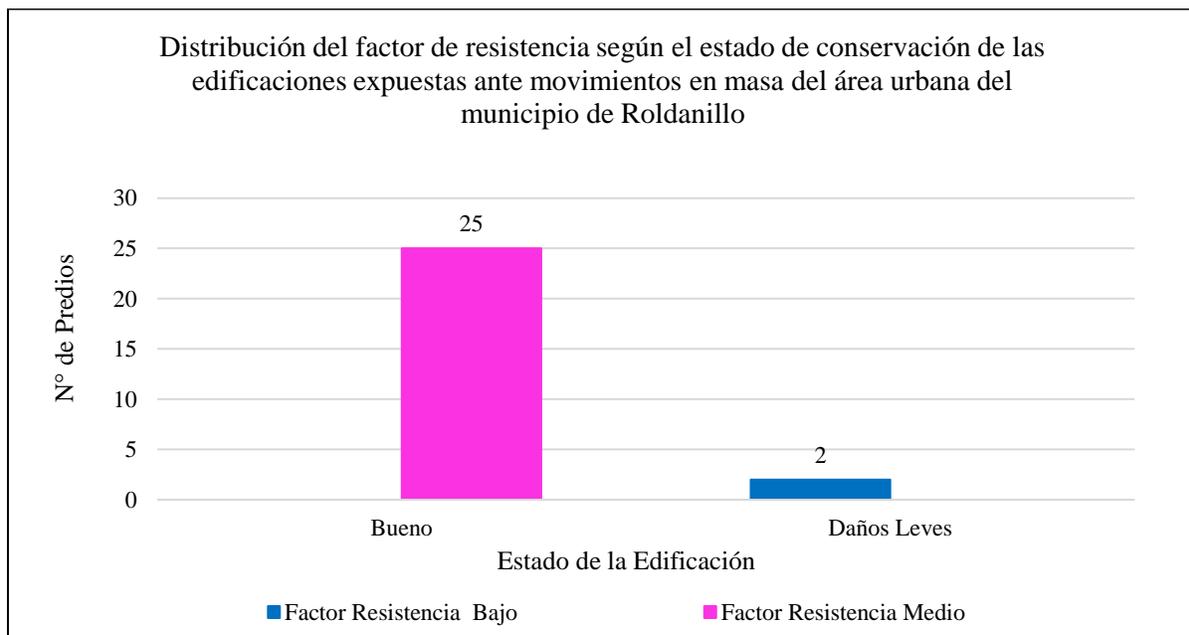
- **Estado de conservación de la edificación**

El análisis del estado de conservación de las edificaciones se encuentran 25 en estado bueno con un factor de resistencia media y 2 edificaciones presentan daños leves con una baja resistencia (Tabla 5.18 y la Figura 5.20).

**Tabla 5.18.** Factor de resistencia según el estado de conservación de las edificaciones frente a movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

ESTADO DE CONSERVACIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA	
	BAJA	MEDIA
Bueno		25
Daño Leve	2	
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>2</b>	<b>25</b>

**Fuente:** elaboración propia con información recolectada en campo.



**Figura 5.20.** Distribución del factor de resistencia según el estado de conservación de las edificaciones expuestas ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia con información recolectada en campo.

**Variable 3:**

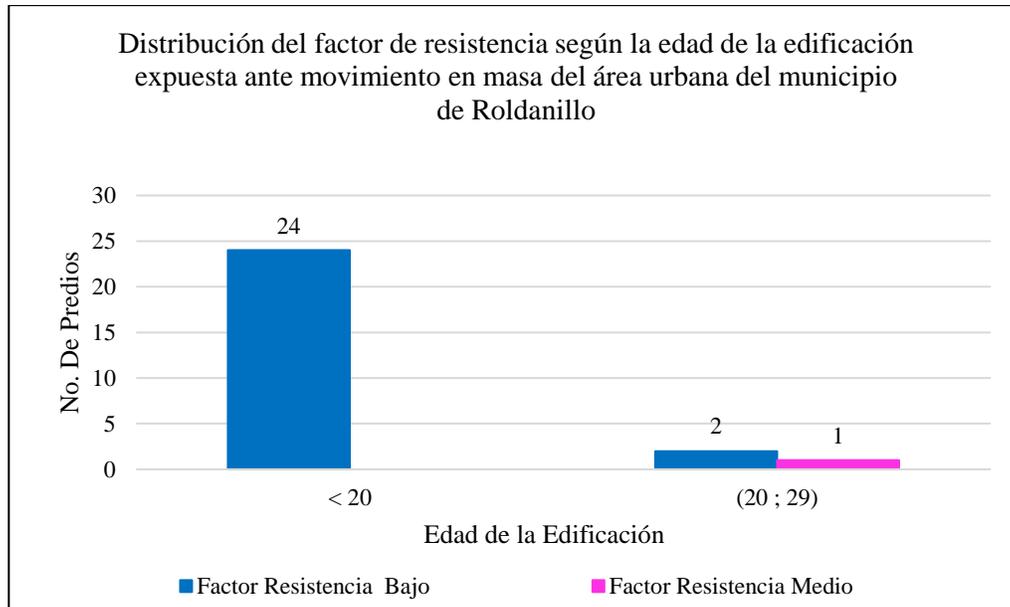
- **Edad de la edificación**

El factor de resistencia según la edad de la edificación se muestra en la Tabla 5.19 en el cual se establecieron por rangos de acuerdo a la información obtenida en el censo de inspección visual en las zonas de amenaza media realizado en el municipio, encontrándose que 26 edificaciones tienen baja resistencia, 24 edificaciones tienen menos de 20 años de construcción y 2 edificaciones en el rango de edad entre 20 y 29 años de construcción, en este mismo rango se encuentra una edificación con resistencia media. (Figura 5.21)

**Tabla 5.19.** Factor de resistencia según la edad de la edificación frente a movimiento en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

EDAD EDIFICACIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA	
	BAJA	MEDIA
< 20	24	
(20 ; 29)	2	1
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>26</b>	<b>1</b>

**Fuente:** elaboración propia con información recolectada en campo.



**Figura 5.21.** Distribución del factor de resistencia según la edad de la edificación expuesta ante movimiento en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia con información recolectada en campo.

#### Variable 4:

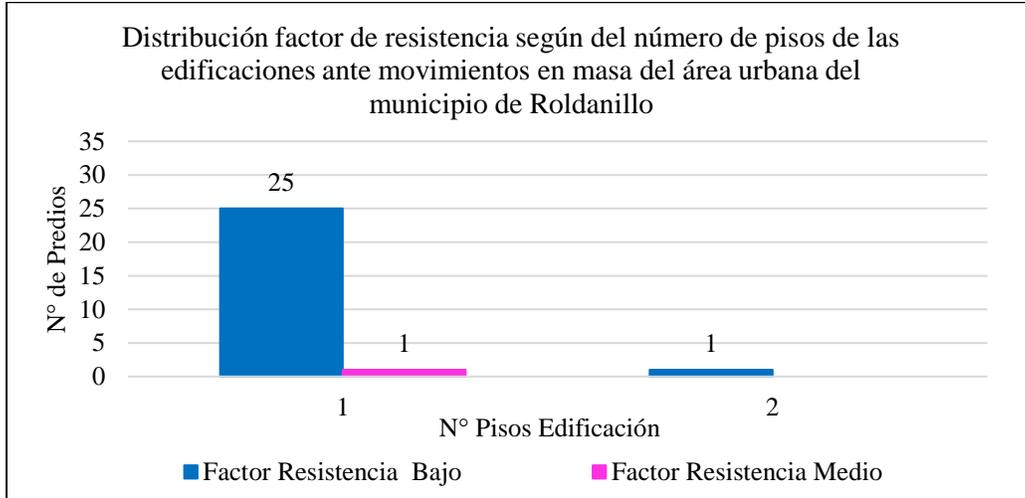
- **Altura de la edificación**

El factor de resistencia según el número de pisos de las edificaciones que se encuentran expuestos ante movimientos en masa son 27 edificaciones de los cuales, 26 edificaciones tienen baja resistencia 25 con altura de 1 piso y 1 edificación con 2 pisos. En resistencia media se encuentra 1 edificación de 1 pisos. (Tabla 5.20 y la Figura 5.22).

**Tabla 5.20.** Factor de resistencia según el número de pisos de las edificaciones expuestas ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

N° PISOS	FACTOR RESISTENCIA	
	MEDIA	BAJA
1	1	25
2		1
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1</b>	<b>26</b>

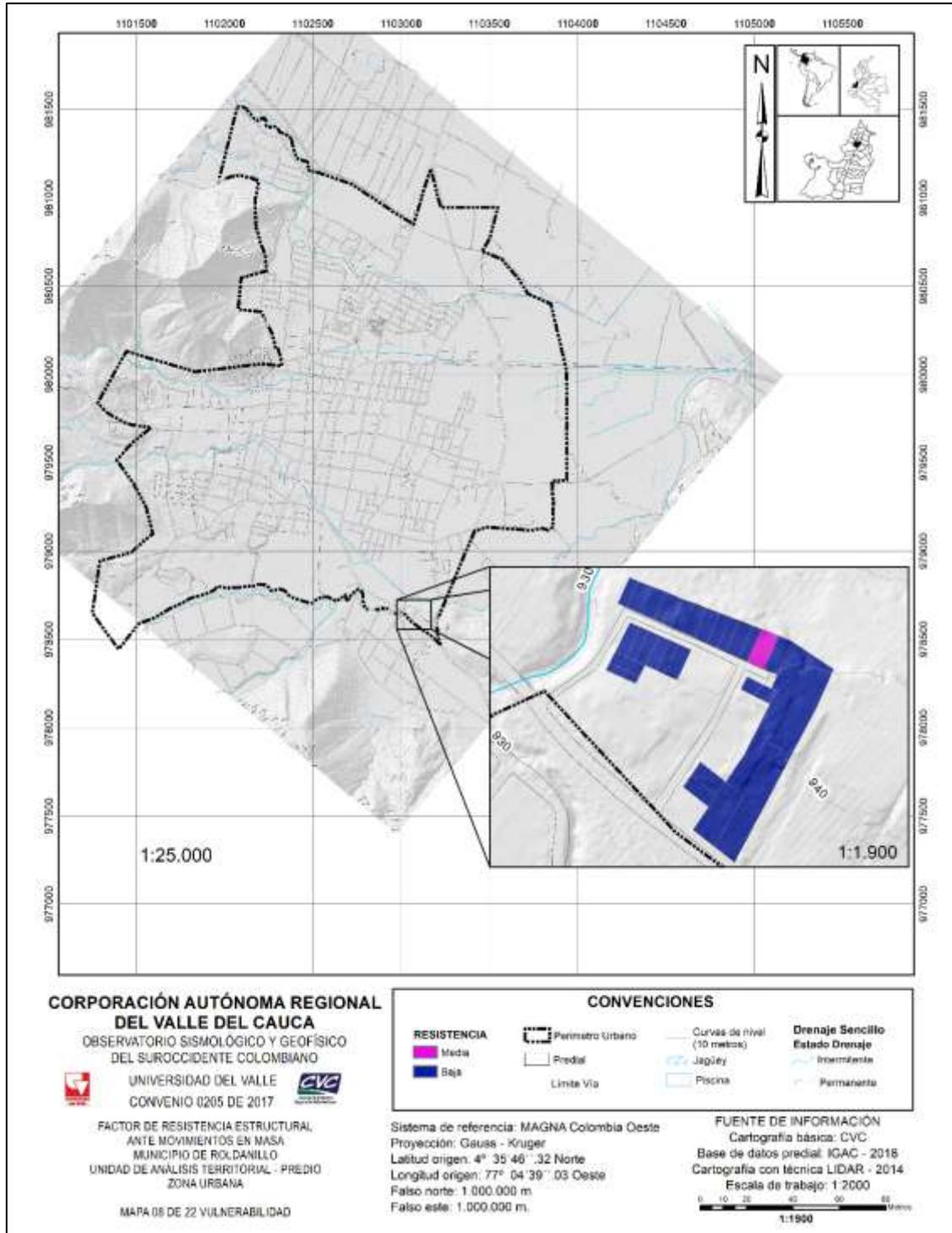
**Fuente:** elaboración propia con información recolectada en campo.



**Figura 5.22.** Distribución factor de resistencia según del número de pisos de las edificaciones ante movimientos en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia con información recolectada en campo.

En la Figura 5.23 se presenta la espacialización de la resistencia media y baja de las edificaciones en el barrio Villa Rosita que se encuentran expuestas ante movimientos en masa.



**Figura 5.23.** Factor de resistencia estructural ante inundación en la zona urbana del municipio de Roldanillo

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

### 5.3 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE MOVIMIENTOS EN MASA

Con los resultados obtenidos de exposición y factor de resistencia, se obtiene la vulnerabilidad tanto corporal y estructural para el fenómeno de movimiento en masa en el área urbana del municipio de Roldanillo.

A continuación, los resultados de vulnerabilidad corporal y vulnerabilidad estructural.

#### 5.3.1 Vulnerabilidad corporal ante movimientos en masa

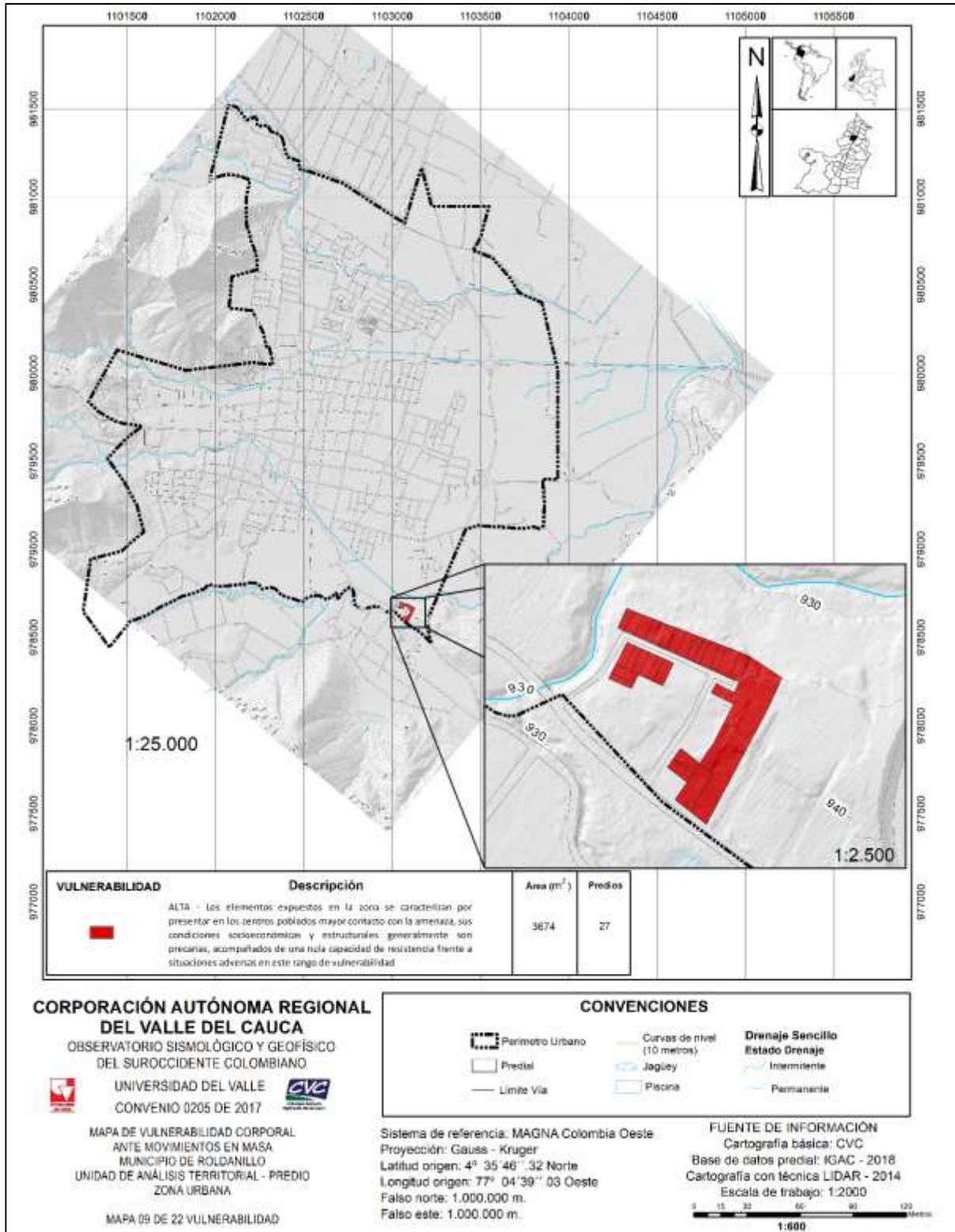
En el análisis de la vulnerabilidad corporal se consideró la exposición y el factor de resistencia ante los movimientos en masa de la población del área urbana del municipio de Roldanillo. En la Se encuentra una población total de 108 con una vulnerabilidad alta localizada en 27 predios con un área de 3674,3 m<sup>2</sup> (Tabla 5.21).

**Tabla 5.21.** Vulnerabilidad corporal por predio en el urbana del municipio de Roldanillo

NIVEL DE VULNERABILIDAD	NÚMERO POBLACIÓN	ÁREA (M <sup>2</sup> )	NÚMERO PREDIOS
ALTA	108	3.674, 3	27
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>108</b>	3.674, 3	<b>27</b>

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

La Figura 5.24 espacializa la vulnerabilidad de la población ante movimientos en masa es el barrio Villa Rosita que se localiza al sur del área urbana del municipio de Roldanillo.



**Figura 5.24.** Vulnerabilidad corporal ante movimiento en masa del área urbana del municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia.

### 5.3.2 Vulnerabilidad estructural ante movimientos en masa

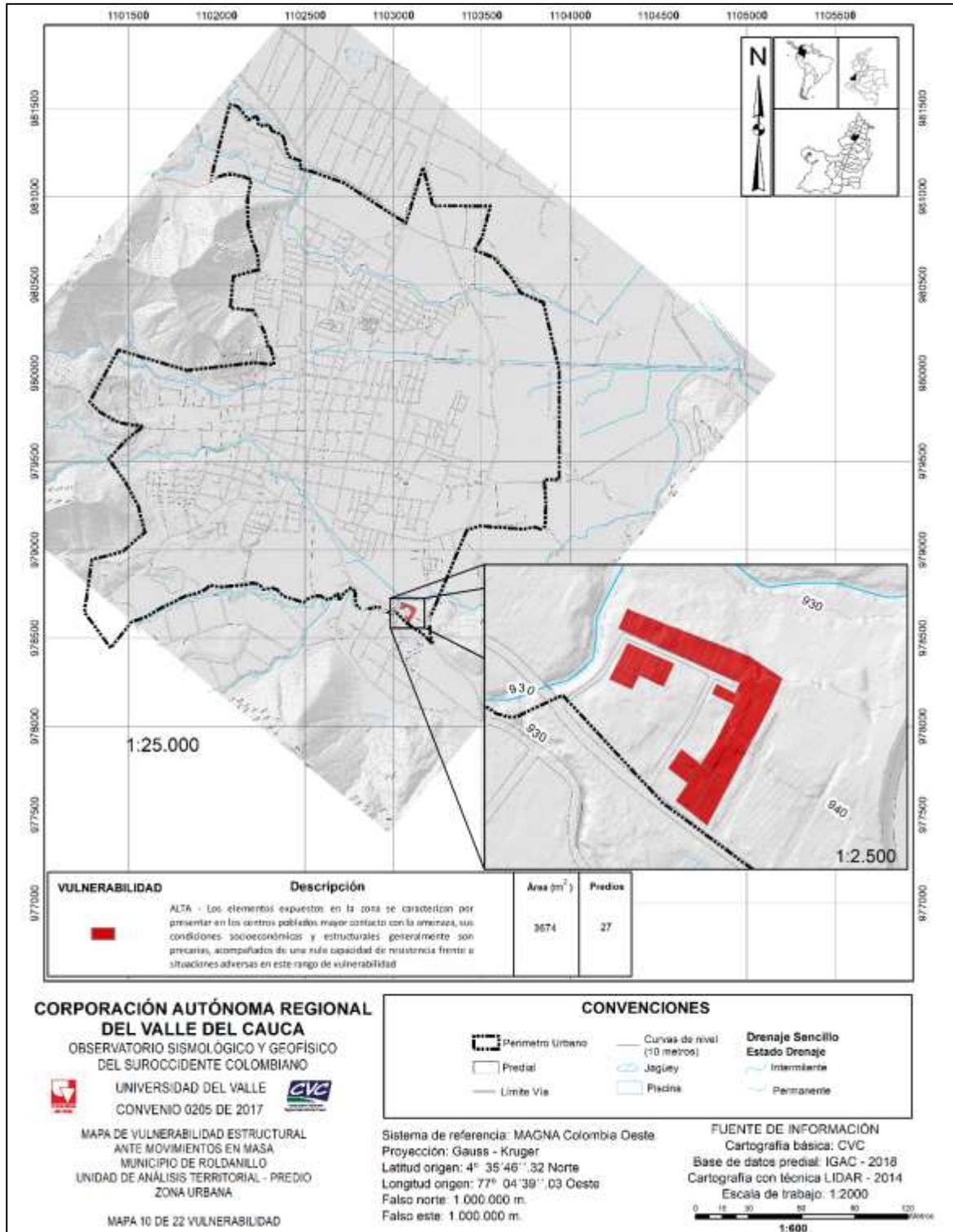
En el análisis de vulnerabilidad estructural se clasifico en el nivel alta, puesto que al presentar un nivel de exposición media, teniendo los parámetros establecidos para el análisis de exposición y una baja resistencia de las edificaciones considerando los factores como el tipo de material, el estado de conservación, la edad y el número de piso, dando como resultado esta vulnerabilidad (Tabla 5.22).

**Tabla 5.22.** Vulnerabilidad estructural predial (m<sup>2</sup>) ante movimientos en masa del área del municipio de Roldanillo

NIVEL DE VULNERABILIDAD	NÚMERO PREDIOS	ÁREA (m <sup>2</sup> ) PREDIAL
Alta	27	3674,3
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>27</b>	<b>3674,3</b>

**Fuente:** elaboración propia.

En la Figura 5.25 se espacializa la vulnerabilidad estructural ante movimiento en masa, el cual la zona del municipio que presenta vulnerabilidad por movimientos en masa es el barrio Villa Rosita al sur de área urbana del municipio de Roldanillo.



**Figura 5.25.** Vulnerabilidad estructural ante movimiento en masa del área urbana del municipio de Roldanillo.

**Fuente:** elaboración propia

## 6 ESCENARIOS DE AFECTACIÓN ANTE MOVIMIENTO EN MASA

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 Roldanillo, por los fenómenos 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.

### 6.1 AFECTACIÓN CORPORAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA

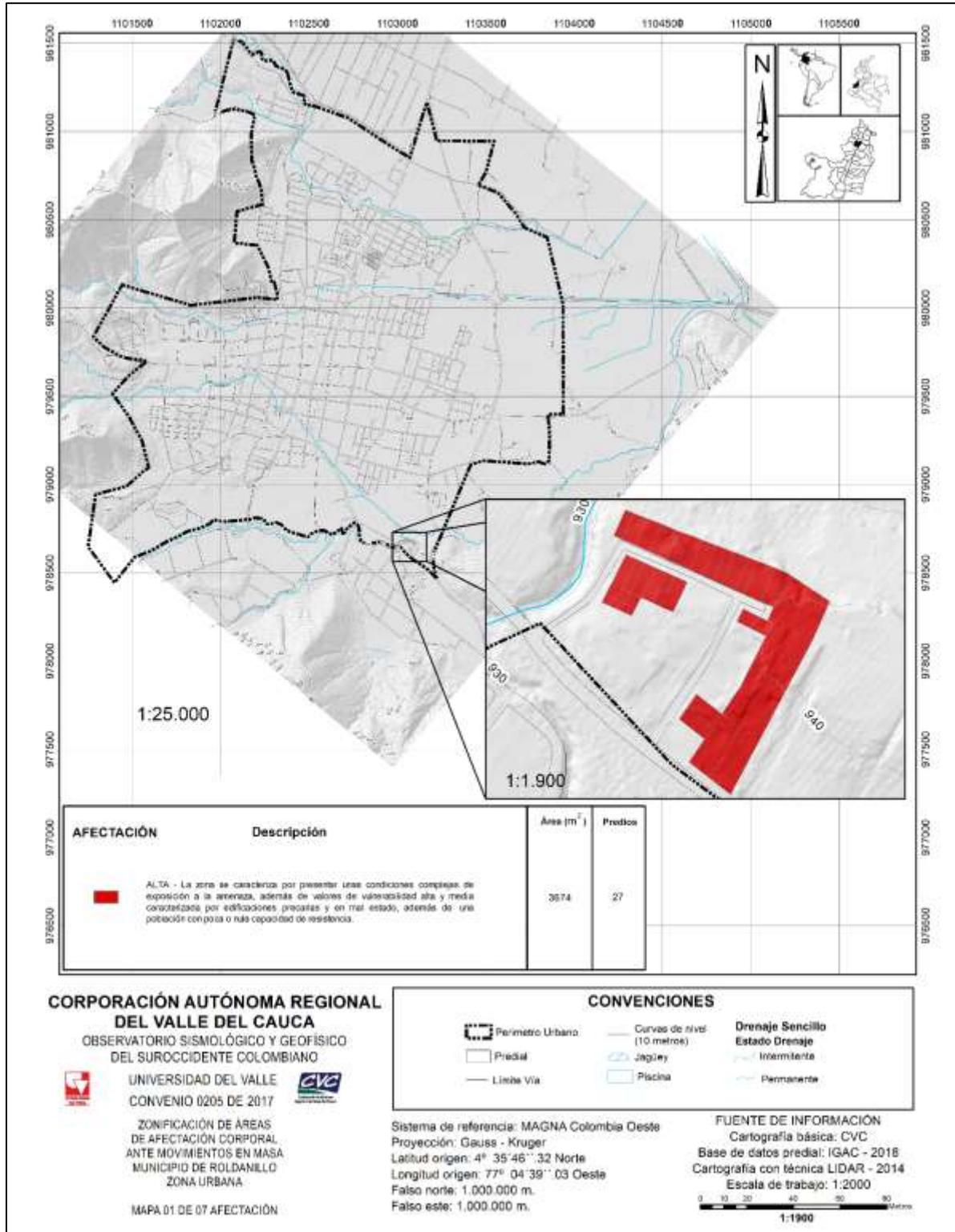
En el análisis de la afectación corporal se consideró la exposición el factor de resistencia ante los movimientos en masa de la población del área urbana del municipio de Roldanillo, el cual dio como resultado una posible afectación en la población alta siendo un total de 108 personas localizada en 27 predios con un área de 3674,3 m<sup>2</sup> (Tabla 6.1).

**Tabla 6.1.** Afectación corporal ante movimientos en masa por predio en el urbana del municipio de Roldanillo

NIVEL DE AFECTACIÓN	NÚMERO POBLACIÓN	ÁREA (M <sup>2</sup> )	NÚMERO PREDIOS
ALTA	108	3.674, 3	27
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>108</b>	3.674, 3	<b>27</b>

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

En la Figura 6.1 se espacializa la afectación de la población de la zona del municipio que presenta afectación alta por movimientos en masa, esta se localiza en el barrio Villa Rosita al sur de área urbana del municipio de Roldanillo.



**Figura 6.1.** Áreas de afectación corporal ante movimiento en masa del área urbana municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

## 6.2 AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA

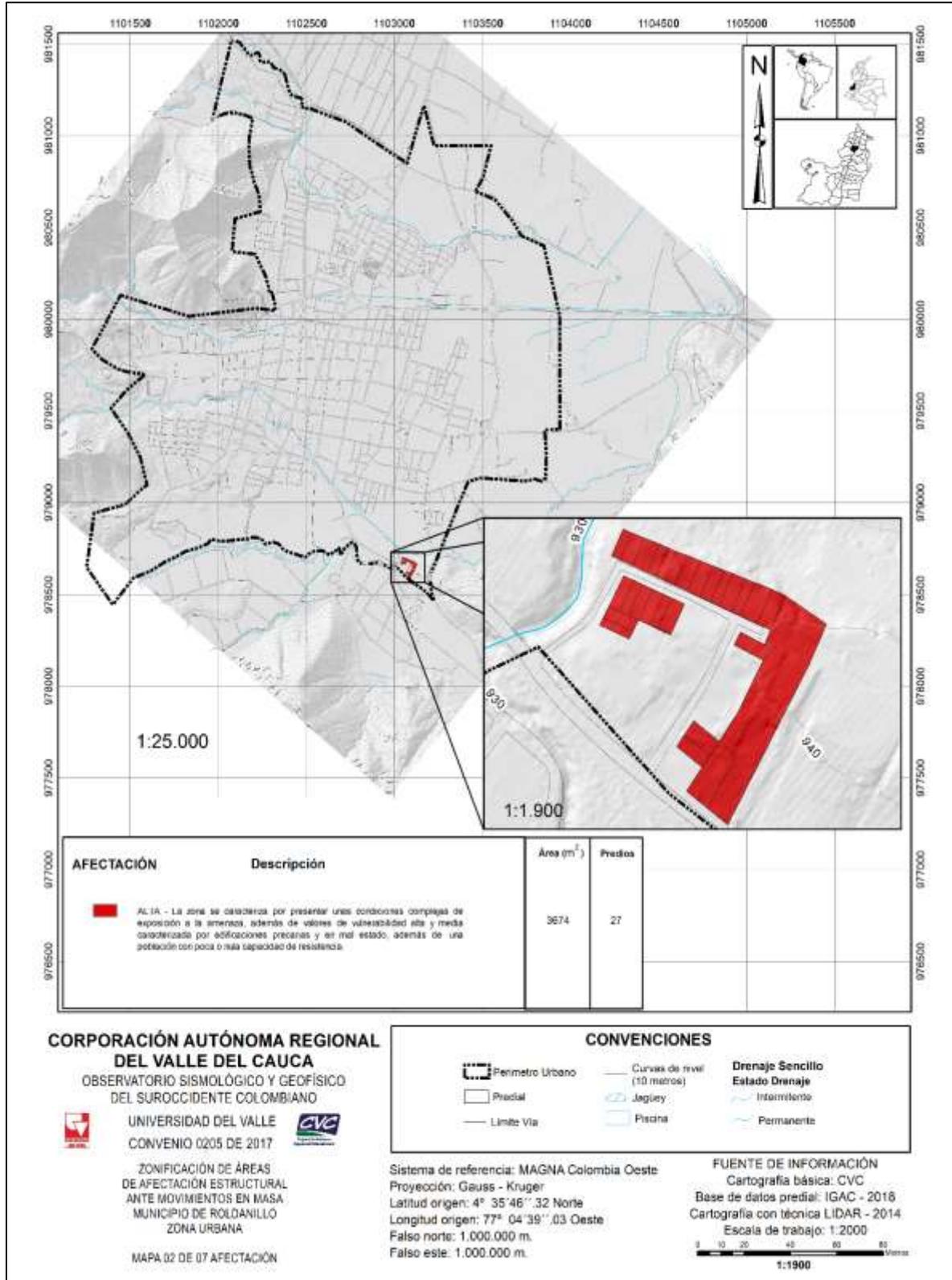
En el análisis de la afectación estructural se consideró la exposición, el factor de resistencia y la vulnerabilidad ante los movimientos en masa de las edificaciones del área urbana del municipio de Roldanillo, el cual dio como resultado una posible afectación en las edificaciones alta, siendo un total de 27 predios con un área de 3674,3 m<sup>2</sup> (Tabla 6.2).

**Tabla 6.2.** Afectación estructural predial (m<sup>2</sup>) ante movimientos en masa del área del municipio de Roldanillo

NIVEL DE NIVEL DE AFECTACIÓN	NÚMERO PREDIOS	ÁREA (m <sup>2</sup> ) PREDIAL
Alta	27	3674,3
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>27</b>	<b>3674,3</b>

**Fuente:** elaboración propia.

Figura 6.2 se espacializa la afectación de las edificaciones de la zona del municipio que presenta afectación alta por movimientos en masa, esta se localiza en el barrio Villa Rosita al sur de área urbana del municipio de Roldanillo.



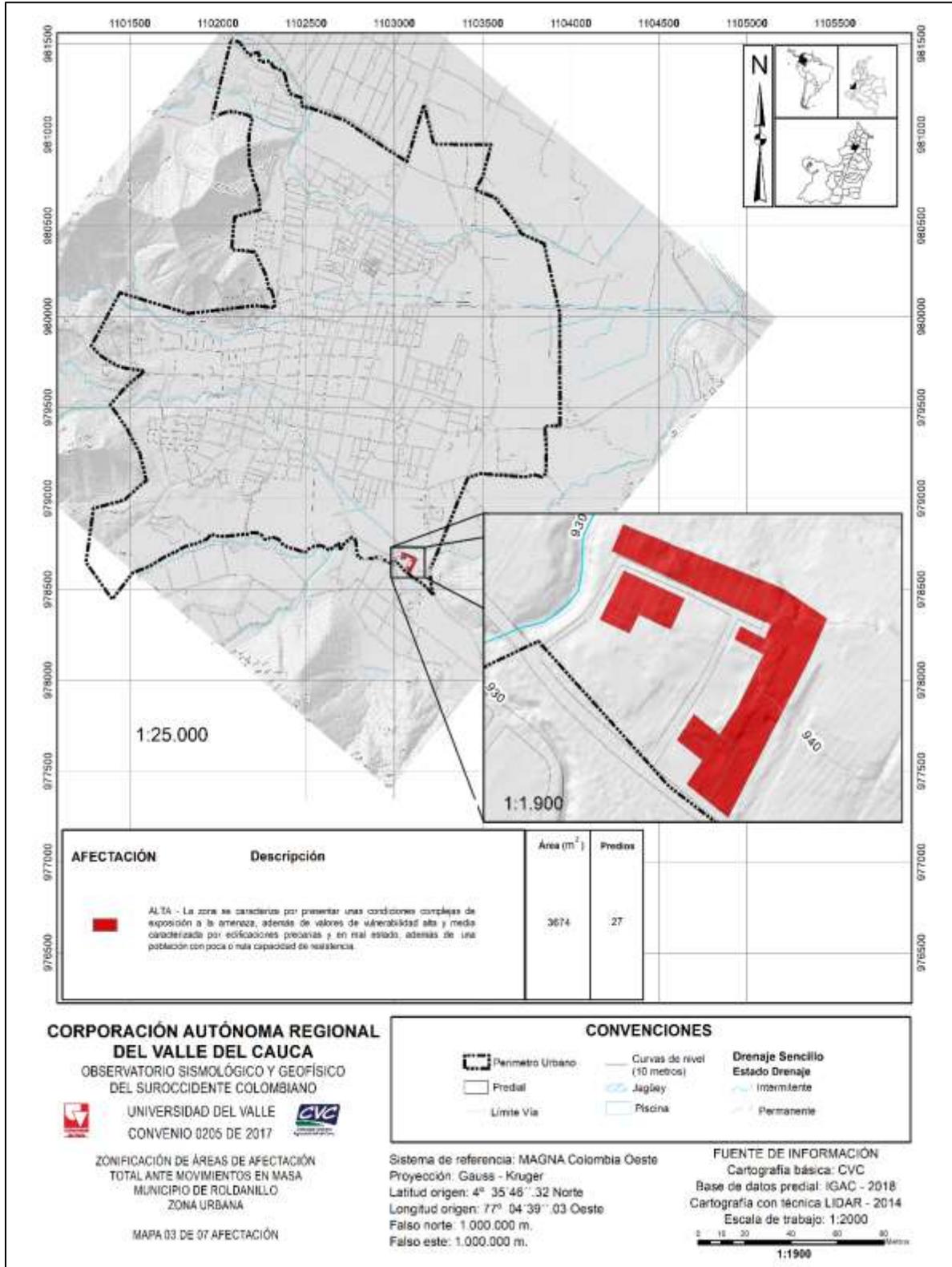
**Figura 6.2.** Áreas de afectación estructural ante movimiento en masa del área urbana municipio de Roldanillo  
**Fuente:** elaboración propia

### **6.3 AFECTACIÓN TOTAL ANTE MOVIMIENTOS EN MASA**

Las zonas de estudio ante el fenómeno de movimientos en masa, se estableció el escenario de afectación Alta con un área de 3674,3 m<sup>2</sup> donde se encontraron 27 construcciones.

- Afectación Alta: corresponde al área del barrio Villa Rosita del área urbana que presentan niveles de amenaza media y vulnerabilidad alta en estas zonas se deben plantear acciones y medidas con 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 deficiencia en los materiales de construcción y daños moderados o graves. La población con poca o nula capacidad de resistencia.

La Figura 6.3 se visualiza el nivel de afectación por movimiento en masa localizado en el barrio Villa Rosita en el área urbana del municipio



**Figura 6.3.** Áreas de afectación ante movimiento en masa del área urbana municipio de Roldanillo

**Fuente:** elaboración propia

## **7 CALCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONOMICAS PÉRDIDAS POR INUNDACIÓN Y MOVIMIENTOS EN MASA EL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO**

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 el 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, estamos más expuestos a los desastres naturales 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 y movimientos en masa a nivel nacional.

El municipio de Roldanillo, junto con otros municipios, presenta antecedentes de inundaciones y movimientos en masa, sobre todo en la temporada de máximas precipitaciones asociados al fenómeno ENSO en la fase fría (NIÑA), este fenómeno natural que es generado por los desbordamientos de los ríos Rey, Roldanillo, Cáceres y el Zanjón Ipira o Los Mudos han dejado afectaciones en la zona urbana del municipio. En cuanto a las afectaciones por movimientos en masa que se han presentado en el municipio ha sido en la zona rural. Sin embargo, de acuerdo al estudio geotécnico el barrio Villa Rosita es una de las zonas caracterizada en amenaza media.

Las inundaciones generan en la gran mayoría de los casos pérdidas económicas y otros daños que son incuantificables. Teniendo como consecuencias afectaciones en la zona urbana de las viviendas, red vial, red de gas, red de acueducto y alcantarillado, y otras infraestructuras. En la zona rural las pérdidas de cultivos entre otros. Por otro lado, las afectaciones en la salud de la población por lesiones, enfermedades respiratorias, gastroenteritis por contaminación de las fuentes de agua y enfermedades virales generadas por vectores y roedores, el dengue. Para la administración municipal las afectaciones parcial o completamente en las edificaciones educativas, hospitalarias e institucionales dejaría en un déficit fiscal al municipio. Así mismo, las inundaciones afectan las tierras agrícolas dejando pérdidas en los cultivos y de paso el suministro de alimentos a nivel local.

En el 2016, la gobernadora del Valle del Cauca, Dilian Francisca Toro, aprobó el plan de contingencia y centro logístico de abastecimiento para el departamento, con el fin de enfrentar las posibles emergencias por la presencia del fenómeno de la Niña que generalmente provoca inundaciones y crecientes en los afluentes del río Cauca, entre los municipios con una alta amenaza de inundación, crecientes súbitas y vendavales se encuentra Roldanillo según el director departamental de la Oficina para la Gestión del Riesgo de Desastres, Jesús Copete.

Considerando este contexto, se realiza una estimación de las posibles pérdidas económicas, ante la ocurrencia de una inundación. En primer lugar, se identificaron los elementos expuestos en la zonas de amenaza alta y media, se realiza la valoración económica de las posibles pérdidas por el escenario de inundación para el área urbana del municipio de Roldanillo, mediante la lista de

precios unitarios de la gobernación del Valle del Cauca, la lista de para el 2018, se estima el valor de un grupo de variables compuestas por i) el daño en la infraestructura social, como viviendas, centros de educación y centros hospitalarios; ii) los impactos en la salud, ocasionados por ejemplo por contagio de dengue; iii) los gastos del gobierno para atender el evento de inundación; iv) afectaciones en las vías y v) costo de reposición en tuberías de gases y redes de acueducto y alcantarillado.

## **7.1 CÁLCULO DE LAS POSIBLES PÉRDIDAS POR INUNDACIONES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO**

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 Roldanillo teniendo en cuenta las variables de los capítulos anteriores.

Acorde a la cantidad de predios en el área urbana del municipio de Roldanillo (5.144) amenazados, se realizan las estimaciones de las posibles pérdidas o costos asociados a una eventual inundación están divididos en 4 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).

### **7.1.1 identificación de los elementos expuestos en escenario de afectación ante inundación**

La identificación de los elementos expuestos se realizó considerando el escenario de amenaza por inundación. Para éstos se tiene en cuenta la clasificación de elementos corporales, estructurales y funcionales.

Puntualmente, la valoración se realizó para las viviendas y edificaciones esenciales (hospitales, centros educativos, hogar geriátrico). A continuación, se detallan los elementos localizados dentro del área de influencia amenazada medianamente y altamente por inundación.

#### **7.1.1.1 Edificaciones**

De acuerdo al censo que se realizó para la parte estructural del municipio, se encontró que los predios expuestos a amenaza alta y media están en su mayoría construidos en mampostería confinada y reforzada, y en menor cantidad de bahareque y de otros materiales. Además, en su mayoría el uso de suelo de la zona urbana de Roldanillo ha sido destinado para la construcción de vivienda (**Tabla 7.1**).

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

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	1.202	1.108	Residencial	2.230	2.260
Mampostería no reforzada	1.156	1.323	Comercial	85	115
Madera, tapia y bahareque	46	63	Mixto	87	120
Otro	8	16	Equipamientos	10	15
NR	56	166	NR	56	166
<b>TOTAL</b>	<b>2.468</b>	<b>2.676</b>	<b>TOTAL</b>	<b>2.468</b>	<b>2.676</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2.412</b>	<b>2.510</b>	<b>TOTAL</b>	<b>2.412</b>	<b>2.510</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 inundaciones de alturas mayores a 90 cms.**
  - a. **Elementos estructurales**
    - 4 edificaciones esenciales.
  - b. **Elemento funcional**
    - Institución educativa Belisario Peña Piñeiro, sede Eustaquio Palacios.
    - Institución educativa Belisario Peña Piñeiro, sede Primitivo Crespo.
    - Institución educativa Nuestra Señora de Chiquinquirá, Liceo Nuestra señora de Chiquinquirá.
    - Institución educativa Nuestra Señora de Chiquinquirá, Tomas Ignacio Esquivel.
- **Elementos expuestos a inundaciones de alturas entre 45 a 90 cms.**
  - a. **Elementos estructurales**
    - 3 edificaciones esenciales.
  - b. **Elementos funcionales**
    - Institución Educativa Normal Superior Jorge Isaacs, sede Carlos Villafañe
    - Institución Educativa Nuestra Señora De Chiquinquirá, sede Elvira Peña
    - Hospital Departamental San Antonio

Este análisis está basado principalmente en información del censo de inspección visual que se realizó a las estructuras de las edificaciones del área urbana del municipio de Roldanillo y el Censo

(2005), Sisben 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 y el centro hospitalario.

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 Roldanillo. 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

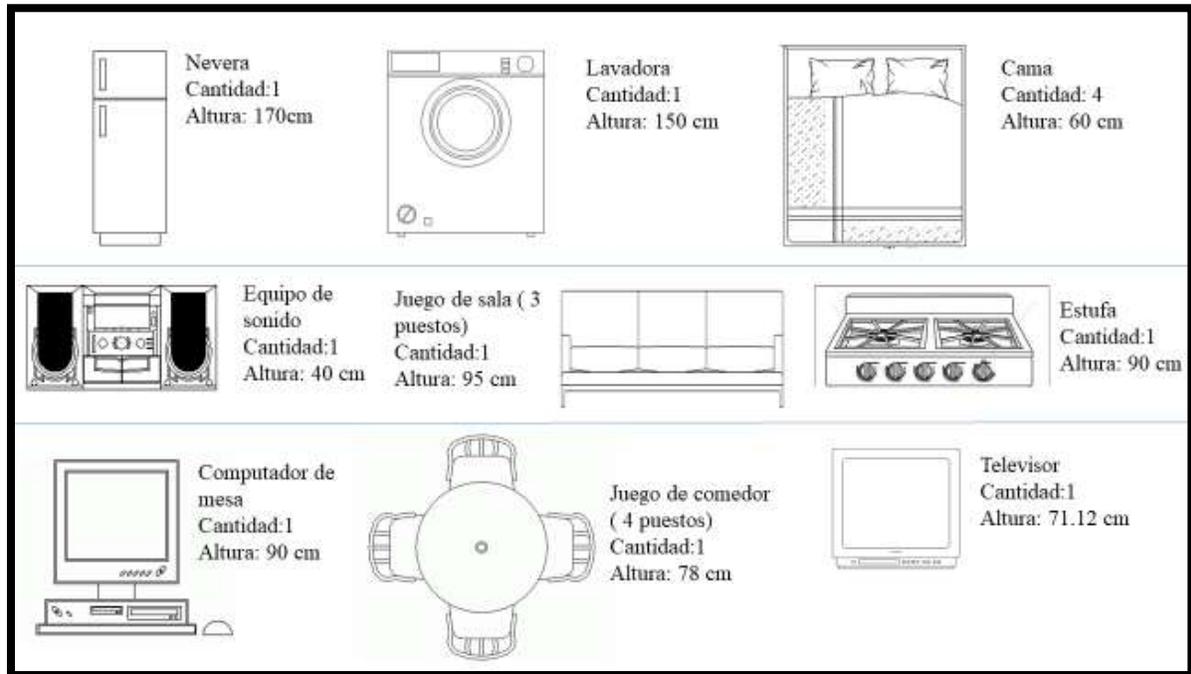
- De acuerdo a los datos de la base catastral del municipio el estrato socio-económico moda es 2. Por tal motivo se consideró que todas las viviendas ubicadas en el área de estudio del proyecto corresponderían a dicho estrato.
- El material predominante en los muros de las viviendas es mampostería confinada.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



**Figura 7.1:** Tipo de viviendas de diferentes del area urbana municipio de Roldanillo  
**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	CANT.	VALOR COMERCIAL PROMEDIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Nevera	1	696.000	696.000
TV a color <sup>1</sup>	1	514.000	514.000
Lavadora	1	922.900	922.900
Computador	1	889.000	889.000
Equipo de sonido <sup>2</sup>	1	379.000	379.000
Comedor <sup>3</sup>	1	999.875	999.875
Sala	1	1.112.375	1.112.375
Estufa <sup>4</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).

#### 7.1.2.4 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, encontrándose que hay un total de **1.230.413 m<sup>2</sup>** construidos que se encuentran en un nivel de amenaza, con un costo total aproximado de \$ 2.254.597.338.001 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 ante inundación

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)
<b>MEDIA</b>	2.230	716.037	\$ 1.115.528.642.001
<b>ALTA</b>	2.260	514.376	\$ 1.139.068.696.000
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 2.254.597.338.001</b>

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

<sup>1</sup> Se consideran televisores tecnología LED de 28"

<sup>2</sup> Equipos de sonido entre 500 y 1000 W

<sup>3</sup> Comedor de 4 puestos

<sup>4</sup> Se eligen estufas de 2 boquillas, a gas.

mobiliario y electrodomésticos, el material en que está construida la vivienda y la profundidad de 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 4.490 viviendas del área urbana del municipio de Roldanillo 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 correspondió a \$ \$ **212.018.330.513** de pesos (Tabla 7.5 y 7.6).

**Tabla 7.5.** Costo total de 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>	2.230	\$ 7.824.625.673	\$ 113.906.869.600
<b>ALTA</b>	<b>&gt; 0.90</b>	2.260	\$ 12.199.830.300	\$ 78.087.004.940
<b>TOTAL</b>		<b>4.490</b>	<b>\$ 20.024.455.973</b>	<b>\$ 191.993.874.540</b>

**Nota:** Se tomaron los valores con depreciación del contenido del 30%.

**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>	2.230	\$ 121.731.495.273
<b>ALTA</b>	<b>&gt; 0.90</b>	2.260	\$ 90.286.835.240
<b>TOTAL</b>		<b>4.490</b>	<b>\$ 212.018.330.513</b>

**Fuente:** elaboración propia.

### 7.1.2.7 Costo total de la infraestructura social

Finalmente, el costo total de la infraestructura social se obtuvo de la suma entre los costos del daño del contenido y los daños en las viviendas, tal como se observa en la Tabla 7.7.

**Tabla 7.7.** Costos totales de la infraestructura social afectada por inundaciones

COSTO TOTAL POR DAÑOS EN CONTENIDO	COSTO TOTAL POR DAÑOS EN ESTRUCTURA	TOTAL DAÑO EN VIVIENDAS	TOTAL DAÑO EN VIVIENDAS (USD) (1 USD = \$2950 COP)
\$ 20.024.455.973	\$ 191.993.874.540	\$ 212.018.330.513	\$ 71.870.621

**Fuente:** elaboración propia.

### 7.1.2.8 Posibles pérdidas por daños en las instituciones educativas

Realizando el mismo procedimiento que en el caso de las viviendas, el cálculo de las posibles pérdidas por daño a las Instituciones educativas se estima considerando, por un lado, el daño de la estructura y por el otro, el daño en el contenido.

### 7.1.2.9 Estimación del costo de daños en la estructura de las instituciones educativas

En este caso, se toma como base la información suministrada por el Ministerio de Educación Nacional (2018) y de acuerdo a los resultados del presente estudio, hay 6 sedes de 3 instituciones educativas que están en amenaza media y alta por escenario de inundación. amenazadas en donde se les da clase a 1.400 niños y jóvenes aproximadamente (Tabla 7.8).

**Tabla 7.8.** Instituciones educativas que se encuentran en amenaza media y alta por escenario de afectación por inundaciones

INSTITUCIÓN EDUCATIVA	SEDES	NÚMERO DE ESTUDIANTES	NIVEL EDUCATIVO
Belisario Peña Piñeiro	Eustaquio Palacios (1)	238	Preescolar y básica primaria
	Primitivo Crespo (2)	238*	Preescolar y básica primaria
Normal Superior Jorge Isaacs	Carlos Villafañe (3)	238*	Preescolar y básica primaria
Nuestra Señora de Chiquinquirá	Lic Fem Nuestra Señora De Chiquinquirá (4)	329	Bachiller
	Elvira Peña (5)	238	Preescolar y Básica primaria
	Tomas Ignacio Esquivel (6)	341	Preescolar, básica primaria y Básica secundaria

\*Información no disponible, se supone el mismo número de estudiantes por cada sede escolar.

**Fuente:** elaboración propia con datos del Ministerio de Educación Nacional (2018).

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

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

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

De esta manera, se estimó el valor de las posibles afectaciones (instituciones educativas y el gasto en la fase 2 para Roldanillo (Tabla 7.9).

**Tabla 7.9.** Costo total de la estructura de las sedes educativas. Precios de 2018.

COSTOS ESTIMADOS POR SEEDE EDUCATIVA EN FASE 2	NÚMERO DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS	COSTO TOTAL ESTRUCTURA EDUCATIVA
\$151.058.784	6	\$ 906.352.704

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

A pesar de que no se cuenta con información detallada del contenido de cada una de las instituciones educativas en la zona de amenaza, para el cálculo de las posibles pérdidas económicas se realiza por cada sede educativa los siguientes supuestos:

Cada sede (1-6):

- Cuentan con 6 aulas, 6 escritorios y 6 sillas.
- Se cuenta con dos computadores, 2 mesas de cómputo y 2 sillas.
- La sede (4): cuenta con una sala de sistemas, con 20 computadores, 20 mesas de cómputo y 20 sillas.
- El número de pupitres es igual al número de estudiantes.

En la Tabla 7.10, se presenta un estimativo del costo de cada uno de los enseres y muebles de un aula educativa.

**Tabla 7.10.** Muestra de almacenes para la determinación del precio de pupitres, mesas y sillas por sede educativa.

CONTENIDO	PRECIO (\$) HOMECENTER
Pupitre	99.900
Escritorio	299.000
Mesa de computo	138.900
Computador	1.500.000
Silla	64.900

**Fuente:** elaboración propia con lista de precios de Homecenter (2018).

Los precios utilizados son de 2018 y se establecieron a partir de una cotización realizada en HOMCENTER<sup>5</sup> de los artículos mencionados para el contenido de las instituciones educativas. De esta manera, multiplicando el número de aulas afectadas por el número de pupitres por salón y a su vez por el precio de cada pupitre (\$99.900), se obtuvo el costo total por pupitres dañados. El costo total para los computadores, mesa de cómputo y silla se obtuvo a partir de la suma de los costos de las sillas, mesas y computadores. Cada uno de estos costos surge de la multiplicación

<sup>5</sup>Se tomaron los precios más bajos de la muestra de precios.

entre la cantidad de sillas, mesas y computadores por sus respectivos precios (\$64.900 por silla, \$138.900 por mesa y \$1.500.000 por computador).

El costo total del contenido de las sedes educativas se obtuvo a partir de la suma del costo total de pupitres y el costo total por salas de sistemas dañadas. Lo anterior se encuentra en la Tabla 7.11

**Tabla 7.11.** Costo total del contenido de las sedes educativas. Precios de 2018

SEDE	COSTO PUPITRES	COSTO ESCRITORIOS	COSTO SILLAS	COSTO MESAS CÓMPUTO	COSTO COMPUTADOR	\$ / UNIDAD
1	\$ 23.776.200	\$ 1.794.000	\$519.200	\$277.800	\$3.000.000	\$ 29.367.200
2	\$ 23.776.200	\$ 1.794.000	\$519.200	\$277.800	\$3.000.000	\$ 29.367.200
3	\$ 23.776.200	\$ 1.794.000	\$519.200	\$277.800	\$3.000.000	\$ 29.367.200
4	\$ 32.867.100	\$ 1.794.000	\$1.817.200	\$3.055.800	\$33.000.000	\$ 72.534.100
5	\$ 23.776.200	\$ 1.794.000	\$519.200	\$277.800	\$3.000.000	\$ 29.367.200
6	\$ 34.065.900	\$ 1.794.000	\$519.200	\$277.800	\$3.000.000	\$ 39.656.900
<b>COSTO TOTAL DEL CONTENIDO DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS</b>						<b>\$ 229.659.800</b>
<b>TOTAL DAÑO EN ESTRUCTURA DE ESCUELAS (USD) (1 USD = \$2950 COP)</b>						<b>\$ 77.851</b>

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

#### 7.1.2.10 Estimación del costo total por el daño en las instituciones educativas

A continuación, se presentan los costos que surgen de la suma entre los costos en el contenido el cual considero el porcentaje de afectación de acuerdo con el posible costo de la reparación de las estructuras por escenario de inundación, según su nivel de amenaza, alcanzando un total de \$ **340.294.928** pesos para el nivel de amenaza media y el costo total de las instituciones educativas en amenaza alta es de \$ **775.160.536** pesos (Tabla 7.12).

**Tabla 7.12.** Costo total del contenido de las sedes educativas. Precios de 2018

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (M)	SEDES EDUCATIVAS EN AMENAZA MEDIA Y ALTA	DAÑO TOTAL POR SEDES EDUCATIVAS (\$)
Media	0.45 – 0.90	Carlos Villafañe (3)	\$ 170.147.464
		Elvira Peña (5)	\$ 170.147.464
Alta	> 0.90	Eustaquio Palacios (1)	\$ 180.425.984
		Primitivo Crespo (2)	\$ 180.425.984
		Lic Fem Nuestra Señora D Chiquinquirá (4)	\$ 223.592.884
		Tomas Ignacio Esquivel (6)	\$ 190.715.684
<b>TOTAL DAÑO EN SEDES EDUCATIVAS EN AMENAZA MEDIA Y ALTA</b>			<b>\$ 1.115.455.464</b>
<b>TOTAL DAÑO EN VIVIENDAS (USD) (1 USD = \$2950 COP)</b>			<b>\$ 378.120,50</b>

**Fuente:** elaboración propia.

Finalmente, estos costos surgen de la suma entre los costos en el contenido de las escuelas afectadas con el posible costo de la reparación de las estructuras por escenario de inundación, alcanzando un total de \$ **1.345.115.264** de pesos tal como se observa en la Tabla 7.13.

**Tabla 7.13.** Costo total por las escuelas afectadas con la inundación

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	SEDE EDUCATIVAS EN AMENAZA MEDIA Y ALTA	COSTO TOTAL DE DAÑOS DE CONTENIDOS	COSTO DAÑO TOTAL POR SEDES EDUCATIVAS (\$)	TOTAL
Media	0.45 – 0.90	3	\$ 29.367.200	\$ 170.147.464	\$ 199.514.664
		5	\$ 29.367.200	\$ 170.147.464	\$ 199.514.664
Alta	> 0.90	1	\$ 29.367.200	\$ 180.425.984	\$ 209.793.184
		2	\$ 29.367.200	\$ 180.425.984	\$ 209.793.184
		4	\$ 72.534.100	\$ 223.592.884	\$ 296.126.984
		6	\$ 39.656.900	\$ 190.715.684	\$ 230.372.584
<b>TOTAL DAÑO EN SEDES EDUCATIVAS EN AMENAZA MEDIA Y ALTA</b>			<b>\$ 229.659.800</b>	<b>\$ 1.115.455.464</b>	<b>\$ 1.345.115.264</b>
<b>TOTAL DAÑO EN SEDES EDUCATIVAS (USD) (1 USD = \$2950 COP)</b>			<b>\$ 77.851</b>	<b>\$ 378.120,50</b>	<b>\$ 455.971,28</b>

**Fuente:** elaboración propia con base en la lista de precios de Homecenter (2018) y la base Catastral del municipio de Roldanillo (2018).

### 7.1.2.11 Posibles pérdidas económicas del Hospital Departamental San Antonio

A partir de la información catastral, se determinó que el número de centros hospitalarios corresponde a 1: Hospital Departamental San Antonio de Roldanillo E.S.E. Es una institución del Segundo Nivel de Atención, adscrito a la Secretaría Departamental de Salud del Valle, e integrante del Sistema General de Seguridad Social en Salud. Este centro hospitalario presta servicios de salud de baja y mediana complejidad. En consecuencia, se realizan acciones de promoción, prevención, tratamiento y rehabilitación de la salud.

La inversión social en salud que se destinó para este hospital que se definió en la Ejecución Presupuestal de Ingresos del Valle del Cauca, se estableció que el presupuesto para el funcionamiento del año 2017 es de \$ 17.761.402.582, de los cuales \$ 8.781.660.000 se destinaran al mantenimiento y funcionamiento del mismo. De acuerdo, a la base de datos catastral, esta edificación conforme con su tipo de construcción y ubicación tiene un valor de \$ 14.376.704.000 pesos.

Teniendo en cuenta el nivel de amenaza media del centro médico, se hace el supuesto de afectación del 7% en su estructura física por las inundaciones, por ende, \$ 1.006.369.280 de pesos serían el costo aproximado por las posibles pérdidas en infraestructura y en cuanto al contenido se estima el 65% porcentaje de daño, perdiéndose aproximadamente ese porcentaje del presupuesto invertido en el hospital para su funcionamiento, es decir, \$ 5.708.079.000 de pesos. En total el costo de las posibles pérdidas por escenario de inundación para el hospital es de \$ **6.714.448.280** pesos (Tabla 7.14).

**Tabla 7.14.** Posible costo total por afectaciones en el Hospital Departamental San Antonio de Roldanillo E.S.E, por amenaza media ante inundación.

COSTO DE INFRAESTRUCTURA	COSTO DE CONTENIDO	COSTO TOTAL	TOTAL (USD) (1 USD = \$2950 COP)
\$ 1.006.369.280	\$ 5.708.079.000	\$ 6.714.448.280	\$ 2.276.084

**Fuente:** elaboración propia a partir de información del Avalúo Catastral de Roldanillo y la Ejecución Presupuestal de Ingresos para la inversión en salud del Valle del Cauca.

### 7.1.2.12 Costo total de la infraestructura social

Finalmente, el costo total de la infraestructura social se obtuvo de la suma entre los costos del daño en las viviendas, sedes educativas y centros hospitalarios, tal como se observa en la Tabla 7.15.

**Tabla 7.15.** Resumen de los posibles costos totales de la infraestructura social afectada por inundaciones

RESUMEN DE COSTOS DE INFRAESTRUCTURA SOCIAL	PRECIOS DE 2018
Costo de las viviendas	\$ 212.018.330.513
Costos de las sedes educativas	\$ 1.115.455.464
Costo de los centros hospitalarios	\$ 6.714.448.280
<b>COSTO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL</b>	<b>\$219.848.234.257</b>
<b>COSTO TOTAL (USD) (1 USD = \$2950 COP)</b>	<b>74.524.825,2</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## 7.1.3 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.

### 7.1.3.1 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 el Instituto Nacional de Salud para el año 2016 <sup>6</sup>en el valle del Cauca es en donde se ha reportado los mayores brotes de dengue. De acuerdo con la información disponible de Protección Social y Salud <sup>7</sup>se establece que en el municipio de Roldanillo el año 2017 se registraron 29 casos de dengue y 2 casos de dengue grave; se estableció que el costo por paciente contagiado con dengue con el supuesto de un día de hospitalización tiene un costo total de \$227.200<sup>8</sup> y por dengue grave tiene un costo total de \$834.090<sup>9</sup> con 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 7.16.

**Tabla 7.16.** 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	29	\$ 227.200	\$ 6.588.800
Dengue grave	2	\$ 834.090	\$ 1.668.180
<b>COSTO TOTAL PERSONAS CONTAGIADAS CON DENGUE</b>			<b>\$ 8.256.980</b>
<b>COSTO TOTAL (\$USD) (1 USD = 2.950 COP)</b>			<b>\$ 2.799</b>

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

#### 7.1.4 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.

##### 7.1.4.1 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 monto se actualiza a través del IPC. De esta manera, la Tabla 7.17 muestra los diferentes tipos de inversiones que dichas instituciones ejecutarían para mitigar una emergencia por inundaciones en

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Salud. Situación epidemiológica de dengue por municipios hiperendémicos, Colombia, semana epidemiológica 03, 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

la zona de estudio, lo cual representa el gasto del gobierno para situaciones de este tipo (Tabla 7.18).

**Tabla 7.17.** 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 7.18.** Costos por asistencia alimentaria y aseo por cada familia posiblemente afectada ante escenarios de afectación 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	2.230	\$ 360.850	\$ 2.472.000	\$ 804.695.500	\$ 5.512.560.000
Alta	> 0.90	2.260	\$ 360.850	\$ 2.472.000	\$ 815.521.000	\$ 5.586.720.000
<b>Total</b>		4.490	\$ 360.850	\$ 2.472.000	<b>\$ 1.620.216.500</b>	<b>\$ 11.099.280.000</b>

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

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

El valor total de los costos por asistencia a damnificados por posibles inundaciones en el municipio de Roldanillo, según escenarios de afectación de media y alta sumando los costos de asistencia en vivienda y costos de asistencia alimentaria y aseo (Tabla 7.19).

**Tabla 7.19.** Costo total por posible asistencia a damnificados ante escenarios de afectación por inundación.

ESCENARIO DE AFECTACIÓN	ALTURA DE AGUA (m)	NÚMERO DE VIVIENDAS (FAMILIAS)	VALOR ASISTENCIA EN VIVIENDAS (\$)	VALOR TOTAL ASISTENCIA EN ALIMENTO Y ASEO (\$)	VALOR TOTAL ASISTENCIA (\$)
Media	0.45 – 0.90	2.230	\$5.512.560.000	\$ 804.695.500	\$ 6.317.255.500
Alta	> 0.90	2.260	\$5.586.720.000	\$ 815.521.000	\$ 6.402.241.000
<b>TOTAL</b>		4.490	\$ 11.099.280.000	\$ 1.620.216.500	<b>\$ 12.719.496.500</b>
<b>TOTAL (USD) (1 USD = \$2950)COP</b>					<b>\$ 4.311.694</b>

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

#### 7.1.5 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.

### 7.1.5.1 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.

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 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 Roldanillo, siendo en total 34,97 kilómetros de vías amenazados por el escenario de inundación. Los posibles daños que se ocasionaran 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 basó en 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 Valle 2018-2 del Instituto Nacional de Vías (Tabla 7.20).

**Tabla 7.20.** 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 7.21 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.

**Tabla 7.21.** 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
MEDIA	0.45 – 0.90	14,23	70.000.000	996.100.000
ALTA	> 0.90	20,74	70.000.000	1.451.800.000
TOTAL		34,97	70.000.000	2.447.900.000
TOTAL (\$USD) (1USD = 2950 COP)				\$ 829.797

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

### 7.1.6 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.

#### 7.1.6.1 Afectaciones en tuberías de gases

La red de gas natural domiciliario 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 6,91 km lineales de tubería de gas expuestas 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 \$ **2.266.687.300** de pesos aproximadamente (Tabla 7.22 y Tabla 7.23).

**Tabla 7.22.** 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 7.23.** 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 (\$)
MEDIA	0.45 – 0.90	3,43	\$328.030.000	\$ 1.125.142.900
ALTA	> 0.90	3,48	\$328.030.000	\$ 1.141.544.400
TOTAL		<b>6,91</b>	\$328.030.000	<b>\$ 2.266.687.300</b>
TOTAL (\$USD) (1USD = 2950 COP)				<b>\$ 768.369</b>

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

### 7.1.6.1.1 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 y media es de 28,1 km lineales, alcanzando un costo total por reposición de \$ 5.990.639.000 pesos (Tabla 7.24 y Tabla 7.25). Mientras tanto, hay un total 28,77 km de tubería de Acueducto expuestos a amenaza alta y media por el escenario de afectación por inundación, teniendo un costo de reposición aproximado de \$ 18.502.821.330 (Ver Tabla 7.26 y

Tabla 7.27).

**Tabla 7.24.** 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 de la Gobernación del Valle (2017).

**Tabla 7.25.** 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 (\$)
MEDIA	0.45 – 0.90	11,45	\$ 213.190.000	\$ 2.441.025.500
ALTA	> 0.90	16,65	\$ 213.190.000	\$ 3.549.613.500
<b>TOTAL</b>		<b>28,1</b>	\$ 213.190.000	\$ 5.990.639.000
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2950 COP)</b>				<b>\$ 2.030.725</b>

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

**Tabla 7.26.** 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 Gobernación del Valle (2017) y lista de precios unitarios de empresa PAVCO del año 2018.

**Tabla 7.27.** 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 (\$)
MEDIA	0.45 – 0.90	12,88	\$ 643.129.000	\$ 8.283.501.520
ALTA	> 0.90	15,89	\$ 643.129.000	\$ 10.219.319.810
<b>TOTAL</b>		<b>28,77</b>	\$ 643.129.000	\$ 18.502.821.330
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2950 COP)</b>				<b>\$ 6.272.143</b>

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

### 7.1.7 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 7.28.

**Tabla 7.28.** Resumen de 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 = \$2950 COP)
	MEDIA	ALTA		
Daño en viviendas	\$ 121.731.495.273	\$ 90.286.835.240	\$ 212.018.330.513	\$ 71.870.621
Daño en centros educativos	\$ 340.294.928	\$ 775.160.536	\$ 1.115.455.464	\$ 378.120
Daño en centro hospitalario	\$ 6.714.448.280	0	\$ 6.714.448.280	\$ 2.276.084
Afectaciones en salud	**	**	8.256.980	2.799
Asistencia del gobierno	\$ 6.317.255.500	\$ 6.402.241.000	\$ 12.719.496.500	\$ 4.311.694
Afectaciones en vías	996.100.000	1.451.800.000	2.447.900.000	829.797
Afectaciones en red de gas	\$ 1.125.142.900	\$ 1.141.544.400	\$ 2.266.687.300	\$ 768.369
Afectaciones en red de acueducto	\$ 8.283.501.520	\$ 10.219.319.810	\$ 18.502.821.330	\$ 6.272.143
Afectaciones en red de alcantarillado	\$ 3.549.613.500	\$ 2.441.025.500	\$ 5.990.639.000	\$ 2.030.725
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$ 149.057.851.901</b>	<b>\$ 112.717.926.486</b>	<b>\$ 261.784.035.367</b>	<b>\$ 88.740.352</b>
<b>COSTOS TOTALES (USD) (1 USD = \$2950 COP)</b>			<b>\$ 88.740.352</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 CÁLCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE ROLDANILLO**

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 estos. 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 estas razones, estamos más expuestos a los desastres naturales que tienen consecuencias devastadoras en los ámbitos sociales, económicos y de infraestructura. El departamento del Valle del Cauca, en varios de sus municipios se han presentado movimientos en masa, lo que ha generado pérdidas económicas y afectaciones en la población especialmente en la temporada de máximas precipitaciones, además de olas invernales asociados al fenómeno ENSO en la fase fría (NIÑA).

En el 2016, la gobernadora del Valle del Cauca, Dilian Francisca Toro, aprobó el plan de contingencia y centro logístico de abastecimiento para el departamento, con el fin de enfrentar las posibles emergencias que se pueden por la presencia del fenómeno de la Niña que generalmente provoca inundaciones, crecientes en los afluentes y movimientos en masa.

En el Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres el municipio de Roldanillo no consideraron los movimientos en masa en la zona urbana, sin embargo, los estudios geotécnicos realizados en para este estudio se identificó el barrio Villa Rosita como una zona que ser afectada por procesos de movimientos 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 realiza una estimación de las posibles pérdidas económicas, ante la ocurrencia de un movimiento en masa. La zonificación establecida en el estudio geotécnica de amenaza, la zona del barrio Villa Rosita se encuentra en un nivel de amenaza media. En primer lugar, se identificaron los elementos expuestos en la zonas de amenaza media, se realiza la valoración económica de las posibles pérdidas por el escenario de movimientos en masa para el área urbana del municipio de Roldanillo, mediante la lista de precios unitarios de la gobernación del Valle del Cauca, la lista de para el 2017, se estima el valor de un grupo de variables compuestas por i) el daño en la infraestructura social, como viviendas, centros de educación y centros hospitalarios; ii) los impactos en la salud, ocasionados por ejemplo por contagio de dengue; iii) los

gastos del gobierno para atender el evento de inundación; iv) afectaciones en las vías y v) costo de reposición en tuberías de gases y redes de acueducto y alcantarillado.

### 7.2.1 Identificación de los elementos expuestos en escenario de afectación 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, Funcionales.

Puntualmente, la valoración se realizó solo para las viviendas, debido que se presenta amenaza baja o nula en el resto de la infraestructura social. A continuación, se detallan los elementos localizados dentro del área de influencia amenazada.

De acuerdo con el censo que se realizó para la parte estructural del municipio, se encontró que solo hay amenaza media en 27 predios de uso residencial de la zona urbana. Estos en su mayoría están contruidos en mampostería no reforzada.

#### 7.2.1.1 Edificaciones

De acuerdo al censo realizado para análisis estructural de la zona urbana del municipio, se encontró que los predios expuestos en amenaza media (volumen de tierra entre 100 m<sup>3</sup> y 106 m<sup>3</sup>) están en su mayoría contruidos en mampostería no reforzada, y en menor cantidad de bahareque y de otros materiales. Además, en su mayoría el uso de suelo de la zona urbana de Roldanillo ha sido destinado para la construcción de vivienda (Tabla 7.29).

**Tabla 7.29.** Clasificación de elementos estructurales y funcionales expuestos al escenario de afectación ante movimientos en masa media en el municipio de Roldanillo.

TIPOS DE ESTRUCTURAS		FUNCIONALIDAD DE LOS ELEMENTOS	
TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO DE VIVIENDAS AMENAZA MEDIA	USO DE LAS VIVIENDA	NÚMERO DE VIVIENDAS AMENAZA MEDIA
Mampostería confinada	1	Residencial	27
Mampostería no reforzada	26	Comercial	0
Madera, tapia y bahareque	0	Mixto	0
Otro	0	Equipamientos	0
NR	0	NR	0
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>TOTAL</b>	<b>27</b>

**Fuente:** elaboración propia.

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.

Acorde a los predios amenazados (27), 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 y v) afectaciones de redes de gases.

#### **7.2.1.2 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 redes 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 deslizamientos de tierra se desestabilizan o se destruyeran los cimientos.

##### **7.2.1.2.1 Edificaciones**

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 7.30), teniendo en cuenta la lista de precios de un almacén de cadena principal del municipio. Se usó la misma tipificación de vivienda (Figura 7.2) realizada para el escenario de inundación debido a que las características socioeconómicas son similares.

#### **7.2.1.3 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 que pudiera tener cada uno de estos bienes y la estructura de la vivienda. Para ello se consideró la intensidad medida en velocidad y la magnitud que es medida por el volumen de la tierra. Luego, se estima 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 7.30.** 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 (M/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%

**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 Roldanillo (2018). Se obtuvo el área total construida y el costo de las viviendas en amenaza media, encontrándose que el promedio de áreas construida es de 139 m<sup>2</sup> que se encuentran en un nivel de amenaza, con un costo total aproximado de \$ **1.755.000.000** pesos (Tabla 7.31).

**Tabla 7.31.** Promedio en (m<sup>2</sup>) construido por vivienda y costo total aproximado de Viviendas en Amenaza alta y media

VIVIENDAS EN AMENAZA MEDIA			
NIVEL DE AMENAZA DE ACUERDO AL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	CANTIDAD DE VIVIENDAS	PROMEDIO m <sup>2</sup> CONSTRUIDO POR VIVIENDA	COSTO TOTAL APROXIMADO (CONSTRUCCIÓN Y UBICACIÓN DEL SITIO)
Media (100 < V < 106)	27	139	1.755.000.000

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

### 7.2.1.3.1 Costo total por el daño en viviendas

Estimados los porcentajes de daño, se procedió a multiplicar éstos por el costo de las viviendas y por el costo promedio del contenido respectivamente. 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. Luego, éste costo es multiplicado por el número de viviendas que se encuentran en amenaza media (27) por movimientos en masa. La suma de los costos encontrados para el área de afectación asociado a las viviendas afectadas el cual correspondió \$ **1.900.750.185** de pesos (Tabla 7.32).

**Tabla 7.32.** Costo total de por daños en contenido y estructura en viviendas, según nivel 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)	27	\$ 145.750.185	\$ <b>1.755.000.000</b>	\$ 1.900.750.185
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	\$ 145.750.185	\$ <b>1.755.000.000</b>	\$ 1.900.750.185
<b>TOTAL DAÑO EN ESTRUCTURA DE ESCUELAS (USD) (1 USD = \$2950 COP)</b>				<b>\$ 644.322</b>

**Nota:** Se tomaron los valores con depreciación del contenido del 30%.

**Fuente:** elaboración propia.

### 7.2.2 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.

### 7.2.2.1 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, particularmente en los municipios de Bolívar, Roldanillo y Versalles los cuales conforman la zona de estudio del presente documento. Este monto se actualiza a través del IPC. De esta manera, la Tabla 7.33 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 7.33.** 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.

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

En la Tabla 7.34 se muestra el costo de asistencia a las familias por parte del estado al ser afectadas por la ocurrencia de un evento por movimiento en masa.

**Tabla 7.34.** Costos por asistencia alimentaria y aseo por cada familia posiblemente afectada ante escenarios de afectación por movimiento en masa.

NIVEL DE AMENAZA DE ACUERDO AL VOLUMEN DE TIERRA (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
<b>Media</b> (100 < V < 106)	27	\$ 360.850	\$ 2.472.000	\$ 9.742.950	\$ 66.744.000
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>\$ 360.850</b>	<b>\$ 2.472.000</b>	<b>\$ 9.742.950</b>	<b>\$ 66.744.000</b>
<b>TOTAL (USD) (1 USD = \$2950)COP</b>				<b>\$ 3.302</b>	<b>\$ 22.625,1</b>

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

El valor total de los costos por asistencia a damnificados por posibles inundaciones en el municipio de Roldanillo, según escenarios de amenaza de media sumando los costos de asistencia en vivienda y costos de asistencia alimentaria y aseo (Tabla 7.35).

**Tabla 7.35.** Costo total por posible asistencia a damnificados ante escenarios de amenaza por inundación.

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 (\$)
<b>Media</b> (100 < V < 106)	27	\$ 66.744.000	\$ 9.742.950	\$ 76.486.950
<b>TOTAL</b>				\$ 76.486.950
<b>TOTAL (USD) (1 USD = \$2950)COP</b>				<b>\$ 25.928</b>

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

### 7.2.3 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.

#### 7.2.3.1 Afectaciones en la infraestructura vial

En caso del escenario de movimiento en masa, 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.

#### 7.2.3.2 Costos por posibles afectaciones en la red vial

De la información levantada para el presente estudio se determinó la infraestructura vial expuesta en el municipio de Roldanillo, siendo en total 0,079 kilómetros lineales de vías amenazados por el escenario de afectación por 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 7.36).

**Tabla 7.36.** 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	70.000.000	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 7.37 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 kilómetros indicados.

**Tabla 7.37.** 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)	0,079	70.000.000	<b>\$5.530.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,079</b>	70.000.000	<b>\$5.530.000</b>
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2950 COP)</b>			<b>\$1,874.58</b>

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

## 7.2.4 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.

### 7.2.4.1 Costos por posibles afectaciones en red de gas natural domiciliario

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 0.22 km lineales de tubería de gas natural domiciliario expuestas a amenaza 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 natural domiciliario, siendo un total de **\$72.166.600** de pesos aproximadamente (Tabla 7.22 y Tabla 7.23).

**Tabla 7.38.** 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 7.39.** Costos de reposición de tubería de gases por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

NIVEL DE AMENAZA DE ACUERDO AL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	LONGITUD (km)	VALOR/KILÓMETRO (\$)	VALOR TOTAL
Media (100 < V < 106)	0,22	\$328.030.000	<b>\$72.166.600</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,22</b>	<b>\$328.030.000</b>	<b>\$72.166.600</b>
<b>TOTAL (\$USD) (1USD = 2950 COP)</b>			<b>\$24.463,3</b>

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

### 7.2.5 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, siendo un total de **\$ 422.783.736** de pesos aproximadamente.

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

TIPOS DE DAÑOS O AFECTACIÓN	COSTOS ASOCIADOS A POSIBLES PÉRDIDAS EN CADA UNO DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR MOVIMIENTO EN MASA (VOLUMEN DE TIERRA m <sup>3</sup> )		
	COSTOS ASOCIADOS	TOTAL	(USD) (1 USD = \$2950 COP)
	100<v<106		
Daño en viviendas	\$268.600.186	\$ 268.600.186	\$ 91.051
Asistencia del gobierno	\$76.486.950	\$ 76.486.950	\$ 25.928
Afectaciones en vías	\$5.530.000	\$ 5530000	\$1,874.58
Afectaciones en red de gas natural domiciliario	\$72.166.600	\$72.166.600	\$24.463,3
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$ 422.783.736</b>	<b>\$ 422.783.736</b>	<b>\$ 160.196,8</b>
<b>COSTOS TOTALES (USD) (1 USD = \$2950 COP)</b>			<b>\$ 160.196,8</b>

**Fuente:** elaboración propia

## CONCLUSIONES

Los estudios geotécnicos realizados en este proyecto para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, surgieron de acuerdo a la necesidad del municipio ante la CVC debido a un proceso jurídico que se presenta con el barrio La Ceiba, al quedar clasificado como zona de alto riesgo no mitigables en la formulación del Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT del año 2000.

El municipio de Roldanillo no contaba con estudios básicos de amenaza por inundación y movimientos en masa, sin embargo, tenían identificado las zonas que habían sido afectadas por el fenómeno de inundación. En cuanto al fenómeno de movimiento en masa en la revisión histórica establecida en el estudio desde el año 1970 hasta marzo de 2018 en el área urbana no se ha presentado eventos de movimiento en masa, sin embargo, se consideró en los estudios de detalle por los requerimientos jurídicos del municipio por parte de los habitantes del barrio La Ceiba que se evaluará la clasificación de zona de alto riesgo establecidas en el PBOT del año 2000.

La historicidad evidencia zonas donde se han presentado eventos pasados, que sirven de base, para la realización de medidas de mitigación ante inundaciones, por ejemplo, obras de control de inundaciones, que promuevan la protección de las comunidades, además, evidencia patrones de recurrencia de los eventos y su posible afectación.

Las inundaciones en el municipio de Roldanillo ocasionan pérdidas económicas, familias damnificadas, y en algunos casos como en el año de 1981 pérdida de vidas humanas, además, el deterioro de la infraestructura vial, el sistema de alcantarillado y reducción en la actividad productiva.

La principal causa, es la ausencia de la planificación integral y la gestión del riesgo de inundaciones, las cuales se presentan, generalmente, por la falta de coordinación y trabajo conjunto de los organismos de apoyo ante la ocurrencia de estos eventos.

La probable ocurrencia de una creciente con periodo de retorno de 100 años en los ríos Roldanillo, El Rey y El Cáceres y el Zanjón los Mudos afectaría un área de 2.161.749 m<sup>2</sup> en la zona urbana del municipio y la zona de expansión. Las áreas identificadas en la zonificación de amenaza y que se consideraron para el estudio de vulnerabilidad, escenarios de afectación y posibles pérdidas fueron las que se clasificaron en amenaza alta y media por inundación son las siguiente:

En amenaza alta se tienen 1160870 m<sup>2</sup> en las cuales se encuentran 2676 construcciones  
En amenaza media se tienen 1000879 m<sup>2</sup> donde se encontraron 24681 construcciones.

De acuerdo con la metodología de zonificación de amenaza por inundaciones establecida en el estudio, dado que se trata de una frecuencia o periodo de retorno de las crecientes en los ríos Roldanillo, El Rey y El Cáceres y el Zanjón los Mudos de 100 años (es decir, frecuencia baja), la clasificación de la amenaza en alta, media y baja dependerá de la magnitud de la profundidad y la velocidad del agua en las áreas afectadas, así: amenaza alta, cuando la profundidad es mayor o igual a 0,90 m; amenaza media, cuando la profundidad de agua se halla entre 0,45 y 0,90 m; y amenaza baja, cuando la profundidad de agua es inferior a 0,45 m.

En cuanto a la vulnerabilidad corporal el 38.5% y vulnerabilidad estructural 40.4% de la zona urbana del municipio se encuentra en Vulnerabilidad baja correspondiente a los barrios cuyas condiciones de infraestructura, economías y en general medios de subsistencia son adecuados. En este rango se pueden ubicar los barrios El Portal, Tres de Mayo, Panorama, Rey Bajo, la mayor parte del barrio San Nicolas, Fátima, Rodrigo Lloreda, el Oasis y Los Alpes. Cabe aclarar que, aunque en los resultados del estudio, los barrios que se encuentra con vulnerabilidad baja, no debe entenderse la no implementación de programas para la reducción de la vulnerabilidad, porque los límites de esta pueden ser de gran sensibilidad sobre todo en aspectos socioeconómicos

La Vulnerabilidad media corporal y estructural se expresa en el 34.2% y 30,4% respectivamente, cuyas condiciones de las edificaciones, la edad y las condiciones físicas de la población en general son aceptables. A este rango corresponden los barrios Guerrero, los Arrayanes, zonas del barrio Doña Emma, La Ermita, San Nicolas, Bosque del Edén, siendo es necesario implementar estrategias de educación para la reducción de la vulnerabilidad.

El área de estudio se encuentra en Vulnerabilidad alta corporal y estructural con el 29,2% y el 27,3%, corresponde a las zonas que presentan mayor contacto con la amenaza, sus condiciones socioeconómicas son precarias y poseen escasa o nula capacidad de respuesta para hacer frente a situaciones adversas, a este rango de vulnerabilidad, es necesario implementar estrategias de concientización en cuanto a las medidas de construir las viviendas y las materiales a utilizar, además de la localización cerca de las márgenes de los ríos puesto que se agrava si se tiene en cuenta su grado de exposición.

En todos los casos es prioritario dentro de los procesos de gestión del riesgo que orienta la ley 1523 de 2012 la administración municipal, las entidades privadas y la comunidad son responsable en la priorización de las acciones enfocadas a la reducción de la vulnerabilidad en el municipio.

La relación 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 elaborar un mapa de afectación, en la zona urbana del municipio de Roldanillo por los fenómenos de inundación y movimientos en masa a partir del desarrollo de la metodología propuesta en este estudio, se ve reflejada en el gran aporte que realiza 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 dichos fenómenos.

Los resultados arrojados en análisis de afectación en la ponderación de la afectación corporal y afectación estructural ante inundaciones presentan cifras similares en los tres niveles de afectación,

sin embargo las áreas que se clasificaron con niveles de afectación alta y media se deben implementar de programas, acciones y medidas tendientes a disminuir la afectación.

*Afectación Baja:* La zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza relativamente bajos al igual que unas condiciones de vulnerabilidad bajas con el 35%. Los daños que pueden presentarse en las edificaciones son ligeros no estructurales sin que se vea afectada la estabilidad de las mismas.

*Afectación Media:* La zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza moderada, al igual que unos niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural relativamente moderados con el 33%. Deben realizarse pequeñas obras de mitigación para reducir la exposición frente a 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. Las áreas que quedaron bajo esta clasificación son los barrios Los Arrayanes y Guerrero con mayor área

*Afectación Alta:* La zona se caracteriza por presentar unas condiciones complejas de exposición a la amenaza, además de una vulnerabilidad alta caracterizada por edificaciones en mal estado, una población con poca o nula capacidad de resistencia es del 32%. Los daños que pueden presentarse son la destrucción parcial de las edificaciones, pérdidas de vidas humanas, igualmente afectación en la funcionalidad de las líneas vitales. En cuanto a la población que se encuentra en riesgo asentada en las márgenes de los ríos y el zanjón los mudos, se recomienda un reasentamiento de estos núcleos poblacionales. Debido que los ríos y zanjones deben tener una franja de protección de 30 m en cada una de las márgenes, los cuales no podrán albergar ningún tipo de población. Las áreas que quedaron bajo esta clasificación son los barrios Llanitos, El Obrero, las márgenes del río Roldanillo en los barrios La Ermita, José Joaquín Jaramillo.

Teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 5794 de 2011 define Las Zonas de Alto Riesgo No Mitigable se considera que las zonas clasificadas en zonas de afectación alta y alta no mitigable (riesgo no mitigable) son zonas en las que se ha construido sin tener en cuenta las zonas de protección de los afluentes, que al presentarse un evento no cuenta con el espacio necesario para su dinámica hidráulica. Las zonas que se clasificaron en nivel de afectación alta no mitigable con un áreas de 36682 m<sup>2</sup> correspondiente al 12% localizándose algunas áreas en las márgenes de los ríos Roldanillo en los barrios La Ermita y Llanitos y el Rey barrios Los Arrayanes, Tres de Mayo y Daña y el Zanjón los Ipira en el barrio Carlos Holguín.

Las zonas de afectación alta mitigables corresponden a 274972 al 88% del área que se encuentra clasificadas en amenaza alta y vulnerabilidad alta y afectación alta por inundaciones de la zona urbana y de expansión del municipio.

Los resultados arrojados en el escenario de afectación alta por movimientos en masa

Áreas amenazadas en el municipio por movimientos en masa:

El área total es de 3674,3 m<sup>2</sup> expuesta al fenómeno de movimiento en masa corresponde a zonas de amenaza media, donde se encontraron 27 construcciones.

*Afectación Alta:* corresponde al área del barrio Villa Rosita del área urbana que presentan niveles de amenaza media y vulnerabilidad alta en estas zonas se deben plantear acciones y medidas con 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 deficiencia en los materiales de construcción y daños moderados o graves. La población con poca o nula capacidad de resistencia.

## RECOMENDACIONES

- Realizar seguimiento permanente a los diferentes factores de amenaza, vulnerabilidad y afectación por la autoridad municipal y las entidades privadas implicadas en los procesos de gestión del riesgo en el municipio, debido a la complejidad de las interacciones presentes en escenarios sociales y ambientales donde la dinámica de los procesos es variable.
- 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 los ríos Roldanillo, El Rey y Cáceres y el Zanjón Los Mudos con el fin de recuperar las zonas de protección definidas por la ley.
- Actualizar el Plan Municipal de Gestión de Riesgo e incorporarlo en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial teniendo en cuenta este estudio, en el cual se realizó la zonificación de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación por inundaciones y movimientos en masa.
- Realizar los estudios de zonificación de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación en la zona rural del municipio.

## REFERENCIAS

- Alcaldía del Municipio de Roldanillo (2000). Acuerdo N° 157 del 14 de noviembre de 2000, por medio del cual se adopta el Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT. Roldanillo. Colombia
- Alcaldía del Municipio de Roldanillo (2012). Formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgos de Desastre. Roldanillo. Colombia
- Alcaldía de Roldanillo, (2016). Acuerdo 006 del 31 de mayo de 2016, Por el cual se adopta el Plan de Desarrollo del Municipio de Roldanillo- Roldanillo, Colombia
- 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>
- 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
- 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.
- 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.
- Naciones Unidas Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres -UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra Suiza.

- Ministerio de Economía y Finanzas -MEF- y Cooperación Técnica Alemana – GTZ (2006). Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo. Recuperado de: <http://www.eird.org/esp/cdcapra/pdf/spa/doc16603/doc16603-a.pdf>.
- 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.