

**PASANTÍA COMO AUXILIAR EN LA IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE
RIESGO EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.**



**PRESENTADO POR:
ANDRÉS FELIPE RENGIFO BOTINA
CÓDIGO: 100415021063**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN - CAUCA**

2020

**PASANTÍA COMO AUXILIAR EN LA IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE
RIESGO EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.**



**PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO
PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

MODALIDAD PASANTÍA

**PRESENTADO POR:
ANDRÉS FELIPE RENGIFO BOTINA**

CÓDIGO: 100415021063

**DIRECTOR:
MARÍA VICTORIA MONDRAGÓN MACA
MSc. EN CIENCIAS EN INGENIERÍA CIVIL CON ÉNFASIS EN ESTRUCTURAS**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN - CAUCA**

2020

Nota de aceptación

El director y jurado de la práctica profesional, “**Pasantía como auxiliar en la identificación de escenarios de riesgo en el municipio de Popayán**”, una vez evaluado el informe final y la sustentación del mismo, autorizan al egresado para que desarrolle las gestiones administrativas para optar por el título de Ingeniero Civil.

MSc. María Victoria Mondragón Maca

Director de pasantía.

Jurado 1.

Jurado 2.

Popayán, ____ de _____ de 2020

CONTENIDO

1. Introducción	7
2. Justificación	8
3. Objetivos	9
3.1. Objetivo general	9
3.2. Objetivos específicos	9
4. Empresa receptora	10
5. Duración de la pasantía	11
6. Descripción de la dependencia de la pasantía	11
7. Desarrollo del trabajo de pasantía	13
7.1. Identificación y caracterización general de escenarios de riesgo.	13
7.1.1. Descripción general del municipio	13
7.1.2. Visita técnica realizada en la vereda los Cerrillos:	16
7.1.3. Visita técnica realizada en el barrio Alfonso López:	19
7.1.4. Visita técnica realizada en el barrio Plateado	16
8. Visitas hogares comunitarios del ICBF.	17
9. Modelación de viviendas TIPO	20
9.1. Vivienda TIPO 1:.....	20
9.1.1. Avalúo de cargas:	21
9.1.2. Cálculo de fuerzas sísmicas y rigideces de muros:	24
9.1.3. Resultados método fuerza horizontal equivalente:	25
9.1.4. Chequeo de muros:	28
9.1.5. Chequeo derivas:	30
9.1.6. Espesor mínimo de muro:	32
9.1.7. Área mínima de muros confinados por nivel:	32
9.1.8. Columnas de confinamiento:	33
9.1.9. Ubicación de las columnas de confinamiento:	34
9.1.10. Discusión de los resultados obtenidos:	34
9.2. Vivienda TIPO 2:	36
9.2.1. Avalúo de cargas:	37
9.2.2. Cálculo de fuerzas sísmicas y rigideces de muros:	41

9.2.3.	Resultados método fuerza horizontal equivalente:	42
9.2.4.	Chequeo de muros:	47
9.2.5.	Chequeo derivas:	52
9.2.6.	Espesor mínimo de muro:	54
9.2.7.	Área mínima de muros confinados por nivel:	54
9.2.8.	Columnas de confinamiento:	56
9.2.9.	Ubicación de las columnas de confinamiento:	56
9.2.10.	Discusión de los resultados obtenidos:	57
10.	<i>Visitas técnicas a los poligonos priorizados para el municipio de Popayán.....</i>	58
	POLÍGONO DE YANACONAS:.....	58
11.	<i>Recomendaciones.....</i>	67
12.	<i>Conclusiones</i>	68
13.	<i>bibliografía</i>	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Siglas representativas de la entidad (Recuperado de: https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/).....	10
Figura 2 Organigrama Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres para el Municipio de Popayán (Fuente: Elaboración propia)	12
Figura 3 Localización del Municipio de Popayán (Fuente: PMGRD).....	13
Figura 4 Mapa División Política del Área Urbana del Municipio de Popayán (Fuente: POT, 2002).....	14
Figura 5 Mapa División Político Administrativa del Área Rural del Municipio de Popayán (Fuente: POT,2002).....	15
Figura 6 Parte alta del deslizamiento (Fuente: Propia)	17
Figura 7 Ancho del deslizamiento (Fuente: Propia)	17
Figura 8 Grietas sobre el terreno (Fuente: Propia).....	18
Figura 9 Vivienda expuesta, ubicada en la parte baja del talud (Fuente: Propia)	18
Figura 10 Mapa de zonificación de amenaza escala 1:25.000 para el área rural, (Fuente: Mapa elaborado con el programa ArcMap 10.5)	19
Figura 11 Pórticos de guadua improvisados (Fuente: Propia)	20
Figura 12 Muro medianero del costado (Fuente: Propia)	20
Figura 13 Muro de contención utilizando llantas (Fuente: Propia).....	16
Figura 14 Parte superior del muro (Fuente: Propia).....	16
Figura 15 Punto de encuentro	18
Figura 16 Botiquín	18

Figura 17 Capacitación a la comunidad	18
Figura 18 Fachada del Hogar Comunitario	19
Figura 19 Extintor	19
Figura 20 Dibujo en planta de vivienda tipo 1 (Fuente: Elaboración propia).....	20
Figura 21 Ilustración gráfica de la ubicación de columna intermedia (Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=TtxfQa2Jm2U&list=PLhl4Uu-9Z7Fxcz-- WifJz4GzRJ7dHUQBd&index=5&t=0s&app=desktop)	35
Figura 22 Dibujo en planta de vivienda tipo 2, del nivel 1 (Fuente: Elaboración propia).....	36
Figura 23 Dibujo en planta de vivienda tipo 2, del nivel 2 (Fuente: Elaboración propia).....	36
Figura 24 Localización área de estudio Yanaconas. (Fuente: Servicio Geológico Colombiano).58	
Figura 25 Visita con representantes de las diferentes dependencias de la alcaldía municipal (Fuente: Propia).....	59
Figura 26 Excavaciones en cantera. parte superior antenas de telecomunicaciones (Fuente: Propia)	59
Figura 27 Disposición de escombros de construcción sobre el borde del rio molino (Fuente: Propia)	60
Figura 28 Perfil de suelo E-E' – Yanaconas (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas).....	60
Figura 29 Propiedades y parámetros geotécnicos del suelo. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas).....	61
Figura 30 Mapa de amenaza por movimientos en masa escala. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas).....	62
Figura 31 Porcentaje de acuerdo al número de pisos en el sector. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas).....	63

Figura 32 Porcentaje de acuerdo a las edades de la edificaciones. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas).....64

Figura 33 Porcentaje de acuerdo al sistema estructural. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas).....65

Figura 34 Mapa de vulnerabilidad por movimientos en masa . (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas).....65

Figura 35 Mapa de Zonificación de riesgo. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas)66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de carga de diseño.....	21
Tabla 2 Cálculo de propiedades de las losas	21
Tabla 3 Análisis sísmico en la dirección X	22
Tabla 4 Análisis sísmico en la dirección Y	22
Tabla 5	23
Resumen del análisis sísmico	23
Tabla 6 Resultados obtenidos del análisis sísmico para la losa 1	23
Tabla 7 Módulos de elasticidad de los materiales empleados.....	24
Tabla 8 Parámetros requeridos por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente	24
Tabla 9	25
Resultados obtenidos por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente.....	25
Tabla 10	26
Resultados de cortante obtenidos para sismo en dirección X	26
Tabla 11	26
Derivas obtenidas para sismo en dirección X	26
Tabla 12	27
Resultados de cortante obtenidos para sismo en dirección Y	27
Tabla 13	27
Derivas obtenidas para sismo en dirección Y	27
Tabla 14	28
Verificación de muros en dirección Y de la losa 1	28
Tabla 15	29

Verificación de muros en dirección X de la losa 1	29
Tabla 16 Verificación de derivas sismo en dirección Y	30
Tabla 17 Verificación de derivas sismo en dirección X.....	31
Tabla 19 Valores de carga de diseño.....	37
Tabla 20 Cálculo de propiedades de las losas	37
Tabla 21 Análisis sísmico en la dirección X	38
Tabla 22 Análisis sísmico en la dirección Y	38
Tabla 23	39
Resumen del análisis sísmico.....	39
Tabla 24 Resultados obtenidos del análisis sísmico para la losa 2	39
Tabla 25 Resultados obtenidos del análisis sísmico para la losa 1	40
Tabla 26 Módulos de elasticidad de los materiales empleados.....	41
Tabla 27 Parámetros requeridos por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente	41
Tabla 28	42
Resultados obtenidos por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente.....	42
Tabla 29	43
Cortantes obtenidos para sismo en dirección X	43
Tabla 31	44
Resultados de cortante obtenidos para sismo en dirección Y	44
Tabla 32	44
Derivas obtenidas para sismo en dirección Y	44
Tabla 33	45
Cortantes obtenidos para sismo en dirección X	45
Tabla 34	45

Derivas obtenidas para sismo en dirección X	45
Tabla 35	46
Cortantes obtenidos para sismo en dirección Y	46
Tabla 36	46
Derivas obtenidas para sismo en dirección Y	46
Tabla 37	47
Verificación de muros en dirección Y de la losa 1	47
Tabla 38	49
Verificación de muros en dirección X de la losa 1	49
Tabla 39	50
Verificación de muros en dirección Y de la losa 2	50
Tabla 40	51
Verificación de muros en dirección X de la losa 2	51
Tabla 41 Verificación de derivas sismo en dirección X losa 1	52
Tabla 42 Verificación de derivas sismo en dirección Y losa 1	52
Tabla 43 Verificación de derivas sismo en dirección X losa 2	53
Tabla 44 Verificación de derivas sismo en dirección Y losa 2	54
Tabla 45 Longitudes de los muros vivienda tipo 2 primer nivel en ambos sentidos	55

Informe pasantía como auxiliar en la identificación de escenarios de riesgo en el municipio de Popayán.

Propuesta de grado – pasantía

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la Ingeniería Civil, la mejor forma que un profesional logra desenvolverse en el mundo laboral, es participando en un escenario real, el cual le permita adquirir habilidades de liderazgo, integridad y responsabilidad, afrontando dificultades reales que complementen su formación académica obtenida en la Universidad del Cauca, es por esto, que para optar al título de Ingeniero Civil, el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil mediante la resolución N° 820 del 14 de octubre de 2014, permiten al estudiante participar en una práctica profesional (Pasantía), con el fin de desarrollar y potencializar las competencias necesarias para el buen ejercicio de la profesión.

Con base en lo anterior, la práctica profesional se realizó en la Oficina Asesora de Gestión del Riesgo y Manejo de Desastres (OAGR), ubicada en la ciudad de Popayán, la cual ofrece la oportunidad al pasante de participar en procesos de trabajo, los cuales contemplan el apoyo en la realización de visitas técnicas a zonas donde se evidencian la aparición de fenómenos de origen natural o antrópico, manifestados en deslizamientos, inundaciones, avenidas torrenciales, incendios forestales y sismos, asociados al cambio climático.

Por otra parte, dentro del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) del municipio de Popayán, se realizó la justificación técnica de las zonas o polígonos de riesgo priorizados para el municipio, por lo cual una vez caracterizados dichos polígonos, se realizaron salidas de campo, con las diferentes dependencias de la alcaldía municipal, con el fin de evaluar dichos escenarios y plantear posibles soluciones. En este sentido, se escogió al barrio Junín como zona o polígono de estudio, debido a los grandes problemas que presenta, brindando un aporte técnico desde la Ingeniería civil. Dicho aporte consistió en una verificación estructural a las viviendas tipo encontradas en este sector, donde de acuerdo a los resultados obtenidos se realizaron sugerencias y recomendaciones de tipo estructural.

De esta manera se garantiza que los resultados obtenidos en esta práctica cumplan los objetivos planteados, permitiendo adquirir la experiencia necesaria para el futuro desempeño profesional, aplicando activamente los conocimientos y criterios desarrollados a lo largo del periodo de aprendizaje universitario.

2. JUSTIFICACIÓN

En la formación del ingeniero civil se debe tener cuenta que además de la sólida base teórica adquirida durante la etapa académica, es también importante la práctica, el ejercicio serio y responsable de la actividad profesional, dado que permite comprobar nuestros criterios.

El objetivo del ingeniero civil es modificar el entorno de manera favorable para suplir necesidades esenciales en términos de infraestructura; es por ello que cualquier rama seleccionada dentro de esta área, debe ser ejercida en un contexto social, cultural y económico.

Dentro de esta pasantía se quieren lograr conocimientos los cuales se adquieren exclusivamente al realizar prácticas como esta; y es así, como con la experiencia de ser pasante se aprenderá la interrelación con profesionales de la ingeniería y de la construcción, obteniendo de los mismos además de su experiencia en la materia, una experiencia de vida.

Por último, es importante mencionar la gran responsabilidad que conlleva, pertenecer a una entidad tan importante como la OAGRD, ya que un término o concepto mal empleado puede ocasionar pérdidas materiales y en el peor de los casos pérdida de vidas humanas.

De esta manera al finalizar el desarrollo de la pasantía se logrará contar con un mayor compromiso social y cultural, además se tendrá una mayor capacidad para planear, dirigir, organizar y controlar proyectos a futuro.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Servir de apoyo técnico a la Oficina Asesora de Gestión del Riesgo y manejo de Desastres (OAGRD).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los Escenarios de Riesgo, a partir de la condición de la amenaza, los elementos expuestos y su vulnerabilidad, de acuerdo a los formatos de la oficina asesora de gestión del riesgo.
- Evaluación de zonas vulnerables, mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG), tales como ArcGis.
- Modelación de viviendas en zonas de mayor vulnerabilidad, con el fin de verificar su comportamiento estructural, mediante herramientas computacionales.
- Verificación de condiciones de funcionamiento adecuadas a Hogares Comunitarios del ICBF.
- Realizar visitas técnicas a los 17 polígonos caracterizados por zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo físico por movimientos en masa del municipio de Popayán.

4. EMPRESA RECEPTORA



Figura 1 Siglas representativas de la entidad (Recuperado de: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/>)

Misión: La gestión del riesgo es responsabilidad de todas las autoridades y de los habitantes del territorio colombiano. En cumplimiento de esta responsabilidad, las entidades públicas, privadas y comunitarias desarrollarán y ejecutarán los procesos de gestión del riesgo, entendiéndose: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, en el marco de sus competencias, su ámbito de actuación y su jurisdicción, como componentes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

Visión: La gestión del riesgo constituye una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población.

5. DURACIÓN DE LA PASANTÍA

El tiempo exigido por la Universidad del Cauca, en la modalidad de pasantía, es de quinientas setenta y seis (576) horas, iniciando el primer (1) día del mes de octubre de dos mil diecinueve (2019) y culminando a los treinta (31) días del mes de diciembre de dos mil diecinueve (2019).

6. DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA DE LA PASANTÍA

La OAGRD, fue creada por el acuerdo 7 del 23 de abril de 2013, con el objetivo de dirigir la implementación de la gestión del riesgo de desastres, atendiendo la política pública de desarrollo sostenible y coordinar el funcionamiento y el desarrollo continuo del Sistema Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres SMGRD.

La Gestión del Riesgo de Desastres se desarrolla mediante tres procesos, que son: el conocimiento del riesgo, reducción del riesgo, y manejo de desastres. Cada equipo de trabajo se encarga de cumplir con el desarrollo de los subprocesos que componen cada uno de los procesos. (En la gráfica 1, se puede observar la estructura organizacional y los profesionales referentes en cada uno de los procesos anteriormente mencionados).

La presente pasantía se desarrolló dentro del área de “reducción del riesgo”, el cual está dirigido a disminuir las condiciones de riesgo existentes, utilizando medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza y disminuir la vulnerabilidad de las personas, bienes, infraestructura y los recursos ambientales.

Para identificar y caracterizar los escenarios de riesgo, en el municipio de Popayán, se contó con el apoyo de los diferentes vigías (personas voluntarias de la comunidad), ubicados en las zonas o polígonos más vulnerables, cada uno de ellos con equipos de comunicación (radios inalámbricos), para estar en permanente contacto con la central de la oficina de riesgos.

Así mismo se ejecutaron visitas técnicas, por parte de los pasantes y profesionales encargados de la OAGRD, apoyados en la metodología de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo, y algunos aportes metodológicos del Servicio Geológico Colombiano en los escenarios de remoción en masa. Las visitas técnicas incluyen el manejo de equipo técnico como GPS, mapas topográficos, brújula, flexómetro, libretas de campo y cámara para registro de evidencias, así como el uso de los formatos de la UNGRD para identificación y caracterización de escenarios de Riesgo.

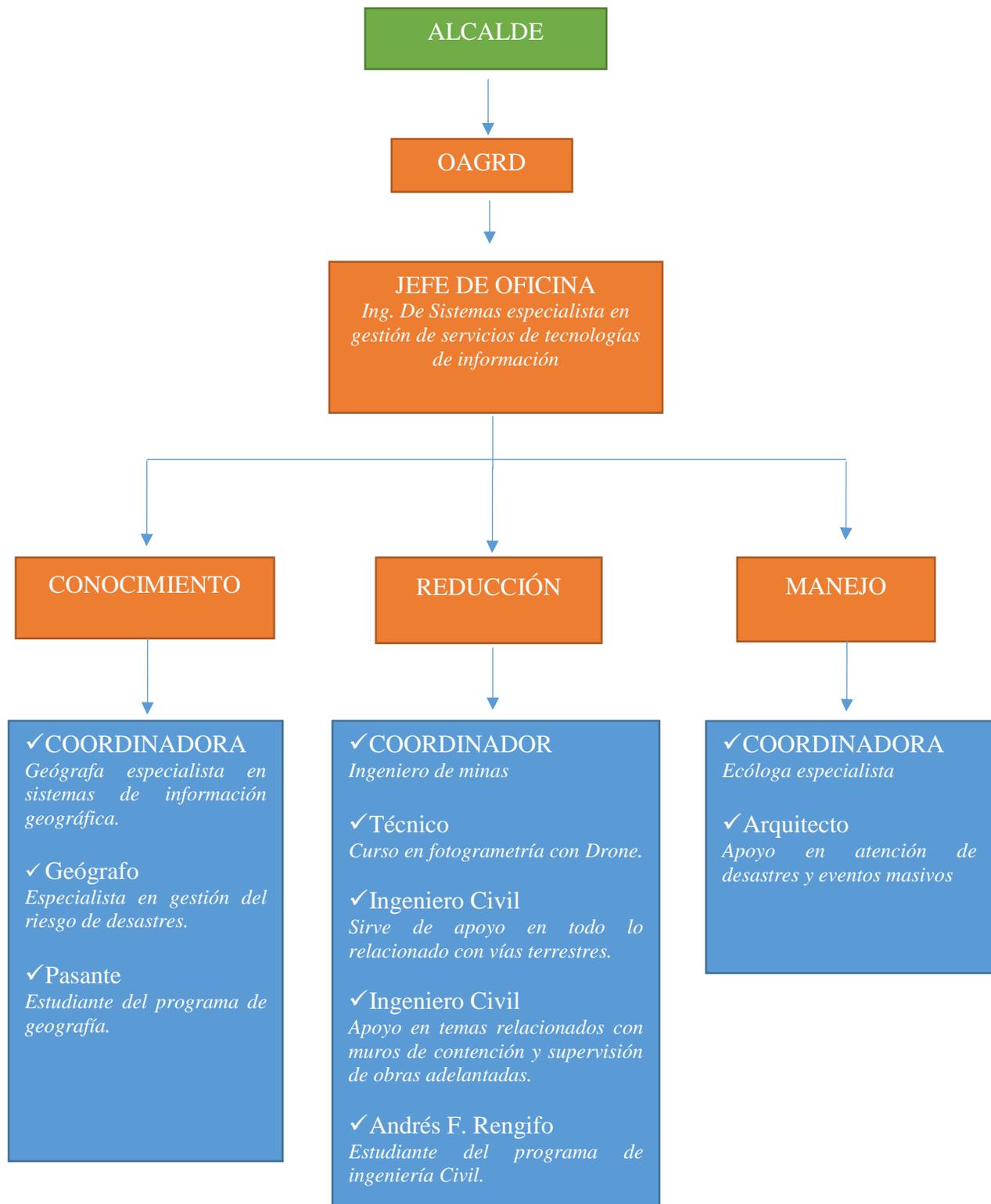


Figura 2 Organigrama Oficina Asesora para la Gestión del Riesgo de Desastres para el Municipio de Popayán (Fuente: Elaboración propia)

7. DESARROLLO DEL TRABAJO DE PASANTÍA

7.1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GENERAL DE ESCENARIOS DE RIESGO.

7.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO

7.1.1.1. Localización geográfica

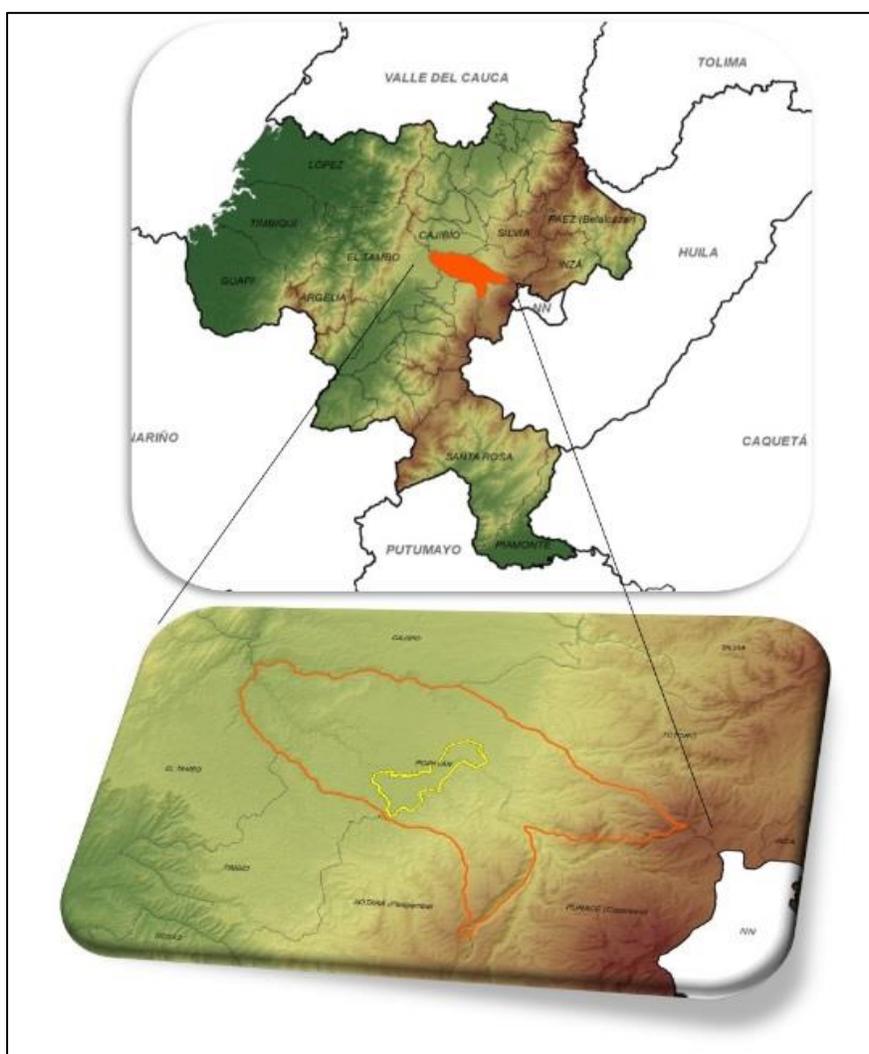


Figura 3 Localización del Municipio de Popayán (Fuente: PMGRD)

7.1.1.2. Extensión

El Municipio de Popayán cuenta con una extensión territorial de 512 kilómetros cuadrados km² y una altitud entre 1.635 y 1.852 m.s.n.m. (PMRGD)

7.1.1.3. Población rural y urbana

El municipio de Popayán cuenta con una población estimada es de 282.561 habitantes de los cuales 252.570 es población urbana, es decir, el 89,3% y 29.991 habitantes es población rural, lo que equivale al 10,6%. El municipio tiene una densidad de población de 608,96 habitantes/km².

A continuación, se ilustran los mapas de división política del área rural y urbana para el municipio de Popayán (Ver Figura 3 y 4).

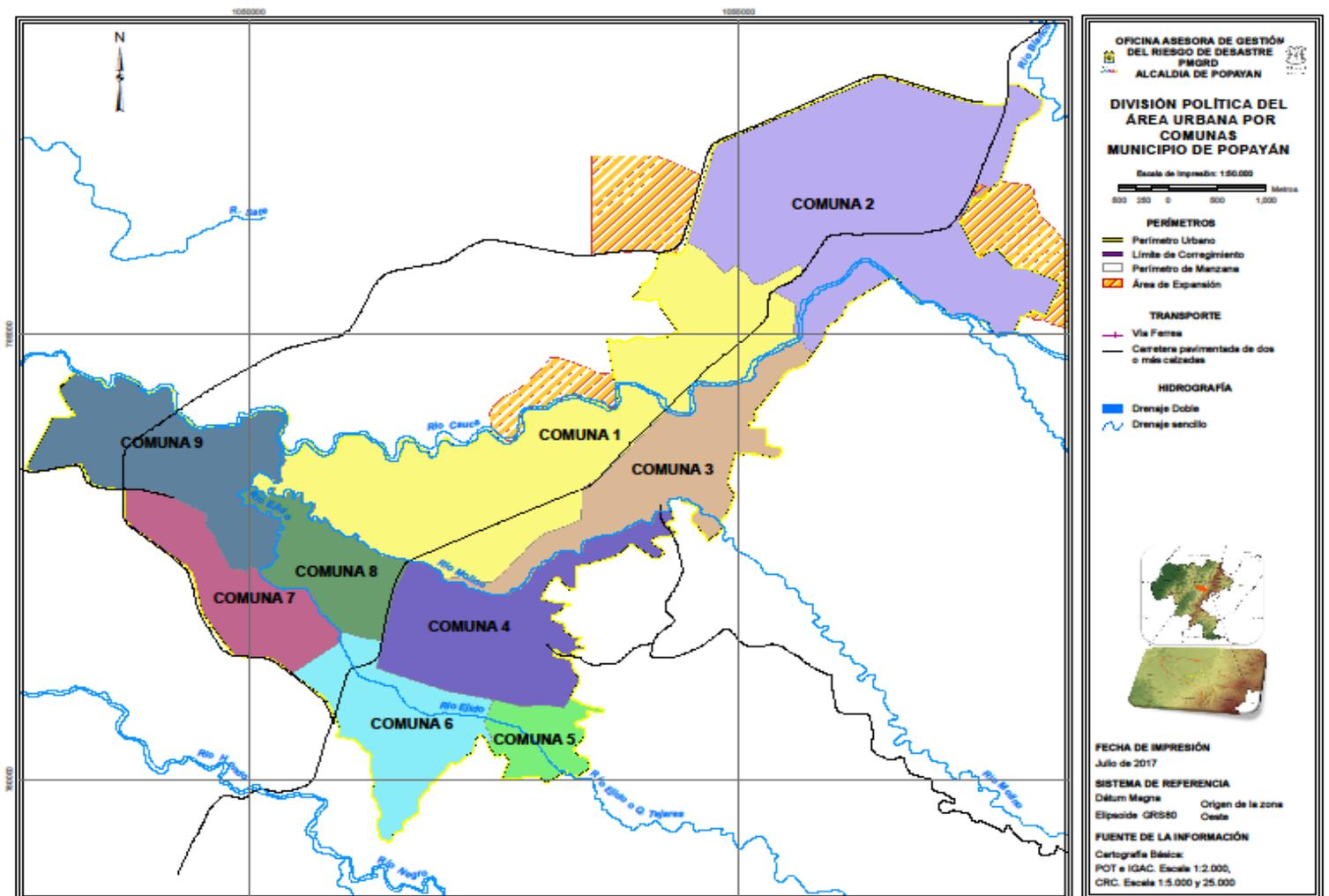


Figura 4 Mapa División Política del Área Urbana del Municipio de Popayán (Fuente: POT, 2002)

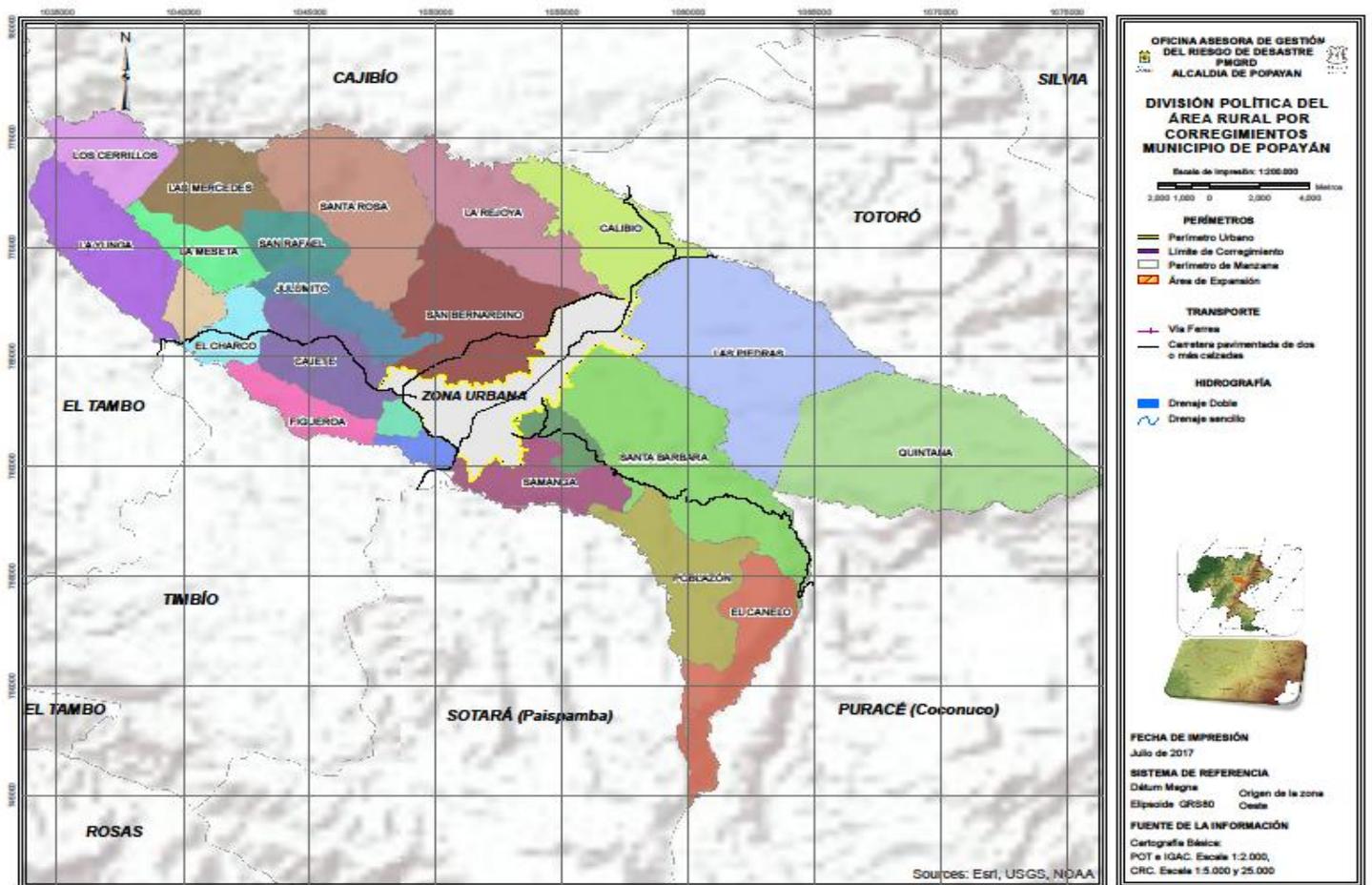


Figura 5 Mapa División Política Administrativa del Área Rural del Municipio de Popayán (Fuente: POT,2002)

7.1.1.4. Descripción del clima

En el municipio se han clasificado tres zonas climáticas templada, fría y de Páramo:

Zona Templada: se encuentra en alturas entre 1200 y 2000 m.s.n.m. en terrenos con topografía suave. La temperatura anual promedio varía entre 16° y 20° C y la precipitación entre 2000 y 2300 mm.

Zona Fría: se extiende desde los 2000 m.s.n.m. hasta el límite del páramo 3000 m.s.n.m., la topografía es variable, pero en general menos suave que en el piso anterior. La temperatura anual promedio varía entre los 7° y los 12° C, la precipitación varía entre 2000 y 2100 mm aproximadamente.

Zona Páramo: se encuentra por arriba de los 3000 m.s.n.m., la temperatura anual promedio está en menos de los 8° C, la precipitación es superior a los 2000 mm aproximadamente (POT, 2002).

7.1.1.5. Hidrografía

El municipio es atravesado por varios ríos en sentido suroriente a noroccidente el Río Cauca, por más de 10 km atraviesa la zona urbana alcanzando a tener 40 m de ancho en promedio. El río Hondo, los ríos Molino y Ejido atraviesan la ciudad y luego drenan sus aguas al río Cauca, Piedras, Vinagre, Negro, Blanco, Saté, Palacé, Clarete y Pisojé, además de cerca de 50 quebradas.

Por otra parte, los escenarios de riesgo priorizados para la ciudad de Popayán se sustentan en dos criterios fundamentales: recurrencia (Presencia de eventos de incidencia frecuente en el municipio, en un periodo de tiempo determinado) y severidad (impacto generado en los elementos expuestos a las amenazas presentes en el municipio). En este sentido se consideran muy importantes los estudios de historicidad de fenómenos amenazantes ocurridos en Popayán, así como los estudios de amenaza existentes.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de historicidad, los eventos con mayor incidencia en la ciudad son: sismos, movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales. A continuación, se presenta una descripción general de los resultados obtenidos en la caracterización de los escenarios de riesgo, a partir de las visitas de campo realizadas.

7.1.2. Visita técnica realizada en la vereda los Cerrillos:

El motivo de dicha visita fue, la ocurrencia de deslizamientos frecuentes afectando zonas de viviendas y cultivos. La visita se hizo en compañía del Ingeniero de minas Felipe Andrés López y el técnico German Javier Puyo.

Se pudo evidenciar un suelo tipo limo-arcilloso (ver figura 6), con grandes grietas y socavaciones en la mayor parte del terreno (ver figura 7 y 8), el cual tiene un área aproximada de 7 hectáreas. Además, se pudo constatar una vivienda como elemento expuesto en gran condición de vulnerabilidad en la parte baja del talud (ver figura 9), habitada en el momento por dos personas, un adulto mayor y un joven con discapacidad.

Con la ayuda del GPS, se logró tomar un punto de referencia, para posteriormente realizar la verificación con el estudio de zonificación de amenaza por movimientos en masa, realizado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el cual presentó categoría de amenaza alta en la mayor parte del terreno.

Dentro de las causas que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa se encuentran: El proceso de formación del terreno, la presencia de fallas geológicas, suelos altamente meteorizados y la topografía del terreno. Además, los detonantes más importantes asociados a este tipo de fenómenos, son la acumulación de agua en el subsuelo y el ascenso en el nivel freático, como consecuencia de la temporada invernal.



Figura 6 Parte alta del deslizamiento (Fuente: Propia)



Figura 7 Ancho del deslizamiento (Fuente: Propia)



Figura 8 Grietas sobre el terreno (Fuente: Propia)



Figura 9 Vivienda expuesta, ubicada en la parte baja del talud (Fuente: Propia)

A continuación, se observa el mapa de zonificación de amenaza escala 1:25.000 para el área rural, la parte en color amarillo claro representa amenaza media, mientras que la parte en color rojo indica amenaza alta, es decir que se caracteriza por su alta susceptibilidad ante la ocurrencia de movimientos en masa. Los puntos en color violeta representan los 3 sitios en los que se georreferenció el área de estudio con ayuda del GPS.

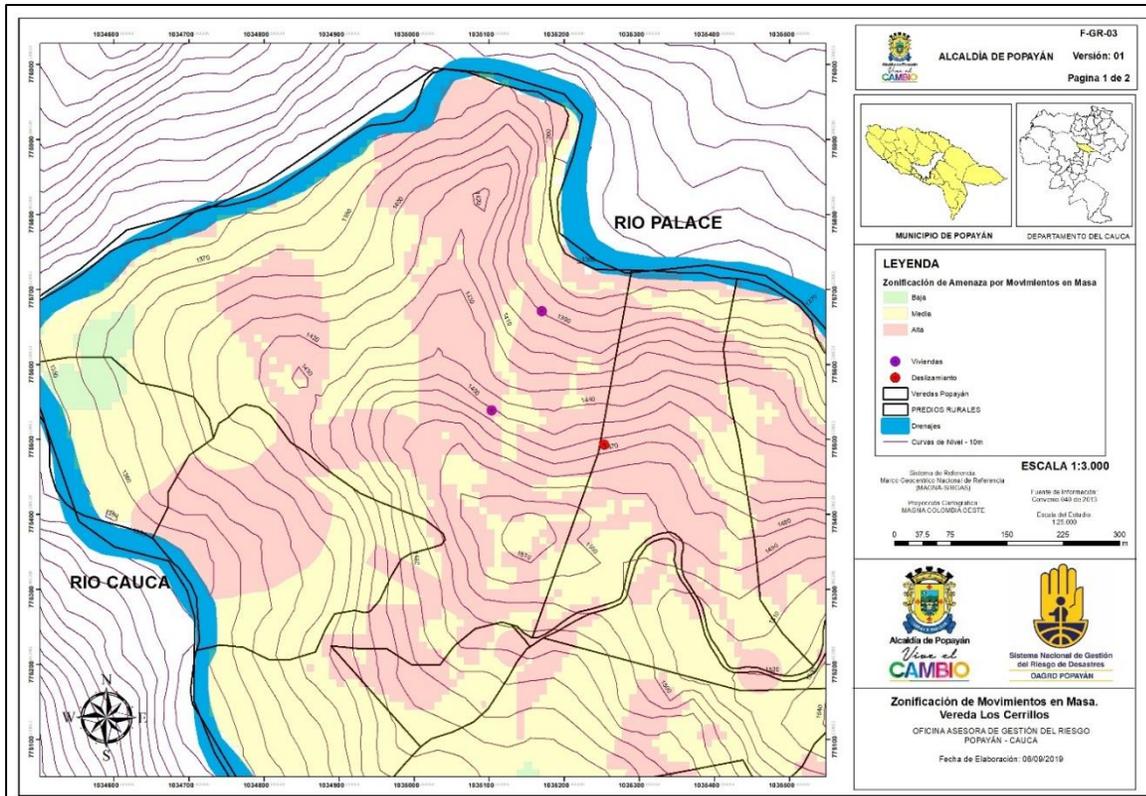


Figura 10 Mapa de zonificación de amenaza escala 1:25.000 para el área rural, (Fuente: Mapa elaborado con el programa ArcMap 10.5)

Respuesta al peticionario y soluciones planteadas: Dado el alto grado de amenaza por movimientos en masa y la presencia de grietas y deslizamientos, se decidió tomar como primera medida preventiva, la evacuación de las personas que habitan la vivienda, esto de acuerdo a los principios de precaución y auto-conservación establecidos en la ley 1523 de 2012. Además, también fue necesario acudir a la secretaria de infraestructura y a la oficina de vivienda del Banco Agrario con el fin de que puedan acceder a los programas de vivienda vigentes.

El informe completo, producto de la visita de campo y trabajo de oficina, podrá ser consultado en la oficina de archivo de la alcaldía municipal de Popayán con número de radicado 2019-113-015338-2.

7.1.3. Visita técnica realizada en el barrio Alfonso López:

Se generó un concepto de condición de riesgo a una vivienda, en la que se presentaron las siguientes observaciones: altos niveles de humedad en muros y cielo raso, no se observan elementos de amarre

adecuados (vigas y columnas de confinamiento) unidos entre sí que configuren un diafragma que transmitan las cargas laterales a los muros de acuerdo con la rigidez, se observan pórticos improvisados de guadua (ver figura 12), el muro medianero del costado derecho se encuentra demasiado deteriorado, al estar construido con material prefabricado tiene grandes fisuras y agrietamientos, como se ilustra en la figura 11.



Figura 11 Pórticos de guadua improvisados (Fuente: Propia)

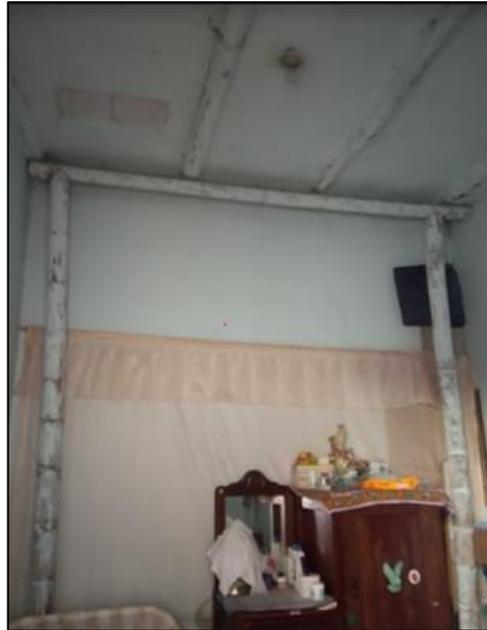


Figura 12 Muro medianero del costado (Fuente: Propia)

Respuesta al peticionario y soluciones planteadas: Se recomendó al propietario realizar las intervenciones pertinentes, con el objetivo de evitar el avance progresivo del deterioro de la vivienda. Así mismo evitar una amenaza latente a corto o mediano plazo por colapso, ya sea por un eventual sismo o por malas prácticas constructivas que puedan afectar a los residentes de la vivienda, transeúntes y demás viviendas a su alrededor. En el sistema estructural no se recomienda la mezcla de materiales ya que tienen resistencias y rigideces diferentes, lo cual puede generar un comportamiento impredecible. En cuanto a la condición actual de la vivienda y su deterioro es de exclusividad del propietario, y se debe en su gran mayoría a las malas prácticas constructivas y el uso de materiales precarios.

Este informe podrá ser consultado en la oficina de archivo de la alcaldía municipal de Popayán con el número de radicado 2019-113-030256-2.

7.1.4. Visita técnica realizada en el barrio Plateado:

Se generó un concepto de condición de riesgo de un conjunto de viviendas, debido a la construcción de un muro de contención. Al momento de la visita se encontró un muro con las siguientes medidas: 6m de alto, una longitud de 13m, espesor de 60cm, 5 elementos verticales, 3 elementos horizontales y 8 espacios ocupados con llantas. En las figuras 13 y 14 se puede observar las características del muro y los elementos expuestos.



Figura 13 Muro de contención utilizando llantas
(Fuente: Propia)



Figura 14 Parte superior del muro (Fuente: Propia)

Soluciones planteadas: A pesar de que el muro no cumple con las normas establecidas por la NSR-10 título H, tampoco es posible afirmar que el muro no esté en capacidad de soportar las cargas laterales del suelo, teniendo en cuenta que el muro fue hecho por el propietario de la vivienda ubicada en la parte superior con recursos propios, se planteó una medida de seguimiento, la cual consiste en fijar un punto y a partir de allí, estar en constante monitoreo para determinar si el muro empieza a tener desplazamiento, de ser así sería necesario tomar las medidas correctivas o en su defecto será causa de demolición del mismo, de lo contrario el comportamiento del muro será el adecuado para soportar las cargas laterales del suelo.

8. VISITAS HOGARES COMUNITARIOS DEL ICBF.

Este tipo de visitas se hacen con fin de verificar el funcionamiento adecuado de viviendas, las cuales prestan sus servicios a niños de las poblaciones más vulnerables. Para ello los GPS, llevan incorporada una plataforma en donde indica el formato a seguir, para recopilar toda la información necesaria y que esta quede almacenada en la nube, para posteriormente realizar estudios estadísticos y llevar un censo preciso del funcionamiento de todos los hogares comunitarios en el municipio de Popayán.

- **Visita hogar comunitario Vereda la Yunga:**

Se hacen observaciones en pisos, paredes, cubiertas, fachadas, puertas, ventanas, iluminación suficiente, baterías sanitarias, seguridad de la infraestructura, fisuras, grietas, desniveles, obstáculos, humedades etc.

También deberán contar con plan de emergencia implementado, el cual deberá estar certificado por organismos de emergencia, tales como bomberos, cruz roja, defensa civil. También deberán estar identificadas las rutas y salidas de emergencia, botiquín, extintor vigente, brigada de emergencia y punto de encuentro establecido. Además, deberán estar capacitados en atención y prevención de desastres y realizar simulacros por lo menos una vez cada año.

A continuación, se anexan algunas de las imágenes tomadas en campo de las visitas realizadas



Figura 15 Punto de encuentro



Figura 16 Botiquín



Figura 17 Capacitación a la comunidad



Figura 18 Fachada del Hogar Comunitario



Figura 19 Extintor

9. MODELACIÓN DE VIVIENDAS TIPO

La modelación de viviendas se realizó en el barrio Junín, se escogió este sector, porque es uno de los polígonos que presenta mayor número de problemas. Prácticamente el 100% de las viviendas de este sector son de uno y dos pisos, en mampostería confinada, estas construcciones en su gran mayoría han sido realizadas sin ninguna técnica que permita garantizar la durabilidad del conjunto y su comportamiento ante eventos sísmicos, lo que las vuelve vulnerables teniendo en cuenta los eventos históricos y la alta sismicidad del sector. Con ayuda de la comunidad fue posible la toma de medidas de viviendas tipo del sector para su posterior análisis como se muestra a continuación.

9.1. VIVIENDA TIPO 1:

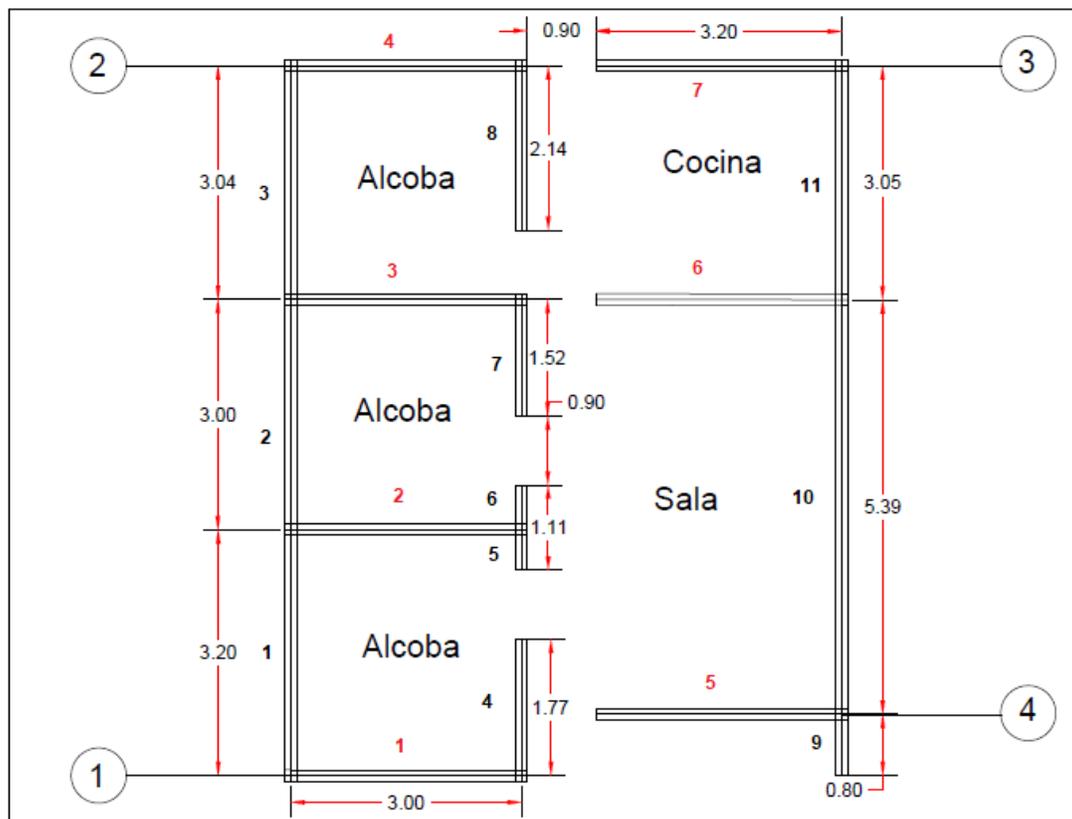


Figura 20 Dibujo en planta de vivienda tipo 1 (Fuente: Elaboración propia)

Nota: En el grafico anterior se especifica la numeración utilizada para los muros paralelos al eje X (color rojo) y los muros paralelos al eje Y (color negro).

9.1.1. Avalúo de cargas:

Tabla 1
Valores de carga de diseño

Tipo de carga	Valor (kN/m²)
Carga viva	1.8
Carga muerta	5.0
<i>Carga total</i>	6.8

Nota: Para la carga muerta se adopto un valor de **5 kN/m²**, teniendo en cuenta que el valor minimo de carga muerta según la norma NSR-10 para vivienda residencial es de 4.6 kN/m². En cuanto a la carga viva se tomo un valor de **1.8 kN/m²**, ya que es de uso residencial con cuartos privados y corredores. (Fuente: Capitulo B.4, tabla B.4.2.1-1 y tabla B.3.4.3 de la NSR-10).

Tabla 2
Cálculo de propiedades de las losas

Número de pisos		1
Altura de piso	m	2.74
Cargas verticales por m²:		
Peso M*g que genera fuerzas sísmica	kN/M ²	5
Peso total (carga muerta+ carga viva)	kN/M ²	6.8
Longitudes para excentricidad accidental:		
En dirección X	m	7.18
En dirección Y	m	9.24

Nota. Datos obtenidos a partir del dibujo en planta, para la vivienda tipo 1 (Fuente: Elaboración propia)

En las tablas a continuación se muestran los resultados obtenidos del análisis sísmico para la vivienda tipo 1, utilizando el programa CASA del ingeniero Juan Manuel Mosquera.

Tabla 3
Análisis sísmico en la dirección X

<i>DIRECCIÓN X</i>		<i>Losa 1</i>
Coordenada Y del centro de rigidez	M	5.01
Coordenada Y del centro de masa	M	4.62
Excentricidad natural	M	-0.39
Excentricidad accidental	M	0.46
Rigidez	kN/m	961284

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 4
Análisis sísmico en la dirección Y

<i>DIRECCIÓN Y</i>		<i>Losa 1</i>
Coordenada X del centro de rigidez	m	3.84
Coordenada X del centro de masa	m	3.59
Excentricidad natural	m	-0.25
Excentricidad accidental	m	0.36
Rigidez	kN/m	1042337

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 5
Resumen del análisis sísmico

<u>RESUMEN</u>		<i>Losa 1</i>
Rigidez en dirección X	kN/m	9.61E+05
Rigidez en dirección Y	kN/m	1.04E+06
Rigidez torsional	kN/m	2.34E+07
<i>Excentricidades para dirección X (m) :</i>		
Natural + accidental	m	0.11
Natural - accidental	m	-0.61
<i>Excentricidades para dirección Y (m) :</i>		
Natural + accidental	m	0.08
Natural - accidental	m	-0.85

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 6
Resultados obtenidos del análisis sísmico para la losa 1

Parámetros fundamentales de las losas.				
Losa 1.		<i>Excentricidades</i>		
		Natural +	Natural -	
		Accidental	Accidental	
Excentricidad en X	m	0.11	-0.61	
Excentricidad en Y	m	0.08	-0.85	
Cortante sísmico en X	kN	300.6		
Cortante sísmico en Y	kN	300.6		
Torsor de piso , por fuerza en X	kN/m	23	-254.8	
Torsor de piso , por fuerza en Y	kN/m	32.5	-183.3	
Deriva del centro de masa, por fuerza en X	m	3.13E-04		

Deriva del centro de masa, por fuerza en Y	m		2.88E-04
Giro de la losa , por fuerza en X	Rad	9.81E-07	-1.09E-05
Giro de la losa , por fuerza en Y	Rad	1.39E-06	-7.83E-06
Índice de estabilidad , por fuerza en X			0.0002
Índice de estabilidad , por fuerza en Y			0.0002

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

9.1.2. Cálculo de fuerzas sísmicas y rigideces de muros:

Datos:

Tabla 7
Módulos de elasticidad de los materiales empleados

Módulos de elasticidad		
Concreto	kN/m ²	2.1E+07
Mampostería	kN/m ²	5.1E+06

Nota. Valores obtenidos y calculados con base a la norma NSR-10, Título D (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 8
Parámetros requeridos por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente

Parámetros	Valor
Coef. aceleración horizontal pico efectiva A_a	0.25
Coef. velocidad horizontal pico efectiva A_v	0.2
Coeficiente de ampliación para aceleración en zona de periodos cortos F_a	1.45
Coeficiente de ampliación para aceleración en zona de periodos intermedios F_v	3.2
Coeficiente de importancia I	1.0

Nota. Valores obtenidos y calculados con base a la norma NSR-10, Título A (Fuente: Elaboración propia)

9.1.3. Resultados método fuerza horizontal equivalente:

Tabla 9

Resultados obtenidos por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente

Valores del método de la Fuerza Horizontal Equivalente		
Período de vibración aproximado T_a	seg	0.106
Período de vibración en la dirección X, T_x	seg	0.037
Período de vibración en la dirección Y, T_y	seg	0.036
Aceleración espectral en la dirección X, (S_a)_x	g	0.906
Aceleración espectral en la dirección Y, (S_a)_y	g	0.906
Masa total del edificio	kN*seg ² / m	33.2
Cortante en la base en la dirección X, (V_s)_x	kN	300.6
Cortante en la base en la dirección Y, (V_s)_y	kN	300.6
Altura de piso	m	2.74
Coficiente de reparto en la dirección X		1.0
Fuerza sísmica en la dirección X	kN	300.62
Coficiente de reparto en la dirección Y		1.0
Fuerza sísmica en la dirección Y	kN	300.62

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

SISMO EN DIRECCIÓN X:

Tabla 10
Resultados de cortante obtenidos para sismo en dirección X

Muro	Cortantes	
	Directo	Total
	kN	kN
1	40.5	47.6
2	40.5	43.1
3	40.5	40.7
4	40.5	41.1
5	46.2	52.9
6	46.2	46.3
7	46.2	46.8

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 11
Derivas obtenidas para sismo en dirección X

Muro	Derivas	
	Centro de masa	Total
	mm	mm
1	0.313	0.367
2	0.313	0.332
3	0.313	0.314
4	0.313	0.317
5	0.313	0.358
6	0.313	0.314
7	0.313	0.317

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

SISMO EN DIRECCIÓN Y:

Tabla 12

Resultados de cortante obtenidos para sismo en dirección Y

Muro	Cortantes	
	Directo	Total
	kN	kN
1	42.6	47
2	37.4	41.3
3	38.4	42.4
4	11.1	11.4
5	0.3	0.3
6	0.3	0.3
7	7.5	7.7
8	17.7	18.1
9	1.3	1.3
10	105.5	107.2
11	38.7	39.3

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 13

Derivas obtenidas para sismo en dirección Y

Muro	Derivas	
	Centro de masa	Total
	mm	mm
1	0.288	0.318
2	0.288	0.318
3	0.288	0.318
4	0.288	0.295
5	0.288	0.295
6	0.288	0.295
7	0.288	0.295
8	0.288	0.295
9	0.288	0.293
10	0.288	0.293
11	0.288	0.293

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

9.1.4. Chequeo de muros:

Tabla 14

Verificación de muros en dirección Y de la losa 1

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	V_u (kN)	A_e (m²)	P_{umin} (kN/m)
1	0.15	3.2	25.65	0.480	8.878
2	0.15	3	22.5	0.450	8.878
3	0.15	3.04	23.15	0.456	8.878
4	0.15	1.77	6.6	0.266	8.878
5	0.15	0.48	0.15	0.072	8.878
6	0.15	0.48	0.15	0.072	8.878
7	0.15	1.52	4.45	0.228	8.878
8	0.15	2.14	10.55	0.321	8.878
9	0.15	0.8	0.8	0.120	8.878
10	0.15	5.39	68.5	0.809	8.878
11	0.15	3.05	25.1	0.458	8.878

Continuación de la Tabla 14. *Verificación de muros en dirección Y de la losa 1*

Muro	V_{n1} (kN)	V_{n2}(kN)	ϕV_n (kN)	Chequeo
1	107.4	196.0	64.47	CUMPLE
2	100.7	183.7	60.44	CUMPLE
3	102.1	186.2	61.25	CUMPLE
4	59.4	108.4	35.66	CUMPLE

5	16.1	29.4	9.67	CUMPLE
6	16.1	29.4	9.67	CUMPLE
7	51.0	93.1	30.62	CUMPLE
8	71.9	131.0	43.11	CUMPLE
9	26.9	49.0	16.12	CUMPLE
10	181.0	330.1	108.59	CUMPLE
11	102.4	186.8	61.45	CUMPLE

Nota. Es importante tener en cuenta que el valor de V_u (cortante solicitado) de la tabla, ya esta dividido por el valor de R (coeficiente de desipación de energia), que en este caso al tratarse de una vivienda de un piso y en mamposteria confinada, adopta un valor de **2**. El valor de R se calculó, de acuerdo a la ecuación planteada en el título A.3 de la NSR-10.

Tabla 15
Verificación de muros en dirección X de la losa I

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	V_u (kN)	A_e (m²)	P_{umin} (kN/m)
1	0.15	3	28.3	0.450	8.878
2	0.15	3	25.6	0.450	8.878
3	0.15	3	24.15	0.450	8.878
4	0.15	3	24.4	0.450	8.878
5	0.15	3.2	31.45	0.480	8.878
6	0.15	3.2	27.5	0.480	8.878
7	0.15	3.2	27.8	0.480	8.878

Continuación de la Tabla 15. *Verificación de muros en dirección X de la losa 1*

Muro	Vn1 (kN)	Vn2(kN)	ΦV_n (kN)	Chequeo
1	100.733	183.712	60.44	CUMPLE
2	100.733	183.712	60.44	CUMPLE
3	100.733	183.712	60.44	CUMPLE
4	100.733	183.712	60.44	CUMPLE
5	107.449	195.959	64.47	CUMPLE
6	107.449	195.959	64.47	CUMPLE
7	107.449	195.959	64.47	CUMPLE

Nota. Es importante tener en cuenta que el valor de V_u (cortante solicitado) de la tabla, ya está dividido por el valor de R (coeficiente de disipación de energía), que en este caso al tratarse de una vivienda de un piso y en mampostería confinada, adopta un valor de **2**. El valor de R se calculó, de acuerdo a la ecuación planteada en el título A.3 de la NSR-10.

9.1.5. Chequeo derivas:

Tabla 16
Verificación de derivas sismo en dirección Y

Muro	Deriva total (mm)	% Deriva total	% Requerido	Chequeo
1	0.318	0.012	0.05	CUMPLE
2	0.318	0.012	0.05	CUMPLE
3	0.318	0.012	0.05	CUMPLE
4	0.295	0.011	0.05	CUMPLE
5	0.295	0.011	0.05	CUMPLE

6	0.295	0.011	0.05	CUMPLE
7	0.295	0.011	0.05	CUMPLE
8	0.295	0.011	0.05	CUMPLE
9	0.293	0.011	0.05	CUMPLE
10	0.293	0.011	0.05	CUMPLE
11	0.293	0.011	0.05	CUMPLE

Tabla 17
Verificación de derivas sismo en dirección X

Muro	Deriva total (mm)	% Deriva total	% Requerido	Chequeo
1	0.367	0.013	0.05	CUMPLE
2	0.332	0.012	0.05	CUMPLE
3	0.314	0.011	0.05	CUMPLE
4	0.317	0.012	0.05	CUMPLE
5	0.358	0.013	0.05	CUMPLE
6	0.314	0.011	0.05	CUMPLE
7	0.317	0.012	0.05	CUMPLE

9.1.6. **Espesor mínimo de muro:**

$$\frac{\text{Altura del muro}}{\text{Espesor dle muro}} < 25 \quad \gg \quad \frac{2.74m}{0.15m} = 18.27 \quad \underline{\text{OK}}$$

$$15cm > 11cm \quad \underline{\text{OK}}$$

Nota. Chequeo del espesor minimo de muro (Fuente: Titulo D.10.3.3 de la NSR-10, pag.55)

9.1.7. **Área mínima de muros confinados por nivel:**

$$A_m \geq \frac{N A_a A_p}{20} \quad \xrightarrow{1*0.25*57.42} \frac{\quad}{20} = 0.72 \text{ m}^2$$

$$A_m = L_m * t$$

$$L_m = \frac{A_m}{t} = \frac{0.72}{0.15} = 4.8m \text{ en cada sentido}$$

Donde:

A_m: Área mínima de muro

N: Número de niveles por encima del nivel considerado

A_a: Coeficiente de aceleración pico efectiva

A_p: Área de piso en el nivel considerado, m²

L_m=Longitud mínima de muro (m)

t= espesor del muro (m)

Nota. Chequeo del área mínima de muro (Fuente: Titulo D.10.3.4 de la NSR-10, pag.55)

Tabla 18

Longitudes de los muros vivienda tipo 1 en ambos sentidos

Longitud de Muros (m)						
	Y			X		
1		3.2		1		3
2		3		2		3
3		3.04		3		3
4		1.77		4		3
5		0.48		5		3.2
6		0.48		6		3.2
7		1.52		7		3.2
8		2.14				
9		0.8				
10		5.39				
11		3.05				
Suma total		24.87				21.6

Por lo tanto, cumple de sobra con la longitud de muros.

9.1.8. Columnas de confinamiento:

Dimensiones mínimas:

- Espesor mínimo: $\text{Espesor mínimo}_{\text{col}} = \text{Espesor del muro confinado}$
 $15\text{cm} = 15\text{cm}$ **OK**
- Área mínima: Área mínima de columnas de confinamiento es de 200 cm^2
 $225\text{ cm}^2 > 200\text{ cm}^2$ **OK**

Nota. Chequeo del área mínima de muro (Fuente: Título D.10.5 de la NSR-10, pag.55)

9.1.9. Ubicación de las columnas de confinamiento:

- En los extremos de los muros estructurales \Rightarrow **OK**
- En las intersecciones de otros muros estructurales \Rightarrow **OK**
- Columnas intermedias a distancias no mayores de:
 - ✓ Menor o igual a 35 veces el espesor del muro
 - ✓ 1.5 veces distancia vertical entre vigas \Rightarrow **NO CUMPLE**
 - ✓ Distancia máxima de 4m

Nota. Chequeo del la ubicación de columnas de confinamiento (Fuente: Titulo D.10.5 de la NSR-10, pag.55)

9.1.10. Discusión de los resultados obtenidos:

De los valores de cortante obtenidos con el programa CASAS, se puede concluir que todos los muros, tanto en dirección X como en dirección Y, están en la capacidad de resistir el esfuerzo cortante. Debido a que se trata de un sistema estructural en mampostería confinada, todo el esfuerzo cortante deberá ser resistido por la parte en mampostería, ya que los elementos de confinamiento (vigas y columnas) no aportan en la resistencia al corte, a diferencia de la mampostería reforzada, en la cual, si la mampostería no está en la capacidad de soportar el esfuerzo cortante, el refuerzo transversal será el encargado de tomar dicho esfuerzo.

Como recomendación en el muro de longitud de 5.39m, se plantea la construcción de una columna intermedia, ya que no se están cumpliendo las distancias especificadas en el ítem c) del numeral D.10.5.3 de la NSR-10. La distancia a la que se ubicara la nueva columna se calcula a continuación:

Dimensiones del muro:

Espesor: 0.15m

Altura: 2.74m

Se tomará el menor valor de las siguientes distancias:

- ✓ Menor o igual a 35 veces el espesor del muro \Rightarrow $35 * 0.15m = 5.25m$
- ✓ 1.5 veces distancia vertical entre vigas \Rightarrow $1.5 * 2.74m = 4.11m$
- ✓ Distancia máxima de 4m \Rightarrow ***Dist. max = 4m***

Por simetría se decide ubicar la columna intermedia a $\frac{5.39m}{2} = 2.7m$

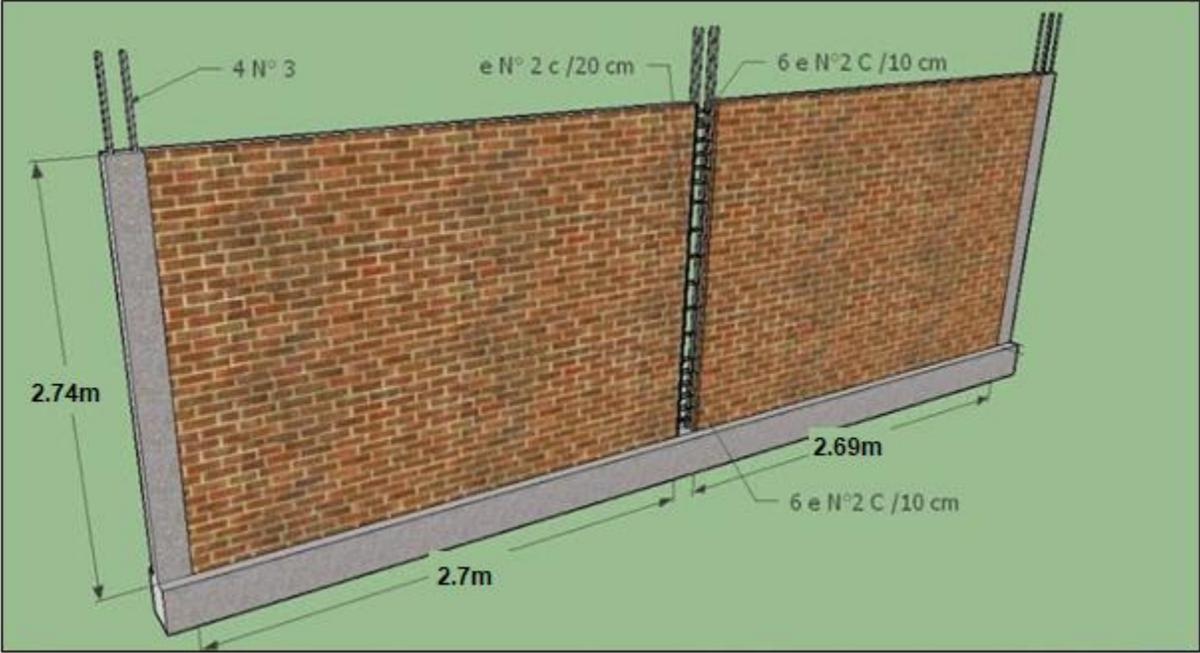


Figura 21 Ilustración gráfica de la ubicación de columna intermedia (Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=TxfQa2Jm2U&list=PLhl4Uu-9Z7Fxcz--WifJz4GzRJ7dHUQBd&index=5&t=0s&app=desktop>)

9.2. VIVIENDA TIPO 2:

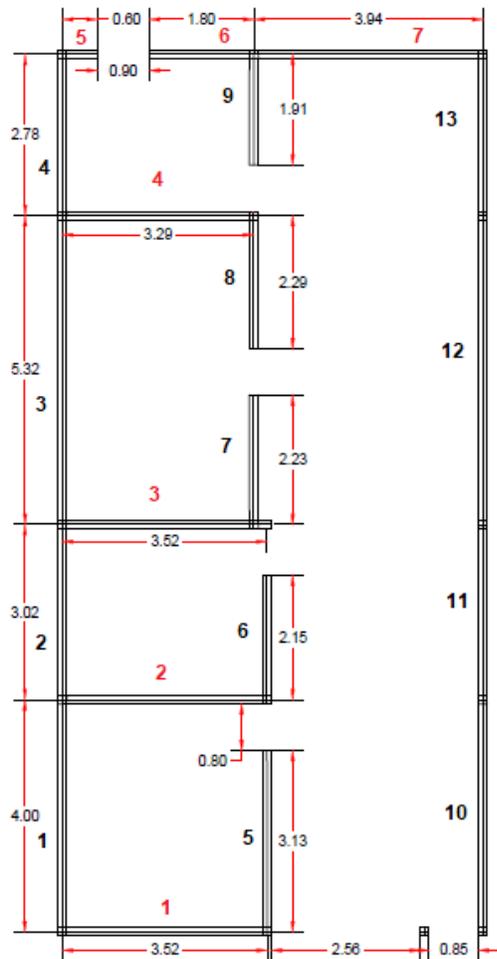


Figura 22 Dibujo en planta de vivienda tipo 2, del nivel 1 (Fuente: Elaboración propia)

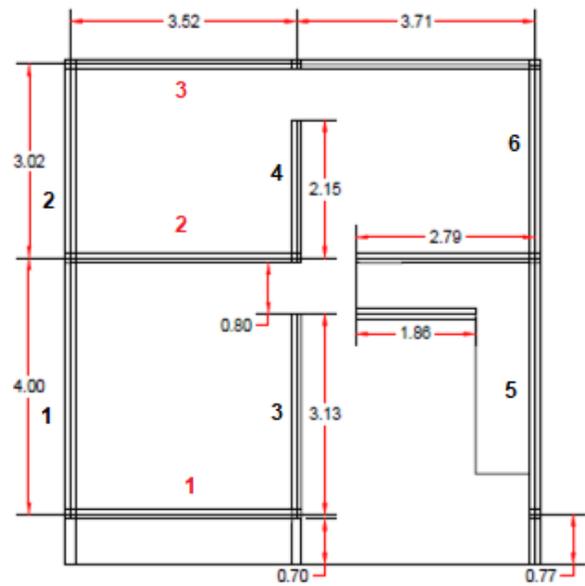


Figura 23 Dibujo en planta de vivienda tipo 2, del nivel 2 (Fuente: Elaboración propia)

Nota: En el grafico anterior se especifica la numeración utilizada para los muros paralelos al eje X (color rojo) y los muros paralelos al eje Y (color negro).

9.2.1. Avaluó de cargas:

Tabla 19
Valores de carga de diseño

Tipo de carga	Valor (kN/m ²)
Carga viva	1.8
Carga muerta	5.0
Carga total	6.8

Nota: Para la carga muerta se adopto un valor de **5 kN/m²**, teniendo en cuenta que el valor minimo de carga muerta según la norma NSR-10 para vivienda residencial es de 4.6 kN/m². En cuanto a la carga viva se tomo un valor de **1.8 kN/m²**, ya que es de uso residencial con cuartos privados y corredores. (Fuente: Capitulo B.4, tabla B.4.2.1-1 y tabla B.3.4.3 de la NSR-10).

Tabla 20
Cálculo de propiedades de las losas

Número de pisos		1	2
Altura de piso	m	2.38	2.38
Cargas verticales por m²:			
Peso M*g que genera fuerzas sísmica	kN/M ²	5	5
Peso total (carga muerta+ carga viva)	kN/M ²	6.8	6.8
Longitudes para excentricidad accidental:			
En dirección X	m	7.23	7.23
En dirección Y	m	15.12	7.02

Nota. Datos obtenidos a partir de las figuras 22 y 23 (Fuente: Elaboración propia)

En las tablas a continuación se muestran los resultados obtenidos del análisis sísmico para la vivienda tipo 2, utilizando el programa CASA del ingeniero Juan Manuel Mosquera.

Tabla 21
Análisis sísmico en la dirección X

<i>DIRECCIÓN X</i>		<i>Losa 1</i>	<i>Losa 2</i>
Coordenada Y del centro de rigidez	m	8.88	3.67
Coordenada Y del centro de masa	m	7.56	4.06
Excentricidad natural	m	-1.32	0.39
Excentricidad accidental	m	0.76	0.17
Rigidez	kN/m	1081691	168720

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 22
Análisis sísmico en la dirección Y

<i>DIRECCIÓN Y</i>		<i>Losa 1</i>	<i>Losa 2</i>
Coordenada X del centro de rigidez	m	3.58	3.6
Coordenada X del centro de masa	m	3.62	3.78
Excentricidad natural	m	0.04	0.19
Excentricidad accidental	m	0.36	0.14
Rigidez	kN/m	2358155	287064

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 23
Resumen del análisis sísmico

<u>RESUMEN</u>		<i>Losa 1</i>	<i>Losa 2</i>
Rigidez en dirección X	kN/m	1.082E+06	1.687E+05
Rigidez en dirección Y	kN/m	2.358E+06	2.871E+05
Rigidez torsional	kN/m	5.965E+07	4.428E+06
<i>Excentricidades para dirección X (m) :</i>			
Natural + accidental	m	0.41	0.33
Natural - accidental	m	-0.32	0.05
<i>Excentricidades para dirección Y (m) :</i>			
Natural + accidental	m	-0.57	0.56
Natural - accidental	m	-2.08	0.22

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 24
Resultados obtenidos del análisis sísmico para la losa 2

Parámetros fundamentales de las losas.			
Losa 2		<i>Excentricidades</i>	
		Natural + Accidental	Natural - Accidental
Excentricidad en X	m	0.3251	0.0461
Excentricidad en Y	m	0.5593	0.2233
Cortante sísmico en X	kN		354.9
Cortante sísmico en Y	kN		354.9
Torsor de piso , por fuerza en X	kN/m	198.5	79.2
Torsor de piso , por fuerza en Y	kN/m	115.4	16.4
Deriva del centro de masa, por fuerza en X	m		2.1035E-03
Deriva del centro de masa, por fuerza en Y	m		1.236E-03

Giro de la losa , por fuerza en X	Rad	4.4828E-05	1.7896E-05
Giro de la losa , por fuerza en Y	Rad	2.6057E-05	3.6936E-06
Índice de estabilidad , por fuerza en X			0.0009
Índice de estabilidad , por fuerza en Y			0.0005

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 25
Resultados obtenidos del análisis sísmico para la losa 1

Parámetros fundamentales de las losas.			
Losa 1		<i>Excentricidades</i>	
		Natural + Accidental	Natural - Accidental
Excentricidad en X	m	0.4064	-0.3176
Excentricidad en Y	m	-0.5655	-2.0775
Cortante sísmico en X	kN		730.4
Cortante sísmico en Y	kN		730.4
Torsor de piso , por fuerza en X	kN/m	-214.6	-1438.2
Torsor de piso , por fuerza en Y	kN/m	441.1	-344.7
Deriva del centro de masa, por fuerza en X	m		6.7525E-04
Deriva del centro de masa, por fuerza en Y	m		3.097E-04
Giro de la losa , por fuerza en X	Rad	-3.5972E-06	-2.4113E-05
Giro de la losa , por fuerza en Y	Rad	7.3956E-06	-5.7785E-06
Índice de estabilidad , por fuerza en X			0.0004
Índice de estabilidad , por fuerza en Y			0.0002

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

9.2.2. Cálculo de fuerzas sísmicas y rigideces de muros:

Datos:

Tabla 26

Módulos de elasticidad de los materiales empleados

Módulos de elasticidad		
Concreto	kN/m ²	2.1E+07
Mampostería	kN/m ²	5.0E+06

Nota. Valores obtenidos y calculados con base a la norma NSR-10, Título D (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 27

Parámetros requeridos por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente

Parámetros	Valor
Coef. aceleración horizontal pico efectiva Aa	0.25
Coef. velocidad horizontal pico efectiva Av	0.2
Coeficiente de ampliación para aceleración en zona de periodos cortos Fa	1.45
Coeficiente de ampliación para aceleración en zona de periodos intermedios Fv	3.2
Coeficiente de importancia I	1.0

Nota. Valores obtenidos y calculados con base a la norma NSR-10, Título A (Fuente: Elaboración propia)

9.2.3. Resultados método fuerza horizontal equivalente:

Tabla 28

Resultados obtenidos por el método de la Fuerza Horizontal Equivalente

Valores del método de la Fuerza Horizontal Equivalente		
Período de vibración aproximado T_a	seg	0.161
Período de vibración en la dirección X, T_x	seg	0.079
Período de vibración en la dirección Y, T_y	seg	0.059
Aceleración espectral en la dirección X, (S_a)_x	g	0.9063
Aceleración espectral en la dirección Y, (S_a)_y	g	0.9063
Masa total del edificio	kN*seg ² / m	80.60
Cortante en la base en la dirección X, (V_s)_x	kN	730.4
Cortante en la base en la dirección Y, (V_s)_y	kN	730.4
Altura de piso	m	2.38

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

SISMO EN DIRECCIÓN X:

LOSA 2:

Tabla 29

Cortantes obtenidos para sismo en dirección X

Muro	Cortantes	
	Directo	Total
	kN	kN
1	118.3	118.3
2	118.3	119.1
3	118.3	126.7

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 30

Derivas obtenidas para sismo en dirección X

Muro	Derivas	
	Centro de masa	Total
	mm	mm
1	2.104	2.104
2	2.104	2.118
3	2.104	2.254

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

SISMO EN DIRECCIÓN Y:

LOSA 2:

Tabla 31

Resultados de cortante obtenidos para sismo en dirección Y

Muro	Cortantes	
	Directo	Total
	kN	kN
1	97.7	97.7
2	45.7	45.7
3	50.5	50.5
4	17.5	17.5
5	97.7	105.2
6	45.7	49.3

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 32

Derivas obtenidas para sismo en dirección Y

Muro	Derivas	
	Centro de masa	Total
	mm	mm
1	1.236	1.236
2	1.236	1.236
3	1.236	1.236
4	1.236	1.236
5	1.236	1.331
6	1.236	1.331

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

SISMO EN DIRECCIÓN X:

LOSA 1:

Tabla 33

Cortantes obtenidos para sismo en dirección X

Muro	Cortantes	
	Directo	Total
	kN	kN
1	121.6	160.1
2	121.6	142.8
3	121.6	129.6
4	137.5	137.5
5	1.9	1.9
6	38.3	38.3
7	188	188

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

Tabla 34

Derivas obtenidas para sismo en dirección X

Muro	Derivas	
	Centro de masa	Total
	mm	mm
1	0.675	0.889
2	0.675	0.793
3	0.675	0.720
4	0.675	0.675
5	0.675	0.675
6	0.675	0.675
7	0.675	0.675

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

SISMO EN DIRECCIÓN Y:**LOSA 1:***Tabla 35**Cortantes obtenidos para sismo en dirección Y*

Muro	Cortantes	
	Directo	Total
	kN	kN
1	71.7	76.4
2	40.4	43.1
3	136.6	145.7
4	45.7	48.8
5	43.7	43.7
6	18.3	18.3
7	28.8	29
8	30.5	30.7
9	20.2	20.3
10	71.7	77.9
11	40.4	43.9
12	136.6	148.6
13	45.7	49.7

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

*Tabla 36**Derivas obtenidas para sismo en dirección Y*

Muro	Derivas	
	Centro de masa	Total
	mm	mm
1	0.310	0.330
2	0.310	0.330
3	0.310	0.330
4	0.310	0.330
5	0.310	0.330
6	0.310	0.330
7	0.310	0.311
8	0.310	0.311
9	0.310	0.311
10	0.310	0.337
11	0.310	0.337
12	0.310	0.337
13	0.310	0.337

Nota. Datos obtenidos del programa CASA del Ing. Juan Manuel Mosquera (Fuente: Elaboración propia)

9.2.4. Chequeo de muros:

Tabla 37

Verificación de muros en dirección Y de la losa 1

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	V_u (kN)	A_e (m ²)	P_{umin} (kN/m)
1	0.15	4	42.44	0.600	7.711
2	0.15	3.02	23.94	0.453	7.711
3	0.15	5.32	80.94	0.798	7.711
4	0.15	2.78	27.11	0.417	7.711
5	0.15	3.13	24.28	0.470	7.711
6	0.15	2.15	10.17	0.323	7.711
7	0.15	2.23	16.11	0.335	7.711
8	0.15	2.29	17.06	0.344	7.711
9	0.15	1.91	11.28	0.287	7.711
10	0.15	4	43.28	0.600	7.711
11	0.15	3.02	24.39	0.453	7.711
12	0.15	5.32	82.56	0.798	7.711
13	0.15	2.78	27.61	0.417	7.711

Continuación de la Tabla 36. *Verificación de muros en dirección Y de la losa 1*

Muro	Vn1 (kN)	Vn2(kN)	ϕVn (kN)	Chequeo
1	132.8	244.9	79.65	CUMPLE
2	100.2	184.9	60.14	CUMPLE
3	176.6	325.8	105.94	CUMPLE
4	92.3	170.2	55.36	CUMPLE
5	103.9	191.7	62.33	CUMPLE
6	71.4	131.7	42.81	CUMPLE
7	74.0	136.6	44.41	CUMPLE
8	76.0	140.2	45.60	CUMPLE
9	63.4	117.0	38.03	CUMPLE
10	132.8	244.9	79.65	CUMPLE
11	100.2	184.9	60.14	CUMPLE
12	176.6	325.8	105.94	CUMPLE
13	92.3	170.2	55.36	CUMPLE

Nota. Es importante tener en cuenta que el valor de V_u (cortante solicitado) de la tabla, ya está dividido por el valor de R (coeficiente de disipación de energía), que en este caso al tratarse de una vivienda de dos niveles y con irregularidad geométrica, adopta un valor de **1.8**. El valor de R se calculó, de acuerdo a la ecuación planteada en el título A.3 de la NSR-10.

Tabla 38
Verificación de muros en dirección X de la losa 1

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Vu (kN)	Ae (m2)	Pumin (kN/m)
1	0.15	3.52	88.94	0.528	7.711
2	0.15	3.52	79.33	0.528	7.711
3	0.15	3.52	72	0.528	7.711
4	0.15	3.29	76.39	0.494	7.711
5	0.15	0.6	1.06	0.090	7.711
6	0.15	1.8	21.28	0.270	7.711
7	0.15	3.94	104.44	0.591	7.711

Continuación de la Tabla 37. Verificación de muros en dirección X de la losa 1

Muro	Vn1 (kN)	Vn2(kN)	ΦV_n (kN)	Chequeo
1	116.825	215.555	70.10	NO CUMPLE
2	116.825	215.555	70.10	NO CUMPLE
3	116.825	215.555	70.10	NO CUMPLE
4	109.192	201.471	65.52	NO CUMPLE
5	19.913	36.742	11.95	CUMPLE
6	59.740	110.227	35.84	CUMPLE
7	130.765	241.275	78.46	NO CUMPLE

Nota. Es importante tener en cuenta que el valor de Vu (cortante solicitado) de la tabla, ya está dividido por el valor de R (coeficiente de disipación de energía), que en este caso al tratarse de una vivienda de dos niveles y con irregularidad geométrica, adopta un valor de **1.8**. El valor de R se calculó, de acuerdo a la ecuación planteada en el título A.3 de la NSR-10.

Tabla 39

Verificación de muros en dirección Y de la losa 2

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Vu (kN)	Ae (m ²)	Pumin (kN/m)
1	0.15	4	54.28	0.600	7.711
2	0.15	3.02	25.39	0.453	7.711
3	0.15	3.13	28.06	0.470	7.711
4	0.15	2.15	9.72	0.323	7.711
5	0.15	4	58.44	0.600	7.711
6	0.15	3.02	27.39	0.453	7.711

Continuación de la Tabla 38. Verificación de muros en dirección Y de la losa 2

Muro	Vn1 (kN)	Vn2(kN)	ΦV_n (kN)	Chequeo
1	132.756	244.949	79.65	CUMPLE
2	100.231	184.936	60.14	CUMPLE
3	103.882	191.673	62.33	CUMPLE
4	71.356	131.660	42.81	CUMPLE
5	132.756	244.949	79.65	CUMPLE
6	100.231	184.936	60.14	CUMPLE

Nota. Es importante tener en cuenta que el valor de Vu (cortante solicitado) de la tabla, ya está dividido por el valor de R (coeficiente de disipación de energía), que en este caso al tratarse de una vivienda de dos niveles y con irregularidad geométrica, adopta un valor de **1.8**. El valor de R se calculó, de acuerdo a la ecuación planteada en el título A.3 de la NSR-10.

Tabla 40

Verificación de muros en dirección X de la losa 2

Muro	Espesor (m)	Longitud (m)	Vu (kN)	Ae (m ²)	Pumin (kN/m)
1	0.15	3.52	65.72	0.528	7.711
2	0.15	3.52	66.17	0.528	7.711
3	0.15	3.52	70.39	0.528	7.711

Continuación de la Tabla 39. Verificación de muros en dirección X de la losa 2

Muro	Vn1 (kN)	Vn2(kN)	ΦV_n (kN)	Chequeo
1	116.825	215.555	70.10	CUMPLE
2	116.825	215.555	70.10	CUMPLE
3	116.825	215.555	70.10	NO CUMPLE

Nota. Es importante tener en cuenta que el valor de Vu (cortante solicitado) de la tabla, ya está dividido por el valor de R (coeficiente de disipación de energía), que en este caso al tratarse de una vivienda de dos niveles y con irregularidad geométrica, adopta un valor de **1.8**. El valor de R se calculó, de acuerdo a la ecuación planteada en el título A.3 de la NSR-10.

9.2.5. **Chequeo derivas:**

Tabla 41

Verificación de derivas sismo en dirección X losa 1

Muro	Deriva total (mm)	% Deriva total	% Requerido	Chequeo
1	0.889	0.037	0.05	CUMPLE
2	0.793	0.033	0.05	CUMPLE
3	0.72	0.03	0.05	CUMPLE
4	0.675	0.028	0.05	CUMPLE
5	0.675	0.028	0.05	CUMPLE
6	0.675	0.028	0.05	CUMPLE
7	0.675	0.028	0.05	CUMPLE

Tabla 42

Verificación de derivas sismo en dirección Y losa 1

Muro	Deriva total (mm)	% Deriva total	% Requerido	Chequeo
1	0.33	0.014	0.05	CUMPLE
2	0.33	0.014	0.05	CUMPLE
3	0.33	0.014	0.05	CUMPLE
4	0.33	0.014	0.05	CUMPLE

5	0.33	0.014	0.05	CUMPLE
6	0.33	0.014	0.05	CUMPLE
7	0.311	0.013	0.05	CUMPLE
8	0.311	0.013	0.05	CUMPLE
9	0.311	0.013	0.05	CUMPLE
10	0.337	0.014	0.05	CUMPLE
11	0.337	0.014	0.05	CUMPLE
12	0.337	0.014	0.05	CUMPLE
13	0.337	0.014	0.05	CUMPLE

Tabla 43
Verificación de derivas sismo en dirección X losa 2

Muro	Deriva	% Deriva total	% Requerido	Chequeo
	total (mm)			
1	2.104	0.088	0.05	NO CUMPLE
2	2.118	0.089	0.05	NO CUMPLE
3	2.254	0.095	0.05	NO CUMPLE

Tabla 44

Verificación de derivas sismo en dirección Y losa 2

Muro	Deriva total (mm)	% Deriva total	% Requerido	Chequeo
1	1.236	0.052	0.05	NO CUMPLE
2	1.236	0.052	0.05	NO CUMPLE
3	1.236	0.052	0.05	NO CUMPLE
4	1.236	0.052	0.05	NO CUMPLE
5	1.331	0.056	0.05	NO CUMPLE
6	1.331	0.056	0.05	NO CUMPLE

9.2.6. **Espesor mínimo de muro:**

$$\frac{\text{Altura del muro}}{\text{Espesor dle muro}} < 25 \quad \gg \quad \frac{2.38m}{0.15m} = 15.87 \quad \underline{\text{OK}}$$

$$15cm > 11cm \quad \underline{\text{OK}}$$

Nota. Chequeo del espesor mínimo de muro (Fuente: Título D.10.3.3 de la NSR-10, pag.55)

9.2.7. **Área mínima de muros confinados por nivel:**

Piso 1:

$$A_m \geq \frac{N A_a A_p}{20} \quad \Rightarrow \quad \frac{2*0.25*102.28}{20} = 2.56 \text{ m}^2$$

$$A_m = L_m * t$$

$$L_m = \frac{A_m}{t} = \frac{2.56}{0.15} = \mathbf{17.07m \text{ en cada sentido}}$$

Tabla 45

Longitudes de los muros vivienda tipo 2 primer nivel en ambos sentidos

Longitud de Muros piso 1(m)				
	Y		X	
1	4	1		3.52
2	3.02	2		3.52
3	5.32	3		3.52
4	2.78	4		3.29
5	3.13	5		0.6
6	2.15	6		1.8
7	2.23	7		3.94
8	2.29			
9	1.91			
10	4			
11	3.02			
12	5.32			
13	2.78			
Suma total		41.95		20.19

Por lo tanto, se cumple con el requisito

Donde:

A_m: Área mínima de muro

N: Número de niveles por encima del nivel considerado

A_a: Coeficiente de aceleración pico efectiva

A_p: Área de piso en el nivel considerado, m²

L_m=Longitud mínima de muro (m)

t= espesor del muro (m)

Nota. Chequeo del área mínima de muro (Fuente: Título D.10.3.4 de la NSR-10, pag.55)

9.2.8. Columnas de confinamiento:

Dimensiones mínimas:

- Espesor mínimo: Espesor mínimo_{col} = Espesor del muro confinado

$$15\text{cm}=15\text{cm} \text{ **OK**}$$

- Área mínima: Área mínima de columnas de confinamiento es de 200 cm²

$$225 \text{ cm}^2 > 200 \text{ cm}^2 \text{ **OK**}$$

Nota. Chequeo del área mínima de muro (Fuente: Título D.10.5 de la NSR-10, pag.55)

9.2.9. Ubicación de las columnas de confinamiento:

- En los extremos de los muros estructurales \Rightarrow **OK**

- En las intersecciones de otros muros estructurales \Rightarrow **OK**

✓ Columnas intermedias a distancias no mayores de:

✓ Menor o igual a 35 veces el espesor del muro

✓ 1.5 veces distancia vertical entre vigas \Rightarrow **NO CUMPLE**

✓ Distancia máxima de 4m

Nota. Chequeo de la ubicación de columnas de confinamiento (Fuente: Título D.10.5 de la NSR-10, pag.55)

9.2.10. **Discusión de los resultados obtenidos:**

De los valores de cortante obtenidos con el programa CASAS, se puede concluir que para la planta 1 todos los muros en dirección Y, están en la capacidad de resistir el esfuerzo cortante, es decir que la distribución de la fuerza sísmica en este sentido es adecuada. Por otra parte, en la misma planta, se presentan problemas para los muros en dirección X, ya que la mayoría no cumple el chequeo de esfuerzo cortante, esto se debe a la poca cantidad de muros confinados que existen en este sentido, puesto que son prácticamente la mitad de los muros en dirección Y, de tal manera que la distribución de la fuerza sísmica en este sentido, no es adecuada. Lo mismo sucede en la planta 2, los problemas se presentan en los muros en dirección X, ya que no existe continuidad hasta la cubierta.

En cuanto al chequeo por derivas, se presentan problemas en el nivel 2, ya que ningún muro cumple, por lo que es necesario aumentar la rigidez en dichos muros para evitar un desplazamiento excesivo. Una posible solución puede ser aumentar el espesor de confinamiento, disminuyendo el esfuerzo de tensión en la mampostería y este esfuerzo sea tomado por la columna, la cual con el refuerzo puede tomar estos esfuerzos de tensión ganando mayor resistencia.

Como otra recomendación también está, realizar un adecuado refuerzo alrededor de las puertas y ventanas, ya que es evidente la falta de elementos de confinamiento en el perímetro de los mismos

Dimensiones del muro:

Espesor: 0.15m

Altura: 2.38m

Se tomará el menor valor de las siguientes distancias:

- | | | |
|--|---|-----------------------|
| ✓ Menor o igual a 35 veces el espesor del muro | ⇒ | $35 * 0.15m = 5.25m$ |
| ✓ 1.5 veces distancia vertical entre vigas | ⇒ | $1.5 * 2.38m = 3.57m$ |
| ✓ Distancia máxima de 4m | ⇒ | $Dist. max = 4m$ |

10. VISITAS TÉCNICAS A LOS POLIGONOS PRIORIZADOS PARA EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.

El objetivo de este capítulo, es realizar un breve resumen de los resultados obtenidos del estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa para el barrio Yanaconas.

POLÍGONO DE YANACONAS:

✓ **Localización:**

Yanaconas se encuentra ubicado en la comuna 3, al centro-oriente del casco urbano de Popayán, entre las entre la carrera 4, calle 26 Norte y la carrera 1E las cuales son las únicas vías de acceso al barrio.

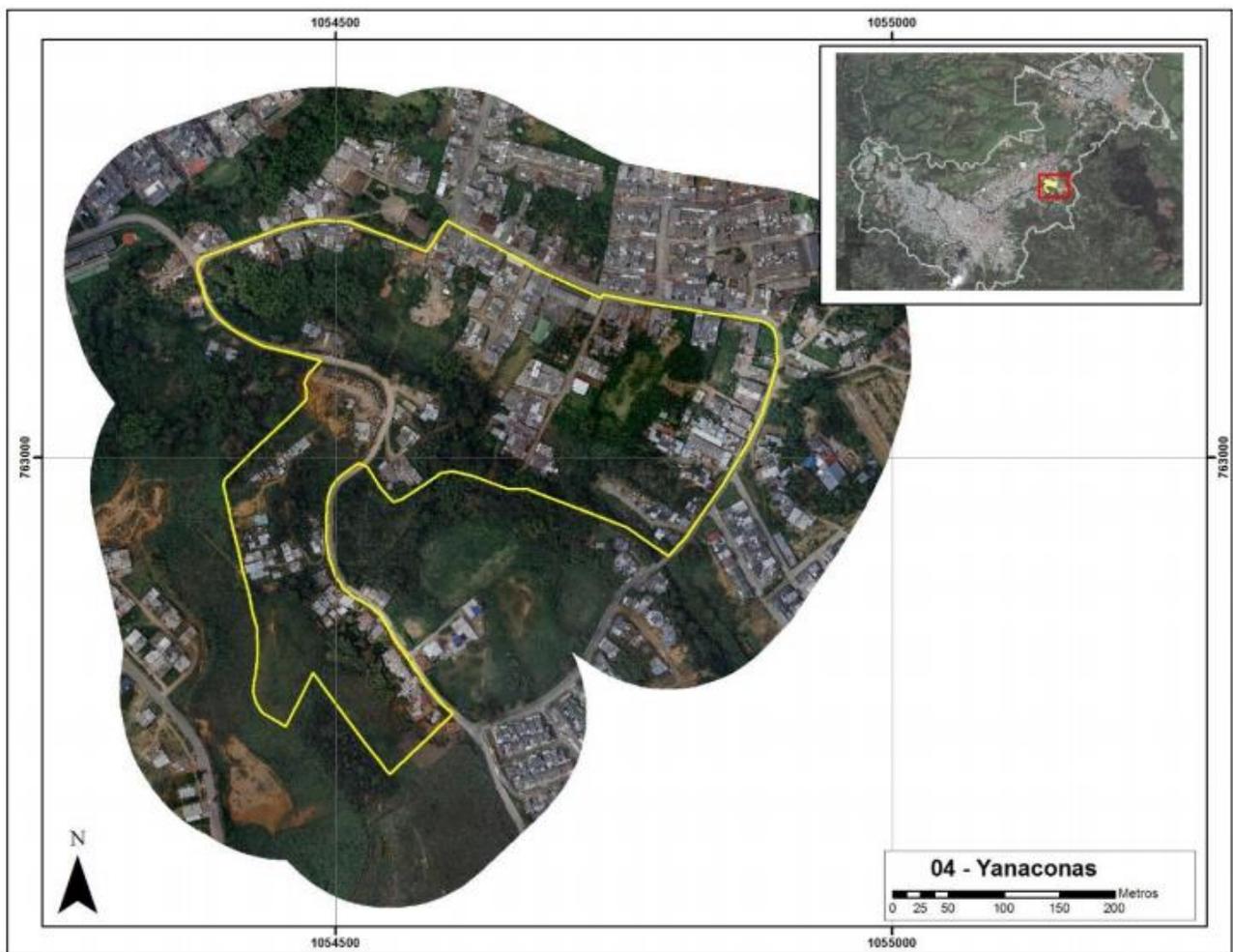


Figura 24 Localización área de estudio Yanaconas. (Fuente: Servicio Geológico Colombiano)

✓ **Evaluación por amenaza:**

En esta área se evidenciaron elementos de origen antrópico, es decir intervenciones realizadas por el hombre sobre el terreno, con el objetivo de realizar diferentes obras de ingeniería, tales como: mejoramiento y construcción de viviendas, adecuaciones de accesos y vías o simplemente la disposición de residuos sólidos (escombros). En la figura 25, se observa el inicio del recorrido; recibiendo sugerencias y recomendaciones. En la figura 26, ya se empiezan a evidenciar intervenciones sobre taludes (cantera inactiva). En la figura 27, se observa la afectación sobre la ronda hídrica del río molino.



Figura 25 Visita con representantes de las diferentes dependencias de la alcaldía municipal (Fuente: Propia)

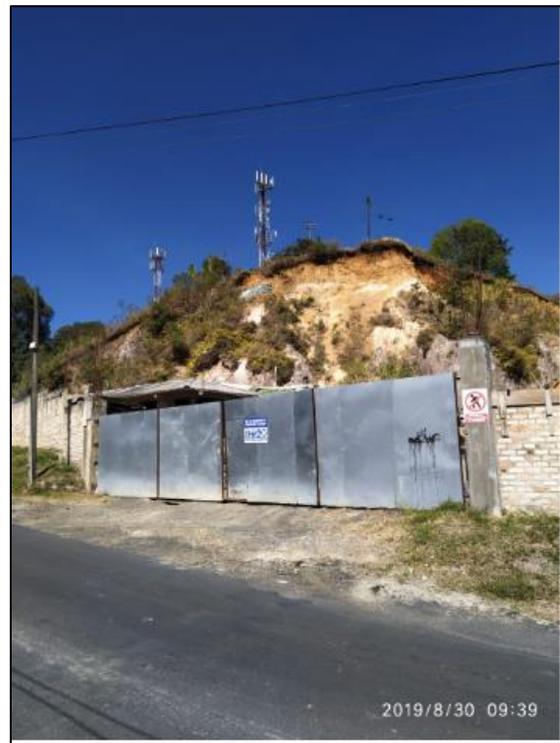


Figura 26 Excavaciones en cantera. parte superior antenas de telecomunicaciones (Fuente: Propia)



Figura 27 Disposición de escombros de construcción sobre el borde del río molino (Fuente: Propia)

Por otra parte, en estudios previos se realizaron sondeos y apiques, con el objetivo de realizar una caracterización geotécnica, y así determinar las propiedades y parámetros que constituyen el suelo en esta zona. A continuación, se resumen el cuadro de propiedades:

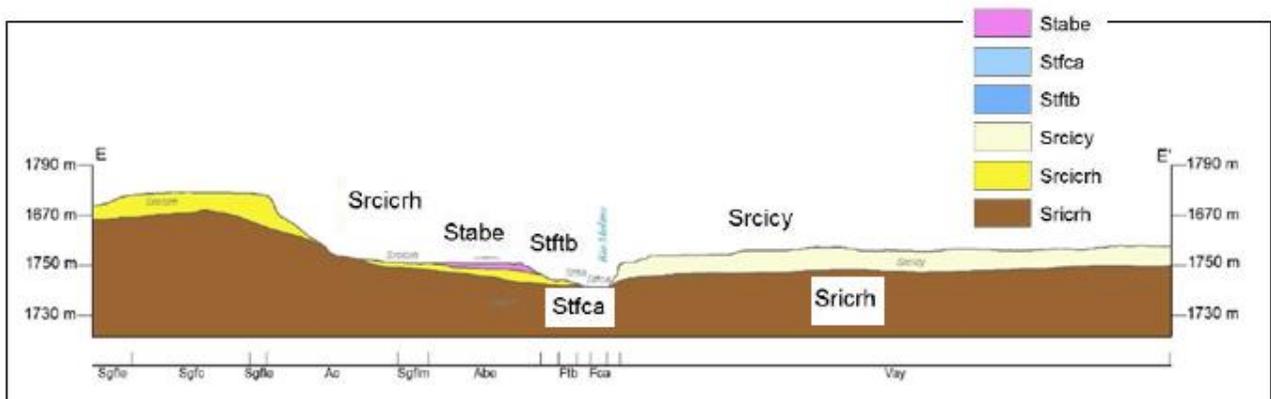


Figura 28 Perfil de suelo E-E' – Yanaconas (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas)

UGI		Est	C'pico (kPa)	ϕ' pico (grados)	C'res (kPa)	ϕ' res (grados)	Wn(%)	γ_t (kN/m ³)	Gs	k-saturado prom (cm/min)
Stdcl	Suelo transportado coluvial inactivo	Prom	35,33	34,54	26,37	16,66	41,34	17,09	2,75	
		SD	16,63	7,72			14,96	0,86	0,06	
		Max	47,09	40,00			65,00	17,70	2,79	
		Min	23,57	29,08			27,93	15,88	2,67	
Srcicy	Suelo residual cohesivo de Ignimbrita del Conjunto Yanaconas	Prom	2,93	37,93	2,94	36,77	50,77	16,93	2,71	
		SD					19,53	1,24	0,01	
		Max					80,00	17,84	2,72	
		Min					10,84	15,09	2,70	
Srcicrh	Suelo residual cohesivo de Ignimbrita del Conjunto Rio Hondo	Prom	29,41	31,13	11,95	25,85	60,70	15,91	2,71	1,72E-05
		SD	17,08	6,25	16,27	9,97	21,76	1,33	0,07	
		Max	65,73	41,00	34,46	37,33	115,85	18,84	2,81	3,41E-04
		Min	0,00	21,00	0,00	19,35	11,41	13,10	2,55	1,51E-07
Srcicrh	Suelo Residual de Ignimbrita del Conjunto Rio Hondo	Prom	35,25	28,63	29,91	22,21	52,52	16,35	2,73	1,41E-05
		SD	22,14	5,01	20,21	6,19	16,47	1,27	0,11	
		Max	122,63	40,80	64,75	29,18	124,90	20,09	2,97	1,01E-04
		Min	9,81	19,90	4,91	12,61	7,65	13,05	2,47	3,49E-07

Figura 29 Propiedades y parámetros geotécnicos del suelo. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas)

Finalmente, con ayuda de la evaluación de amenaza se logró obtener un mapa de amenaza por movimientos en masa. El cual presenta 3 categorías de amenaza alta (rojo), media (amarillo) y baja (verde claro)

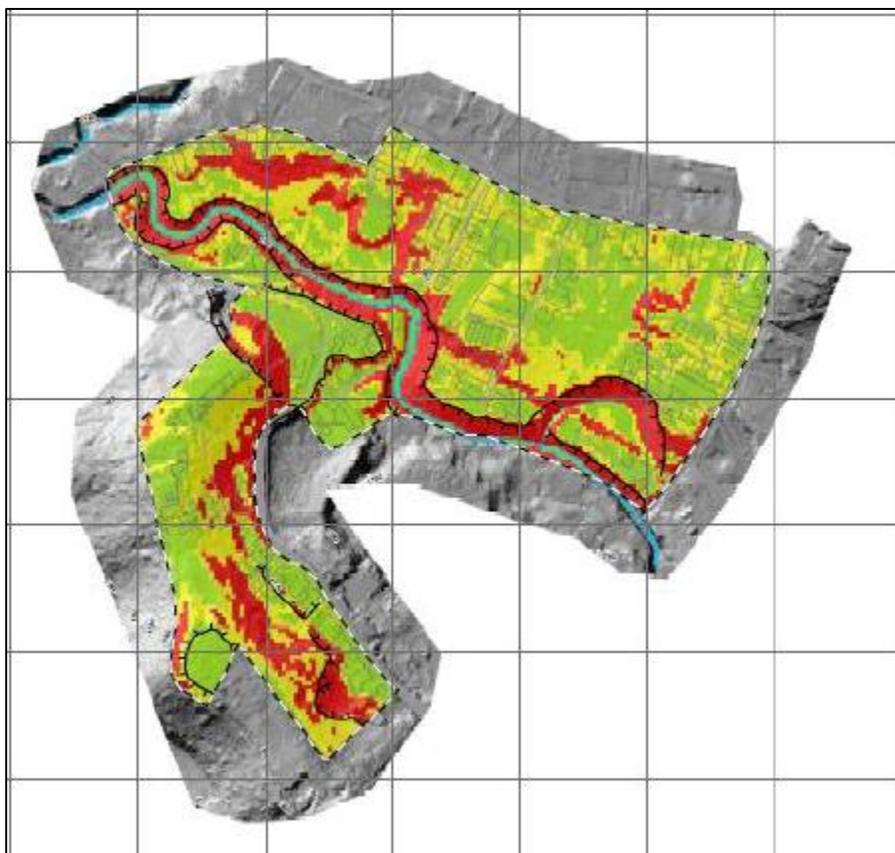


Figura 30 Mapa de amenaza por movimientos en masa escala. (Fuente: Estudio técnico polígono yanacunas)

✓ **Evaluación por vulnerabilidad:**

De acuerdo a datos recopilados en campo y fotografías aéreas tomadas, se logró realizar una caracterización y evaluación de las edificaciones del sector. Dando como resultado lo siguiente:

➤ **Por número de pisos:**

Para determinar el número de pisos en cada edificación, éste se contó a partir del sótano (si existe), por lo que, en la zona de estudio, el 69.66% de las edificaciones de la muestra, se encuentran construidas en un piso, seguido por un 25.84% que corresponden a dos pisos, seguido de 4.49% correspondiente a 3 pisos.



Figura 31 Porcentaje de acuerdo al número de pisos en el sector. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas)

➤ **Distribución por edad de la construcción:**

La edad de una edificación también es importante para determinar el grado de vulnerabilidad, ya que entre mayor edad tenga una vivienda, los materiales, técnicas y procesos constructivos serán más precarios.

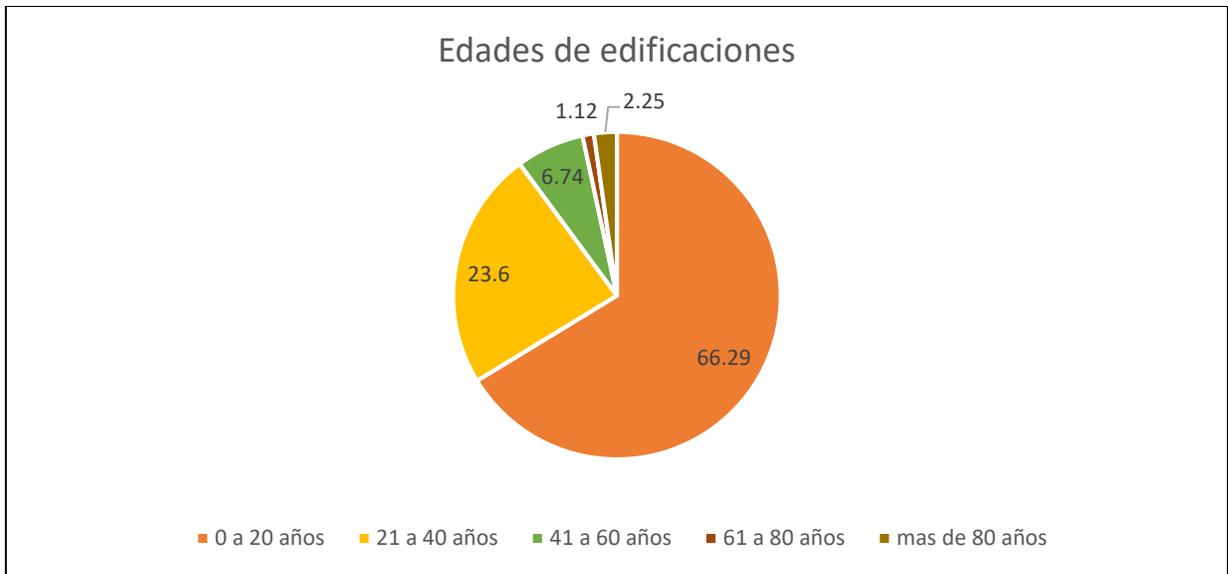


Figura 32 Porcentaje de acuerdo a las edades de la edificaciones. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas)

➤ **Distribución del sistema estructural:**

Para la zona de estudio, dentro de los sistemas estructurales que predominan, se encuentra el sistema de mampostería confinada en un 59.55% de las edificaciones evaluadas de acuerdo a la guía metodológica estas se clasifican como “estructuras de mampostería reforzada (C)”. Un segundo sistema con mayor participación en la zona de estudio es el sistema de pórticos y paneles en madera con 11.24%, estos son sistemas estructuralmente más precarios y de acuerdo a la guía se clasifican como “Construcciones Simples (F)”.

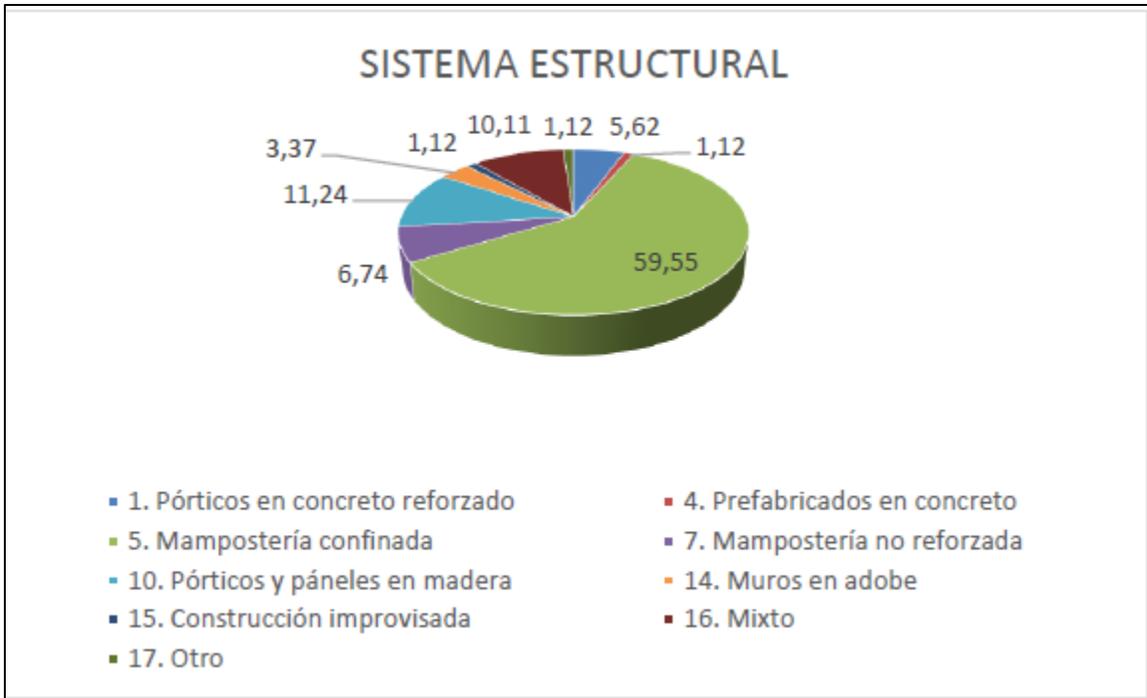


Figura 33 Porcentaje de acuerdo al sistema estructural. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas)

De acuerdo con los datos anteriores recolectados y formulas aplicadas de acuerdo a las guías metodológicas de UNGRD, se obtiene una zonificación por vulnerabilidad.

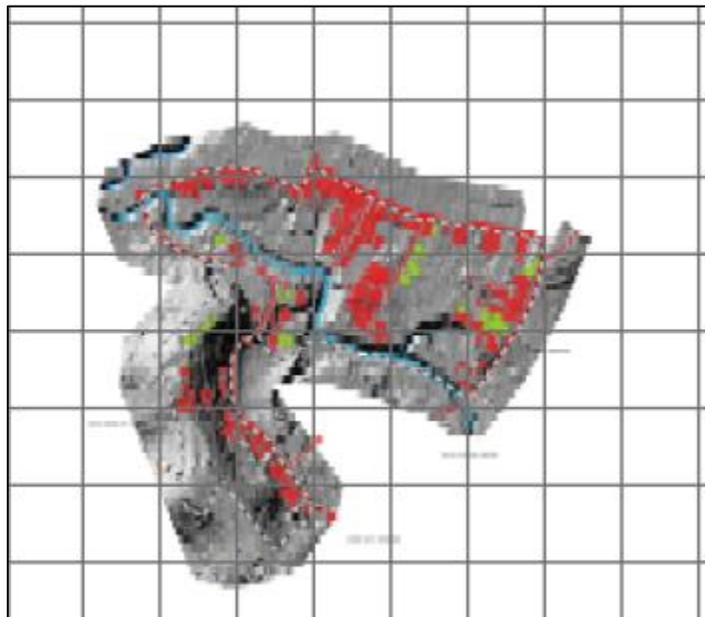


Figura 34 Mapa de vulnerabilidad por movimientos en masa . (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas)

✓ **Evaluación por riesgo:**

A partir de los estudios y resultados obtenidos de la evaluación amenaza y vulnerabilidad, los cuales se integran para obtener la evaluación del riesgo.

En el sector Yanaconas se encuentran un total de 200 edificaciones de la cuales 68 están en riesgo bajo y representan el 34%, 66 edificaciones se encuentran en riesgo medio que representan el 33% y 66 edificaciones están en riesgo alto que representan el 33% del total, estas edificaciones se encuentran en zonas de amenaza alta, media y baja por movimientos en masa, mientras que la vulnerabilidad de las estructuras se encuentra clasificada en alta y baja, dadas las condiciones de la intensidad de los movimientos en masa y escenarios de exposición de los elementos expuesto.

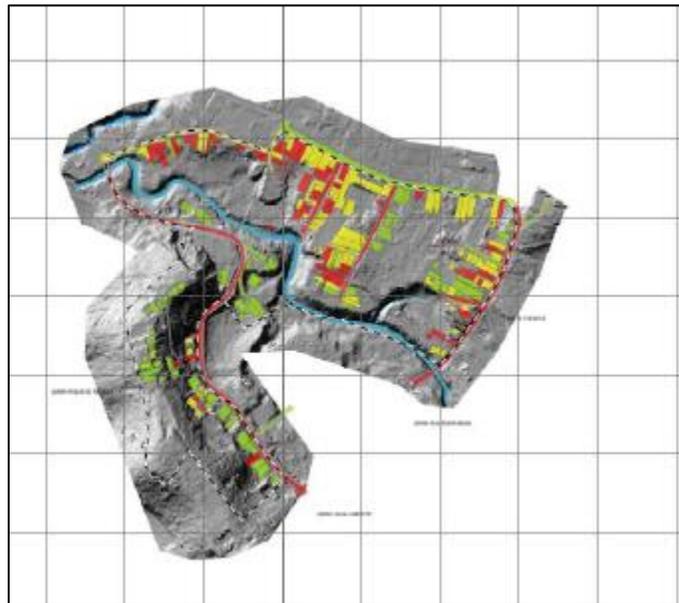


Figura 35 Mapa de Zonificación de riesgo. (Fuente: Estudio técnico polígono yanaconas)

11. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda la creación de un formato adecuado, interdisciplinariamente hablando, en lo que se refiere a evaluación de daños estructurales en viviendas y movimientos de remoción en masa, que incluya datos técnicos, que permitan dar un diagnóstico más acertado sobre el tema o escenario en particular, que sea de fácil manejo para los demás profesionales.
- ✓ Es necesario tomar medidas para la concientización pública, en cuanto a la prevención de desastres, de manera que las personas entiendan que la gestión del riesgo es responsabilidad de todos.
- ✓ Es importante aumentar las medidas de control y vigilancia en la ocupación del territorio, para evitar que muchas personas queden ubicadas en riveras de ríos o en sitios que les puedan generar una amenaza a mediano o largo plazo.
- ✓ Disminuir las prácticas inadecuadas en el uso del suelo, siendo uno de los puntos claves para disminuir la amenaza por movimientos en masa, lo cual deberá iniciarse por definir y restringir los usos del suelo en el territorio a través del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), procurando la eliminación de usos como la deforestación en las zonas identificadas con amenaza media - alta por movimientos en masa a nivel rural.

12. CONCLUSIONES

- ✓ Se pudo evidenciar una gran deficiencia en la mayor parte de viviendas visitadas, por la falta de mantenimiento de los elementos que conforman el sistema estructural, los cuales con el deterioro progresivo pierden resistencia y capacidad de trabajar en conjunto ante eventos sísmicos.
- ✓ También fue muy frecuente observar daños en ventanas y puertas, por la falta de elementos de confinamiento en los perímetros de los mismos, por este motivo es necesario realizar el confinamiento con columnetas o viguetas de amarre.
- ✓ Es muy importante tener buena distribución de muros en ambas direcciones y que los amarres sean adecuados, de manera que generen una buena resistencia ante la llegada de un sismo. Ya que la mayoría de viviendas tienen una distribución de muros típica, es decir plantas con longitudes muy largas (>10m) y muy poco anchas (<6m), por lo tanto, tiene muy buena cantidad de muros en el sentido largo pero muy pocos y cortos en el perpendicular a estos.
- ✓ Es de gran importancia, realizar las visitas técnicas e informes con total integridad, siendo conscientes de la responsabilidad que ello conlleva, ya que una mala interpretación de un resultado o concepto técnico, podría ocasionar grandes pérdidas materiales o en el peor de los casos, pérdidas de vidas humanas.
- ✓ De la gran cantidad de visitas realizadas, es importante mencionar la ausencia de control por parte de las entidades locales en la ocupación del territorio; además, la incorporación de los estudios técnicos en las herramientas de planificación territorial, que contribuyan a la toma de decisiones, evidenciando pocos recursos económicos y administrativos destinados a este componente.
- ✓ El desarrollo de la pasantía exige la interacción de un gran número de personas, lo que fortalece la capacidad de trabajo en grupo, pues todos aportan de su técnica y experiencia para lograr un mismo fin.

13. BIBLIOGRAFIA

- ✓ NSR-10. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismoresistente. Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, Ley 400 de 1997. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. Bogotá, Colombia. Título D.
- ✓ Gustavo, J.B. *Manual de muros confinados*. Recuperado de: <https://uniquindio-dspace.metabiblioteca.com/bitstream/001/4618/1/Manual%20de%20Muros%20confinados-Titulo%20E-NSR-10.pdf>
- ✓ Leonardo Flores. (2009). *Diseño de estructuras de mampostería*. Recuperado de: http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/cu/cu_09/te_01/ar_01.pdf
- ✓ Mosquera, J.M. (2018). *Programa casa (tomo 1)*. Popayán. Universidad del Cauca
- ✓ Beatriz, J.B. (2002). *Evaluación del comportamiento de viviendas de bahareque con el sismo del 25 de enero de 1999*. Manizales. Universidad Nacional de Colombia. Especialización de Estructuras. Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/2364/1/beatrizgomezbuitrago.2002.Parte1.pdf>
- ✓ Normas APA .2019, 04, 03. *Formato Apa para la presentación de trabajos escritos*. Recuperado de: <https://normasapa.com/formato-apa-presentacion-trabajos-escritos/>
- ✓ Gabinete Municipal de Popayán. *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres Municipio de Popayán*. Alcaldía Municipal.

