

**DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE
UNO (1) Y DOS (2) PISOS CONSTRUÍDAS EN MAMPOSTERÍA CONFINADA
– CASO DE ESTUDIO MUNICIPIO DE FLORIDA – VALLE DEL CAUCA.**

**POR
JEAN POOL ARENAS DUQUE
DAVID ESTEBAN ERASO ORTEGA**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
SANTIAGO DE CALI
FEBRERO DE 2024**

**DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE
UNO (1) Y DOS (2) PISOS CONSTRUÍDAS EN MAMPOSTERÍA CONFINADA
– CASO DE ESTUDIO MUNICIPIO DE FLORIDA – VALLE DEL CAUCA.**

**JEAN POOL ARENAS DUQUE
DAVID ESTEBAN ERASO ORTEGA**

TRABAJO DE GRADO

**DIRECTOR
ING. HAROLD CÁRDENAS, MSc.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
SANTIAGO DE CALI
FEBRERO DE 2024**

RESUMEN

Colombia, ubicada en una zona de alto riesgo sísmico ha presentado a lo largo de su historia devastadores eventos de este tipo que han dejado como saldo pérdidas materiales, numerosos daños a edificaciones, daño a la integridad humana y víctimas mortales.

Uno de los eventos más significativos para la historia y que sentó un precedente para la regulación de la construcción de edificaciones en el país fue el sismo de Popayán de 1983. A partir de este momento se desarrollaron iniciativas de regulación que después de numerosos procesos legislativos han convergido en el reglamento que hoy nos rige (Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10) con el fin de salvaguardar la integridad física de los ciudadanos mediante la protección de la infraestructura.

A pesar de que hoy en día es clara la importancia de cumplir con los estándares exigidos por la NSR-10, existe un gran porcentaje de edificaciones antiguas y artesanales que pueden presentar fallas en aspectos fundamentales, que las convierte en un peligro inminente para sus habitantes y que por limitaciones en las capacidades técnicas, financieras o logísticas de las administraciones municipales no han sido identificadas.

Es por esta razón que se propone realizar un diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de uno (1) y dos (2) pisos en mampostería confinada en el municipio de Florida, Valle del Cauca, estableciendo niveles de vulnerabilidad para la muestra seleccionada, tomando como base el título E de la NSR-10 y el Manual de Construcción, evaluación y construcción Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería (AIS).

Palabras clave: *Vulnerabilidad sísmica, Riesgo sísmico, Amenaza sísmica, Mampostería confinada, Título E, NSR-10, Diagnóstico, Manual de construcción.*

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.2.1. ALCANCE	14
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. MARCO DE REFERENCIA	16
3.2. ANTECEDENTES	17
3.3. ESTADO DEL ARTE	21
4. METODOLOGÍA.....	22
4.1. TIPO DE ESTUDIO	22
6.1. POBLACIÓN	25
7. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	29
7.1. NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	31
7.2. ASPECTOS CONSIDERADOS PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	32
7.2.1. ASPECTOS GEOMÉTRICOS	32
7.2.1.1. IRREGULARIDAD EN PLANTA DE LA EDIFICACIÓN.....	33
7.2.1.2. CANTIDAD DE MUROS EN LAS DOS DIRECCIONES.....	36
7.2.1.3. IRREGULARIDAD EN ALTURA	39
7.2.2. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	41
7.2.2.1. CALIDAD DE LAS JUNTAS DE PEGA EN MORTERO	41

7.2.3.	ASPECTOS ESTRUCTURALES.....	47
7.2.3.1.	MUROS CONFINADOS Y REFORZADOS.....	47
7.2.3.2.	DETALLES DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO.....	48
7.2.3.3.	VIGAS DE AMARRE O CORONA	50
7.2.3.4.	CARACTERÍSTICAS DE LAS ABERTURAS	51
7.2.3.5.	TIPO Y DISPOSICIÓN DEL ENTREPISO	53
7.2.3.6.	AMARRE DE CUBIERTAS	55
7.2.4.	CIMENTACIÓN	56
7.2.5.	SUELOS	57
7.2.6.	ENTORNO	60
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	83
13.	ANEXOS.....	86

LISTA DE FIGURAS

Mapa de zonificación sísmica de Colombia. Fuente: (AIS , 2009).	13
Descripción irregularidades 2P y 3P. Fuente: (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, 2010).	34
Chequeo de irregularidades 2P y 3P. Fuente: (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE , 2010).....	34
Representación relación largo-ancho. Fuente: (AIS, 2001).....	35
Edificación con entradas y salidas abruptas ejemplo 2. Fuente: (AIS, 2001).	36
Edificación con entradas y salidas abruptas ejemplo 1. Fuente: (AIS, 2001).	36
Representación de distribución adecuada de muros. (AIS, 2001).....	38

Representación de edificación con vulnerabilidad media según su cantidad de muros en direcciones principales. Fuente: (AIS, 2001).....	38
Representación de edificación con vulnerabilidad alta según su cantidad de muros en direcciones principales. Fuente: (AIS, 2001).....	38
Descripción irregularidad 3A. Fuente: (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, 2010).	39
Chequeo de irregularidad 3A. Fuente: (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE , 2010).....	39
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según su irregularidad en altura. Fuente: (AIS, 2001).	40
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según su irregularidad en altura. Fuente: (AIS, 2001).	40
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según su irregularidad en altura. Fuente: (AIS, 2001).	41
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según la calidad de sus juntas en mortero. Fuente: (AIS, 2001).....	42
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según la calidad de sus juntas en mortero. Fuente: (AIS, 2001).....	42
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según la calidad de sus juntas en mortero. Fuente: (AIS, 2001).....	43
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según el tipo y disposición de ladrillos. Fuente: (AIS, 2001).	44
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según el tipo y disposición de ladrillos. Fuente: (AIS, 2001).....	44
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según el tipo y disposición de ladrillos. Fuente: (AIS, 2001).....	45
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según la calidad de sus materiales. Fuente: (AIS, 2001).	46
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según la calidad de sus materiales. Fuente: (AIS, 2001).	46
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según la calidad de sus materiales. Fuente: (AIS, 2001).	47

Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según el confinamiento y refuerzo de sus muros. Fuente: (AIS, 2001).	47
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según el confinamiento y refuerzo de sus muros. Fuente: (AIS, 2001).	48
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según el confinamiento y refuerzo de sus muros. Fuente: (AIS, 2001).	48
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según columnas y vigas de confinamiento. Fuente: (AIS, 2001).	49
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según columnas y vigas de confinamiento. Fuente: (AIS, 2001).	49
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según columnas y vigas de confinamiento. Fuente: (AIS, 2001).	50
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según vigas de amarre y de corona. Fuente: (AIS, 2001).	50
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según vigas de amarre y de corona. Fuente: (AIS, 2001).	51
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según vigas de amarre y de corona. Fuente: (AIS, 2001).	51
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según aberturas de muros. Fuente: (AIS, 2001).	52
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según aberturas de muros. Fuente: (AIS, 2001).	52
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según aberturas de muros. Fuente: (AIS, 2001).	53
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según entrepiso. Fuente: (AIS, 2001).	53
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según entrepiso. Fuente: (AIS, 2001).	54
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según entrepiso. Fuente: (AIS, 2001).	54
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).	55

Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).	55
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).	56
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según cimentación. Fuente: (AIS, 2001).	56
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).	57
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).	57
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según suelos. Fuente: (AIS, 2001).	58
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según suelos. Fuente: (AIS, 2001).	59
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según suelos. Fuente: (AIS, 2001).	60
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según entorno. Fuente: (AIS, 2001).	60
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según entorno. Fuente: (AIS, 2001).	61
Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según entorno. Fuente: (AIS, 2001).	61
Cantidad de familias por vivienda.	64
Rango de edad del cabeza de familia.	64
Nivel de estudios del cabeza de hogar.	65
Género del cabeza de familia.	65
Rango de ingresos del cabeza de familia.	66
Clasificación de la vulnerabilidad sísmica en el municipio de Florida, Valle.	68
Clasificación vulnerabilidad sísmica según aspecto geométrico.	70
Clasificación vulnerabilidad sísmica según aspecto constructivo.	71

Clasificación vulnerabilidad sísmica según aspecto estructural.	71
Clasificación vulnerabilidad sísmica según cimentación.	72
Clasificación Vulnerabilidad sísmica según suelos.	72
Clasificación vulnerabilidad sísmica según suelo.	73
Reforzamiento de la estructura mediante una columna de confinamiento; tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001).....	76
Reforzamiento de estructura por medio de confinamiento de las aberturas existentes, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001) ...	76
Reemplazo de muros no estructurales por muros estructurales, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001).....	77
Reforzamiento de muros de la estructura existente con revestimiento de concreto reforzado, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001).....	77
Reforzamiento de muros de la estructura existente con revestimiento mediante fibras compuestas, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001).....	78
Reforzamiento de la cimentación de la estructura existente con vigas de cimentación, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001). ..	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Consolidado de criterios de evaluación de vulnerabilidad sísmica.	62
Tabla 2. Análisis de Vulnerabilidad sísmica: Calificación global.	66
Tabla 3. Calificación vulnerabilidad sísmica por aspecto evaluado.....	68
Tabla 4. Intervenciones recomendadas a la vivienda, de acuerdo al grado de vulnerabilidad y el nivel de daño que presenta, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001).....	75

LISTA DE ABREVIATURAS

NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente

AIS: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

FOREC: Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero

DPAE: Dirección para la Prevención y Atención de Emergencias

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de grado tiene como caso de estudio al municipio de Florida, Valle del Cauca el cual está ubicado en zona de alta vulnerabilidad sísmica y donde la gran parte de sus viviendas de uno y dos pisos están construidas en sistema de mampostería confinada y de manera artesanal.

Actualmente, planeación municipal se encarga de otorgar licencias de construcción, ampliación y remodelación que deben cumplir con toda la normativa vigente y requerimientos técnicos, sin embargo, existe un gran número de viviendas que no he tenido ningún tipo de regulación y se desconoce su condición actual.

Con el desarrollo de esta investigación no sólo se pretende evaluar la condición estructural de las viviendas, sino que además busca convertirse en una herramienta que permita evaluar las posibles intervenciones que, a la luz de la NSR-10, debe implementar la administración municipal para atenuar y mitigar la condición de amenaza y vulnerabilidad de su infraestructura, frente a la potencial ocurrencia de un evento sísmico.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Colombia se encuentra ubicada en una zona de alto riesgo sísmico, en la costa del océano pacífico conocida como “Anillo de Fuego del Pacífico” donde ocurre el 90% de la actividad sísmica del planeta (SAI, 2021). En consecuencia, el país ha sufrido a lo largo de su historia devastadores eventos sísmicos que han dejado como saldo víctimas mortales, heridos y pérdidas materiales.

El 31 de marzo de 1983 en el municipio de Popayán ocurrió un sismo de alta intensidad que destruyó gran parte de la ciudad y poblaciones aledañas con un saldo de 6.800 edificaciones colapsadas, 267 personas muertas y 7.500 heridos (EL TIEMPO, 2020). Como respuesta a esta tragedia, el 7 de junio de 1984 se expidió por medio del Decreto 1400 de 1984 la primera normativa colombiana de construcciones sismo resistentes (SAI, 2021). Posteriormente, a mediados de la década de 1990 se gestionó ante el Congreso de la República una ley que regulara los temas afines a la construcción y permitiera realizar actualizaciones periódicas. Así, bajo el amparo de la Ley 400 de 1997 se expidieron los Reglamentos de Construcción Sismo Resistente NSR-98, y la actualización expedida en el 2010 NSR-10, hoy vigente (García , 2015).

La NSR-10 pretende evitar que los movimientos sísmicos ocasionen colapsos o daños importantes a las edificaciones, con el fin de proteger la integridad física y bienes de las personas (SAI, 2021).

Actualmente este reglamento es de obligatorio cumplimiento, sin embargo, antes de su expedición y divulgación las viviendas se construían principalmente de manera informal y con mano de obra no calificada, lo que las hace propensas a presentar omisiones o fallas en aspectos técnicos importantes que hoy se encuentran consignados en la NSR-10, convirtiéndolas en estructuras vulnerables ante los eventos sísmicos.

Adicional a la problemática de las viviendas antiguas, se encuentra el problema de informalidad como respuesta constante al déficit habitacional en Colombia. Se estima que actualmente más del 50% de las construcciones siguen siendo informales (Reunión del Concreto, 2018).

Por lo anterior, es importante conocer cuál es el diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en país, pues según el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia (AIS; Universidad de los Andes; Ingeominas, 1996) el 35% de la población colombiana se encuentra en zona de amenaza sísmica alta, el 51% en zona de amenaza sísmica intermedia y el 14% en zona de amenaza sísmica baja (Figura 1), por lo que la mayor parte de la población está en riesgo de que un evento sísmico de gran intensidad las afecte y genere diferentes pérdidas tanto humanas como materiales.

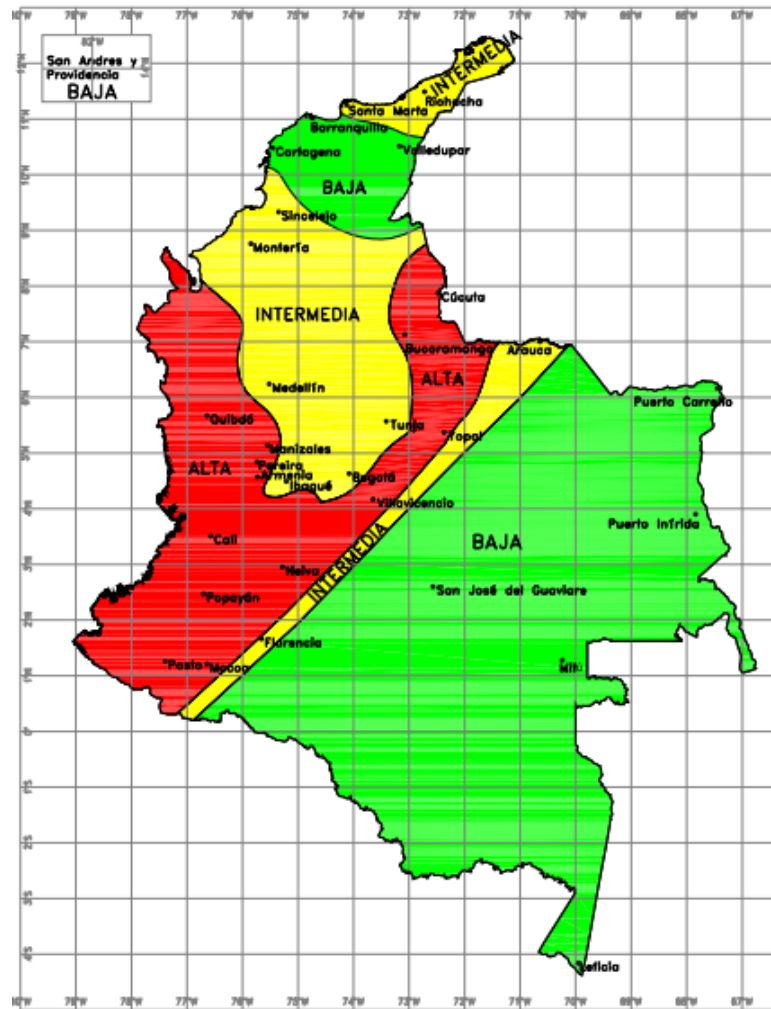


Figura 1. Mapa de zonificación sísmica de Colombia. Fuente: (AIS , 2009).

Florida es un municipio ubicado al sur oriente del departamento del Valle del Cauca, que para el año 2020 contaba con una población de 57.961 habitantes. Por estar ubicada en en zona de alta vulnerabilidad sísmica se considera importante que sus edificaciones estén preparadas para eventos de gran magnitud. Es por esta razón que su diagnóstico

como caso de estudio será influyente como herramienta de control y prevención contra efectos de desastres naturales.

En Florida, como en la mayor parte del país la construcción informal tiene una tendencia a ser desarrollada con mampostería confinada. Así que, se pretende realizar con este trabajo de grado un diagnóstico de la calidad en la construcción de edificaciones de 1 y 2 niveles en el municipio de Florida, categorizándolas en unos niveles de riesgo y vulnerabilidad alto, medio o bajo de acuerdo a los resultados que se obtengan con el trabajo de campo realizado en contraste con el Título E de la NSR-10.

1.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿De qué manera se puede realizar el diagnóstico de vulnerabilidad sísmica y calidad de las construcciones en el municipio de Florida, Valle del Cauca?

1.2.1. ALCANCE

Realizar un análisis detallado de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas con sistema de mampostería confinada en el municipio de Florida, Valle del Cauca, que permita conocer sus características y clasificación y así extraer conclusiones que aporten al desarrollo de futuras intervenciones de infraestructura en el municipio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar la vulnerabilidad sísmica de una muestra seleccionada de edificaciones de uno (1) y dos (2) niveles en mampostería confinada en el municipio de Florida, Valle del Cauca. Tomando como base el cumplimiento del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y la calidad con la que fueron construidas.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar información técnica de edificaciones de uno (1) o dos (2) niveles en mampostería confinada en el municipio de Florida, Valle del Cauca mediante trabajo de campo, utilizando herramientas y técnicas estadísticas para el correcto análisis de la información.

- Establecer niveles de vulnerabilidad para las edificaciones estudiadas, clasificándolas de acuerdo a su nivel de desempeño esperado en un evento sísmico con base en la información de la NSR-10 y del capítulo II del Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas en mampostería de la AIS, titulado “EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS”.

2. JUSTIFICACIÓN

Con el propósito de dar cumplimiento al requisito indispensable para obtener el título de Ingenieros Civiles, se plantea el desarrollo de este trabajo de grado con el que se pretende unificar los conocimientos académicos con una necesidad inminente de la sociedad colombiana. Esta hace referencia al cumplimiento de la normatividad que regula la construcción sismo resistente del país, cuyo objetivo principal es evitar que los eventos sísmicos afecten las edificaciones poniendo en riesgo la integridad física de los ciudadanos (SAI, 2021).

El panorama para el cumplimiento de esta normatividad es complejo en cuanto a la poca disposición de recursos económicos y logísticos para el diagnóstico de las edificaciones existentes, sobre todo en municipios no capitales (Alzate Buitrago, 2017). Es por esta razón que el desarrollo de esta investigación es un aporte de gran valor para la región vallecaucana, particularmente para el municipio de Florida, Valle del Cauca donde las edificaciones, especialmente las antiguas, han sido construidas de manera artesanal, y las recientes, a pesar de ser reguladas por la planeación municipal quien otorga licencias de construcción a las obras nuevas, de ampliación, modificación, entre otras, que deben cumplir con todos los aspectos normativos; no tienen ningún tipo de control presencial en ninguna etapa de la obra, dando origen a muchas modificaciones e irregularidades constructivas por parte de los maestros de obra, que no siguen los planos de diseño a cabalidad.

El desarrollo de esta investigación le aporta una herramienta a la administración municipal para gestionar los recursos económicos para la mitigación de las condiciones de riesgo diagnosticadas en las edificaciones objeto de estudio y adelantar proyectos para gestión del riesgo y desastre.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. MARCO CONCEPTUAL

- Estructuras en mampostería

La mampostería se conoce como el sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos, para diversos fines, mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen (denominados mampuestos) que pueden ser ladrillos, bloques de cemento prefabricados, piedras talladas en formas regulares o no, entre otros. Son una solución tradicional y eficaz, empleada en construcciones durante mucho tiempo a lo largo de la historia. Este sistema permite una reducción en los desperdicios de los materiales empleados y genera fachadas portantes; es apta para construcciones en alturas grandes. La mayor parte de la construcción es estructural (CEMENTOS CIBAO, 2018).

- Sistema de mampostería confinada

Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado contruidos alrededor del muro, confinándolo. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (ACH, 2021).

- Amenaza sísmica

La Amenaza Sísmica es un término técnico mediante el cual se caracteriza numéricamente la probabilidad estadística de la ocurrencia (o excedencia) de cierta intensidad sísmica (o aceleración del suelo) en un determinado sitio, durante un período de tiempo.

La Amenaza Sísmica puede calcularse a nivel regional y a nivel local, para lo cual se deben considerar los parámetros de fuentes sismogénicas, así como también los registros de eventos sísmicos ocurridos en cada zona fuente y la atenuación del movimiento del terreno (FUNVISIS, 2017).

- **Riesgo sísmico**

La vulnerabilidad sísmica cuantifica el riesgo debido únicamente a las características de la estructura. El peligro sísmico es la magnitud que cuantifica el riesgo debido a la zona geográfica sobre la cual se emplaza la estructura. Tanto la vulnerabilidad sísmica de una estructura, como el peligro sísmico asociado a su emplazamiento, así como el daño sísmico potencial, contribuyen a cuantificar el riesgo sísmico asociado a un conjunto.

De esta manera, dos edificios idénticos en sus características físicas presentarán una vulnerabilidad sísmica equivalente, pero un peligro sísmico que dependerá de acuerdo al lugar del emplazamiento (Gómez, 2021).

- **Vulnerabilidad sísmica**

Se refiere a que tan susceptibles a ser afectados o dañados son los elementos estructurales de una edificación o estructura frente a las fuerzas sísmicas inducidas en ella y actuando en conjunto con las demás cargas habidas en dicha estructura. Los elementos estructurales son aquellas partes que sostienen la estructura de una edificación, encargados de resistir y transmitir a la cimentación y luego al suelo; las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido, así como las cargas provocadas por los sismos. Entre estos elementos se encuentran las columnas, vigas, placas de concreto, muros de albañilería de corte, entre otros. Debido a ello como se dirá que un buen diseño estructural es la clave para que la integridad del edificio sobreviva aún ante desastres naturales severos como lo son los terremotos (Alzate Buitrago, 2017).

3.2. ANTECEDENTES

- **Hacia el mejoramiento de las prácticas de construcción en la producción informal de vivienda: el caso del proyecto Construya, de Swisscontact** (Agudelo Rodríguez & Ramos , 2014)

Los autores Carlos Fernando Agudelo, Helmuth George Ramos y Raúl Hernán Rojas, exponen una síntesis de los resultados del trabajo realizado por la Fundación Suiza de Cooperación Técnica, Swisscontact, este consiste en el análisis de distintas prácticas constructivas presentes en sectores de construcción de origen informal en Bogotá y

realiza la descripción de las capacitaciones implementadas en estos sectores para el mejoramiento de sus condiciones de habitabilidad.

También se informa en el artículo de la realidad que se vive en muchos países de Latinoamérica, en relación con la producción informal de vivienda en zonas en condición de vulnerabilidad y de la problemática que esto trae, debido a que en muchos de estos casos las viviendas son construidas por las mismas familias, o en su defecto, son encargadas a maestros de obra que no cuentan con los suficientes conocimientos técnicos sobre la norma de construcción, y por ende estas edificaciones no cumplen el reglamento.

- **Evaluación de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones indispensables del grupo III y IV en el municipio de Viterbo, Caldas** (Alzate Buitrago, 2017).

Esta investigación fue desarrollada en la Universidad Libre seccional Pereira para la escuela de Ingeniería Civil.

Este ejercicio investigativo fue desarrollado en el municipio de Viterbo y partió de la identificación y caracterización estructural de las edificaciones consideradas indispensables. Una vez visitadas en campo para evaluar su condición estructural y estado, se procedió a levantar la planta de los elementos estructurales de interés, con el objetivo de modelar su condición de vulnerabilidad mediante el software ETABS.

Finalmente, identificadas las deficiencias estructurales, a la luz de la NSR-10, se propusieron las medidas de mitigación requeridas para que dichas edificaciones se ajustaran a la norma y de esta manera se atenuara su vulnerabilidad y extensivamente se garantizará su ocupación segura. En el municipio de Viterbo, una vez concluido el proceso investigativo, se pudo diagnosticar y confirmar las deficiencias constructivas (vulnerabilidad estructural) de la Alcaldía Municipal, el Hospital San José, la Institución Educativa La Milagrosa y el Cuerpo de Bomberos, con evidentes limitaciones estructurales, que configuran en el municipio un escenario de riesgo bastante complejo.

- **Índice de vulnerabilidad sísmica de escuelas del Área Metropolitana de Medellín, Colombia** (Acevedo Jaramillo , 2019)

Este es un trabajo de grado desarrollado en la universidad EAFIT de la ciudad de Medellín. Consiste en realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un inventario de escuelas ubicadas en las ciudades de Medellín, Itagüí y Sabaneta, a través de la aplicación del método del Índice Prioritario desarrollado por Hassan y Sözen (1997). El procedimiento del Índice Prioritario permite identificar, de un grupo de estructuras de pórticos de hormigón reforzado, aquellas que podrían sufrir daño severo o colapso en caso de un evento sísmico importante y, por lo tanto, requieren de una evaluación de vulnerabilidad sísmica detallada.

Se evaluaron un total de 82 estructuras pertenecientes a 30 instituciones educativas. El sistema de resistencia a cargas laterales de todas las estructuras evaluadas corresponde a pórticos de hormigón reforzado con presencia de muros de mampostería. La aplicación del método del Índice Prioritario identificó un 61% de las estructuras analizadas como prioritarias, es decir, con posibilidad de que sufran daño severo o colapso ante un futuro evento sísmico. En el desarrollo de esta investigación se propuso incluir parámetros adicionales al método para la evaluación de las estructuras: año de construcción y presencia de columnas cortas. Finalmente, se identificó un 60% de las estructuras con prioridad alta; este alto porcentaje implica que una gran cantidad de menores estarían en alto riesgo ante la ocurrencia de un evento sísmico.

- **Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de 1 y 2 pisos construidas en mampostería confinada – Caso de estudio corregimiento de Santa Helena, El Cerrito, Valle.** (Ante Suárez & Reyes Vásquez, 2019).

Este trabajo de grado de pregrado fue desarrollado en la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle. En este documento se empleó la metodología de análisis de vulnerabilidad de edificaciones desarrollada en el manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería desarrollado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), este establece de forma precisa un método para medir el nivel de vulnerabilidad de edificaciones construidas en mampostería confinada, caso que será objeto de estudio en el documento.

Con lo anterior se implementó una metodología de trabajo de campo, que permitió levantar los datos necesarios para el estudio, con ellos dar un dictamen sobre el nivel de vulnerabilidad de la edificación y la calidad con la que fue construida.

Cada edificación analizada se clasificó en un nivel de vulnerabilidad particular, por ende, con el estudio realizado se pudo tener una idea general de la vulnerabilidad de las edificaciones del corregimiento y el estado de preparación ante un posible evento sísmico que las pueda afectar.

- **Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de casas de 3 pisos construidas en un sistema de muros confinados en el municipio de Villa Rica, Cauca.**
(Gómez, 2021)

Este trabajo de grado de pregrado fue desarrollado en la Universidad el Valle, en el programa académico de Ingeniería Civil. Aquí se asignó un nivel de vulnerabilidad sísmica a las casas de 3 pisos construidas es sistema de muros confinados en el municipio de Villa Rica, Cauca, el cual se encuentra ubicado en zona de amenaza sísmica alta.

En primera instancia se seleccionó una muestra representativa de viviendas, a las cuales se les realizó una inspección mediante visitas y acceso a información entregada por los propietarios.

Con la información necesaria se realizó un modelo analítico de cada vivienda mediante un software de elementos finitos con el que se obtuvo los esfuerzos a los que estaban sometidas y se compararon con los máximos permitidos por la NSR-10 con lo que se presentó finalmente la clasificación de la muestra según el grado de vulnerabilidad sísmica.

3.3. ESTADO DEL ARTE

- **Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), Título E**

El título E de la Norma NSR – 10 establece los requisitos para la construcción sismo resistente de viviendas de uno y dos pisos en mampostería confinada y bahareque encementado. En este título de la norma se establecen condiciones estructurales que permiten un funcionamiento adecuado de las viviendas de uno y dos pisos, ante cargas laterales y verticales en las diferentes zonas de amenaza sísmica del país, por ende, será la carta guía en el trabajo de investigación, debido a que regula de forma general lo que es legalmente permitido y lo que no, en el tipo de estructuras anteriormente mencionadas.

- **Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería (AIS).**

Este manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería fue elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS con el apoyo financiero del Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero FOREC y de la Dirección para la Prevención y Atención de Emergencias DPAE de Bogotá. Este permite evaluar de forma sencilla la vulnerabilidad sísmica de viviendas de uno y dos pisos, con el fin de identificar las mayores deficiencias que deben ser intervenidas, si se desea mejorar la seguridad de las estructuras y su comportamiento sísmico.

De este documento se obtiene información importante que se utilizará al momento de evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones estudiadas, ya que el capítulo II “Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de viviendas”, muestra un panorama sencillo de los aspectos más importantes que se deben chequear para definir el nivel de

vulnerabilidad de una edificación en mampostería confinada, además la clasifica en nivel de vulnerabilidad alto, mediano o bajo, tomando en consideración aspectos geométricos, constructivos, estructurales, de la cimentación, el entorno y el suelo de la edificación.

4. METODOLOGÍA

4.1. TIPO DE ESTUDIO

Este trabajo de grado se clasifica como un estudio de tipo descriptivo, lo que significa que la información es recolectada sin cambiar el entorno (ORI, 2022). Este tipo de estudio también es conocido como estudio de observación o correlación. Los datos son utilizados con finalidad descriptiva y no enfocados a una presunta relación de causa y efecto.

Aquí los investigadores recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

4.2. FASES Y PRODUCTOS

- **Objetivo 1:** Recolectar información técnica de edificaciones de uno (1) o dos (2) niveles en mampostería confinada en el municipio de Florida, Valle del Cauca mediante trabajo de campo, utilizando herramientas y técnicas estadísticas para el correcto análisis de la información.

- **Fase 1: Reconocimiento de edificaciones**

En la primera fase los investigadores deben realizar un trabajo de campo de reconocimiento a las edificaciones del municipio, identificando cuáles de estas cumplen con las características para hacer parte del estudio y cuáles son las condiciones de

accesibilidad a las mismas, lo que incluye la indagación sobre propietarios o encargados que puedan contribuir con permisos y demás requerimientos.

Producto: Listado de viviendas identificadas, nombres de propietarios, directores de juntas de acción comunal, etc.

- **Fase 2: Selección de la muestra**

Esta fase consiste en seleccionar los elementos representativos para ser estudiados. Para esto se requiera haber identificado el universo aproximado de edificaciones existentes de uno (1) o dos (2) pisos en sistema de mampostería confinada en Florida, Valle.

Producto: Muestra representativa de casas de uno (1) o dos (2) pisos en mampostería confinada en el municipio de Florida, Valle del Cauca.

- **Fase 3: Socialización del proyecto y recolección de datos**

La socialización del proyecto es fundamental para el proceso de análisis de las edificaciones. Aquí se obtienen los permisos por parte de los propietarios o encargados para poder acceder a planos existentes, levantamientos, fotografías, contexto histórico de la construcción, realización de encuesta socioeconómica, entre otros.

Producto: Resultado de encuestas, fotografías, datos técnicos de observación, levantamiento y/o planos.

- **Objetivo 2:** Establecer niveles de vulnerabilidad para las edificaciones estudiadas, clasificándolas de acuerdo a su nivel de desempeño esperado en un evento sísmico con base en la información de la NSR-10 y del capítulo II del Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas en mampostería de la AIS, titulado “EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS”.

- **Fase 4: Análisis de datos**

Una vez recolectada la información necesaria, se procede a organizar y clasificar la información para ser presentada. También se analizan los datos de cada una de las edificaciones tomando como base el capítulo II del Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sísmo resistente de viviendas en mampostería de la AIS, titulado “EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS”.

Producto: Informe de trabajo de campo y análisis de datos técnicos de cada edificación estudiada.

- **Fase 5: Resultados**

En la fase final se presentará un ponderado de la información analizada junto a las conclusiones sobre el estado, vulnerabilidad y calidad de las edificaciones en mampostería confinada en el municipio de Florida, Valle del Cauca. Adicionalmente se presentará la detección de incumplimientos técnicos según lo estipulado en el título E de la NSR-10.

Producto: Informe de resultados y clasificación de las edificaciones estudiadas según su grado de vulnerabilidad.

5. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con los criterios expuestos por Carlos Sabino (Sabino , 1992) y Restituto Sierra (Sierra Bravo, 2001), la presente investigación se enmarca dentro de la siguiente tipología:

- **Por su naturaleza:** La presente investigación es de tipo **ENCUESTA**, pues los datos manejados proceden de las manifestaciones escritas producto de los objetos y sujetos observados.
- **Por su finalidad:** La investigación es **APLICADA**, por cuanto persigue un fin directo e inmediato: Como es diagnosticar el estado actual de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de uno (1) y dos (2) pisos en mampostería confinada en Florida-Valle.
- **Por su Marco:** el presente trabajo de investigación es **DE CAMPO**, los datos obtenidos para su análisis e interpretación se toman in situ de la zona de estudio seleccionada.
- **Por su método de estudio:** **DESCRIPTIVO** porque su preocupación principal radica en describir algunas características en función de unos indicadores establecidos.
- **Por el diseño de la investigación:** **NO EXPERIMENTAL**, ya que las variables no son manipuladas ni controladas por los investigadores.

6. POBLACIÓN Y MUESTRA

6.1. POBLACIÓN

La presente investigación se desarrolla en el municipio de Florida, Valle del Cauca.

Según el CNPV realizado por el DANE en el año 2018 (DANE , 2018), el municipio de Florida contaba con un total de 19.006 unidades de vivienda. Sin embargo, la población

de estudio para cualquier trabajo de investigación debe estar claramente constituida por criterios de selección previamente establecidos, lo que encamina el desarrollo del trabajo hacia los objetivos específicos planteados. En este caso, se deben incluir en la población sólo las edificaciones de uno (1) y dos (2) pisos que fueron construidas en mampostería confinada.

La cantidad de edificaciones de uno (1) y dos (2) pisos en mampostería confinada que existe actualmente en el municipio de Florida es difícil de determinar, pues no existe cobertura del Censo de Edificaciones (CEED) que ha realizado el DANE en el territorio nacional (DANE, 2022), además de la gran cantidad de construcciones e intervenciones informales a edificaciones que existe en el municipio, lo que dificulta la recolección de estos datos por parte de las entidades municipales. Por esta razón, este trabajo de grado parte de una población de tipo **INFINITA O DESCONOCIDA**.

6.2. MUESTRA

El tamaño de la muestra será calculado mediante la fórmula de Cochran (1953), y los parámetros respectivos serán de acuerdo al tipo de investigación.

Los elementos para calcular el tamaño de la muestra son:

- **Nivel de confianza:** Generalmente para estudios sociales, regionales o locales se elige el 95% (Melgarejo Jesús, 2018). El valor del parámetro Z para el 95% de confianza es $Z=1.96$.
- **Margen de error:** El investigador debe decidir sobre el margen de error (d) que está dispuesto a aceptar, generalmente para trabajos de grado en el campo de la ingeniería y teniendo en cuenta que el tamaño de la población utilizada es mayor al 100% el $d = 0.08 = 8\%$.
- **Magnitud de la dispersión:** Para ello se utiliza información de estudios anteriores, se selecciona las variables más representativas e identifica la proporción más estimada "P" si P es desconocido asumir $P = 0.05$, para obtener una máxima variabilidad. $Q = 1 - p$ (en este caso $1 - 0.05 = 0.95$) (Melgarejo Jesús,

2018). Este valor representa la probabilidad que tiene la muestra de poseer las mismas cualidades de la población en relación a su homogeneidad (Gómez, 2021).

El tamaño de la muestra estará definido por la siguiente expresión:

Ecuación 1. *Tamaño de muestra para población desconocida.*

$$n = \left(\frac{z}{\varepsilon}\right)^2 * p * q$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

z: Parámetro que depende del nivel de confianza = 1.96

ξ: Margen de error = 0.08

p: Proporción esperada de éxito = 0.95

q: Proporción esperada de fracaso = 0.05

Conociendo los parámetros anteriores, mediante la *Ecuación 1* se obtiene el tamaño de la muestra.

$$n = \left(\frac{1.96}{0.05}\right)^2 * 0.95 * 0.05 = 28,5 \cong \mathbf{29 \text{ edificaciones}}$$

6.3. TIPO DE MUESTREO

Una vez calculado el tamaño de la muestra, es importante determinar cuál será la manera de seleccionar los elementos que serán observados. La técnica de muestreo debe ser elegida según la naturaleza de la investigación.

Los procedimientos utilizados para seleccionar muestras se clasifican en probabilísticos y no probabilísticos.

Los muestreos **probabilísticos o aleatorios** se basan en el concepto de probabilidad, donde cualquier elemento de la población tiene la misma posibilidad de ser elegido para

formar parte de la muestra. Este tipo de muestreo requiere conocer todo el listado de la población para aplicar cualquiera de sus técnicas (VIVANCO, 2005).

Los muestreos probabilísticos se clasifican en diferentes técnicas. Estas las más utilizadas:

- Muestreo Aleatorio Simple
- Muestreo Sistemático
- Muestreo Estratificado
- Muestreo por Conglomerados

Los muestreos ***no probabilísticos***, a diferencia de lo anterior, obtiene muestras sin que todos los elementos de la población tengan posibilidades iguales de ser elegidos.

En ocasiones, en trabajos de investigación se realizan muestreos que no se basan en criterios probabilísticos, generalmente por restricciones que imponen la economía y el tiempo. En tales casos los investigadores seleccionan la muestra basada en un juicio subjetivo (Porrás Velázquez , 2017).

Entre las técnicas de muestreo no probabilístico se encuentran:

- Muestreo por juicio u opinión
- Muestreo por conveniencia
- Muestreo accidental
- Muestreo por cuotas
- Muestreo bolo de nieve

Para el desarrollo de este trabajo de grado se selecciona un muestreo de tipo ***no probabilístico por conveniencia***. Esto debido a que existen restricciones de tiempo y dinero que impiden desglosar y analizar todos los elementos de la población de estudio. Así que, la muestra se selecciona con los elementos que están convenientemente disponibles para los investigadores.

7. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

Desde la primera expedición del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente en el año 1984 se dispuso un título (Título E) correspondiente a los requisitos simplificados para el diseño y construcción de viviendas de uno y dos pisos, que garantizan un comportamiento adecuado de estas ante cargas laterales y verticales en diferentes zonas de amenaza sísmica (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, 2010). Las siguientes ediciones del Reglamento de Construcción Sismo Resistente han incorporado de nuevo este título revisado y actualizado en algunos aspectos, conservando su fundamento.

Por su parte, el ***MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA*** fue desarrollado en el año 2001 por la AIS con el apoyo financiero del FOREC y DPAE de Bogotá, con el fin de ilustrar y comentar las disposiciones del Título E, específicamente de la Norma NSR-98, facilitando a profesionales de la construcción y a otras personas no expertas en el tema, la aplicación de especificaciones mínimas para la construcción, evaluación de vulnerabilidad sísmica y evaluación de daño en viviendas de mampostería de uno y dos pisos.

Si bien es cierto que el manual de la AIS fue desarrollado con base en el Título E de la NSR-98, y que en la actualidad (año 2023) nos rige la NSR-10, la actualización de la norma en este título no comprende modificaciones sustanciales que impidan la aplicación de los métodos propuestos en el manual. A continuación, se presentan los aspectos que fueron objeto de actualización en el Título E de la NSR-10, según los consignado en el Decreto 926 de 2010:

Capítulo E.1 — Introducción

- Este Capítulo se actualizó con respecto al del Reglamento NSR-98.
- La sección E.1.1.1 — Alcance, se actualizó.
- Se incluye una sección nueva E.1.2 — Definiciones.
- La sección E.1.3.4 — Integridad estructural, se modernizó.

Capítulo E.2 — Cimentaciones

- Este Capítulo corresponde al antiguo Capítulo E.5 del Reglamento NSR-98. Ha sido movido más adelante dentro del Título E y su contenido está actualizado y modernizado.

Capítulo E.3 — Mampostería confinada

- Este Capítulo corresponde al antiguo Capítulo E.2 del Reglamento NSR-98. Su contenido está actualizado y modernizado.
- Se incluye la nueva sección E.3.4 — Aberturas en los muros.
- Se incluye la nueva sección E.3.6.6 — Distribución simétrica de muros.

Capítulo E.4 — Elementos de confinamiento en mampostería confinada

- Este Capítulo corresponde al antiguo Capítulo E.3 del Reglamento NSR-98 pero su contenido sigue siendo el mismo.

Capítulo E.5 — Losas de entrepiso, cubiertas, muros divisorios y parapetos

- Este Capítulo corresponde al antiguo Capítulo E.4 del Reglamento NSR-98. Su contenido está actualizado y modernizado
- Se incluyen las nuevas secciones E.5.1.3 — Espesor mínimo de losas, E.5.1.4 — Losas macizas y E.5.1.5 — Losas aligeradas.

Capítulo E.6 — Recomendaciones adicionales de construcción en mampostería confinada

- Este Capítulo se mantiene igual al del Reglamento NSR-98.

Capítulo E.7 — Bahareque encementado

- Este Capítulo fue adicionado al Reglamento NSR-98 por medio del Decreto 52 de 2002. Para el Reglamento NSR-10 se mantiene igual reorganizándolo y llevando parte del contenido al Capítulo E.8 y al E.9.

Capítulo E.8 — Entrepisos y uniones en bahareque encementado

- Este Capítulo contiene parte del material que existía en el Capítulo E.7 del Reglamento NSR-98. Se reorganiza y actualiza.

Capítulo E.9 — Cubiertas para construcción en bahareque encementado

- Este Capítulo contiene parte del material que existía en el Capítulo E.7 del Reglamento NSR-98. Se reorganiza y actualiza.

Apéndice E-A — Verificación de la resistencia de muros de bahareque encementado

- Este Apéndice se mantiene igual al del Reglamento NSR-98.

Las modificaciones de estos aspectos a pesar de no ser de gran magnitud, son revisados y tenidos en cuenta en el momento de aplicar la metodología del capítulo 2 del **MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA**, que permitirá a los investigadores, que no son especialistas en cálculo estructural, realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas de uno y dos pisos en el municipio de Florida, Valle del Cauca, aportando así desde la academia bases importantes para la prevención de desastres en la población más vulnerable.

7.1. NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

El manual de la AIS establece tres niveles para clasificar la vulnerabilidad de una edificación en cada uno de sus aspectos, a cada uno de estos niveles le corresponde un valor numérico que permitirá ponderar los resultados finales:

- Vulnerabilidad baja = 5.0
- Vulnerabilidad media = 3.0
- Vulnerabilidad alta = 1.0

También se asigna en este manual unos colores que representan cada nivel de vulnerabilidad:

- Vulnerabilidad baja: color verde

- Vulnerabilidad media: color naranja
- Vulnerabilidad alta = color rojo

De esta manera serán clasificadas las viviendas objeto de estudio de este trabajo de investigación. A continuación, en el capítulo 7.2 se exponen las consideraciones para cada aspecto que determinará el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones a evaluar.

7.2. ASPECTOS CONSIDERADOS PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

Como se ha consignado en el objetivo general de este trabajo de grado, se busca diagnosticar la vulnerabilidad sísmica de una muestra representativa de edificaciones de uno y dos pisos en mampostería confinada del municipio de Florida, Valle del Cauca, esto con base en la norma que regula actualmente todas las construcciones del país, la NSR-10, específicamente el título E para este tipo de edificaciones. También se pretende para tal fin usar como herramienta metodológica la establecida en el capítulo II del MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA, la cuál es de gran ayuda por su practicidad en la interpretación y porque está sustentado en el Título E de la NSR-98, que, a pesar de haber sido actualizado en la actual NSR-10, conserva los aspectos más relevantes.

A continuación, se presentan los aspectos que deben ser chequeados en las edificaciones y las características que corresponden a cada nivel de vulnerabilidad. En el caso que sea necesario se modificarán o adicionarán características a cada nivel de vulnerabilidad de manera que la metodología del capítulo II del Manual de la AIS sea complementada con la revisión de la NSR-10.

7.2.1. ASPECTOS GEOMÉTRICOS

En el Título E de la NSR-10 se afirma que el buen comportamiento sísmico de una edificación de uno y dos pisos depende, en gran parte, de su adecuado planteamiento estructural. A continuación, se exponen las consideraciones geométricas a evaluar y cómo se define su grado de vulnerabilidad:

7.2.1.1. IRREGULARIDAD EN PLANTA DE LA EDIFICACIÓN

- **CRITERIOS A EVALUAR**

- **SIMETRÍA (ARTICULO E.1.3.3):** La planta debe ser lo más simétrica posible.

La distribución simétrica de los muros se debe verificar mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Relación para simetría de muros en viviendas de mampostería confinada

$$\left| \frac{\frac{\sum (L_{mi} b)}{\sum L_{mi}} - \frac{B}{2}}{B} \right| \leq 0.15$$

Donde:

L_{mi}: longitud de cada muro (en m) en la dirección i.

b: la distancia perpendicular (en m) desde cada muro de la dirección i, hasta un extremo del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso.

B: longitud del lado (en m), perpendicular a la dirección i, del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso.

- **REGULARIDAD EN PLANTA (ARTICULO E.1.3.4.1.2):**

Debe verificarse si existe regularidad geométrica en planta. Para ello se debe cumplir con las limitaciones establecidas para las irregularidades 2P y 3P del Título A.

2P	Retrocesos excesivos en las esquinas — La configuración de una estructura se considera irregular cuando ésta tiene retrocesos excesivos en sus esquinas. Un retroceso en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del retroceso, son mayores que el 15 por ciento de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del retroceso.
3P	Discontinuidades en el diafragma — Cuando el diafragma tiene discontinuidades apreciables o variaciones en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entradas, retrocesos o huecos con áreas mayores al 50 por ciento del área bruta del diafragma o existen cambios en la rigidez efectiva del diafragma de más del 50 por ciento, entre niveles consecutivos, la estructura se considera irregular.

Figura 2. Descripción irregularidades 2P y 3P. Fuente: (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, 2010).

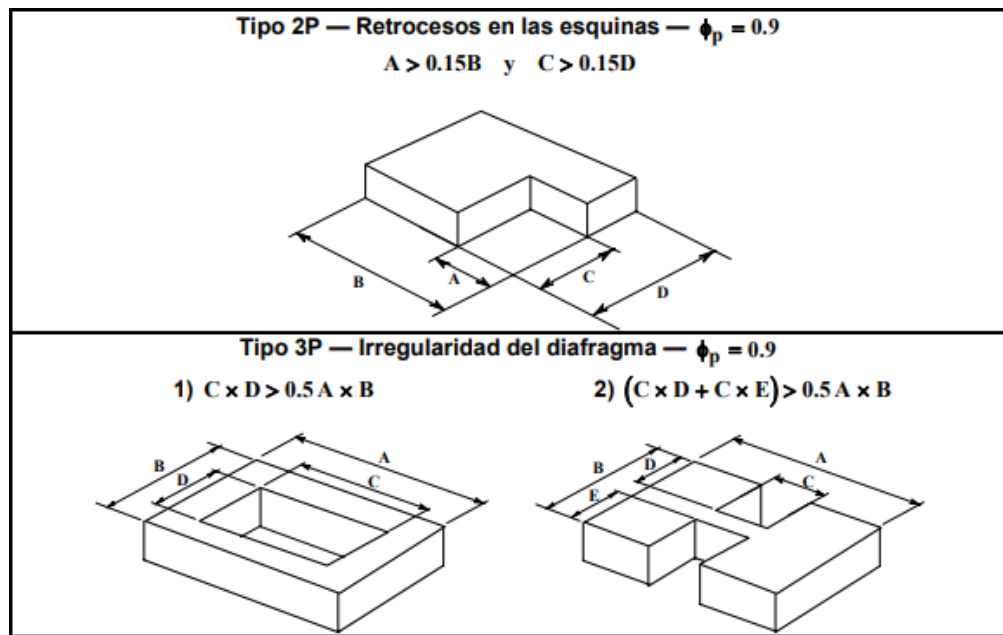


Figura 3. Chequeo de irregularidades 2P y 3P. Fuente: (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE , 2010)

- **RELACIÓN LARGO-ANCHO:**

El largo debe ser menor que tres veces el ancho:

Ecuación 3. Relación largo-ancho de la edificación.

$$b < 3a$$

Donde:

b: largo de la edificación.

a: ancho de la edificación.



Figura 4. Representación relación largo-ancho. Fuente: (AIS, 2001).

- **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

A continuación, se muestran las características pertenecientes a cada nivel de vulnerabilidad para los criterios relacionados a la irregularidad en planta según el manual de la AIS:

- **VULNERABILIDAD BAJA:**

- Forma geométrica regular y aproximadamente simétrica
- Largo menor que tres veces el ancho
- No tiene “entradas y salidas” (ni en planta ni en altura) como se muestran en la Figura 6 y en la Figura 5.

- **VULNERABILIDAD MEDIA:**

- Presenta algunas irregularidades en planta o en altura no muy pronunciadas.

- **VULNERABILIDAD ALTA:**

- El largo es mayor que 3 veces ancho
- La forma es irregular con “entradas y salidas” abruptas como las que se observan en la Figura 6 y en la Figura 5.

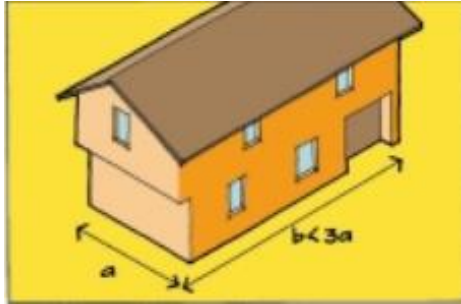


Figura 6. Edificación con entradas y salidas abruptas ejemplo 1. Fuente: (AIS, 2001).

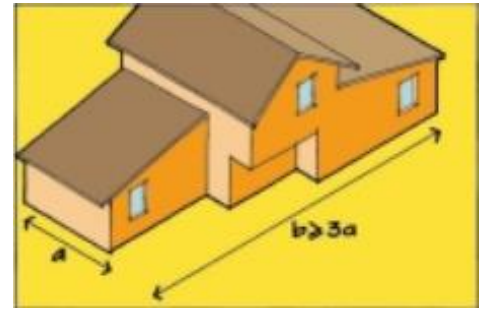


Figura 5. Edificación con entradas y salidas abruptas ejemplo 2. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.1.2. CANTIDAD DE MUROS EN LAS DOS DIRECCIONES

- **CRITERIOS A EVALUAR**
- **DISPOSICIÓN DE MUROS ESTRUCTURALES (ARTICULO E.1.3.2 Y E.3.6.3):**

Deben existir muros estructurales confinados en dos direcciones ortogonales o aproximadamente ortogonales en planta y la longitud de estos muros en las dos direcciones debe ser aproximadamente igual.

- **LONGITUD MÍNIMA DE MUROS ESTRUCTURALES (ARTICULO E.3.6.4):**

La longitud de muros estructurales confinados requerida en cada una de las direcciones principales de la edificación, en metros, no puede ser menor que la que se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Longitud mínima de muros estructurales confinados en cada dirección principal.

$$L_{min} = \frac{M_o A_p}{t}$$

Donde:

L_{min}: longitud mínima de muros estructurales en cada dirección (en metros).

M_o: coeficiente que se lee en la tabla E.3.6-1 de la NSR-10.

t: espesor efectivo de muros estructurales en el nivel considerado (en milímetros).

Ap: se considera en metros cuadrados (m^2) de la siguiente manera:

- (a)** Igual al área de la cubierta en construcciones de un piso con cubierta en losa de concreto.
- (b)** Igual al área de cubierta para muros del segundo nivel en construcciones de dos pisos, cuando la cubierta es una losa de concreto.
- (c)** Igual al área de cubierta más el área de entrepiso para muros de primer nivel en construcciones de dos pisos con cubierta consistente en una losa de concreto.
- (d)** Cuando se emplee una cubierta liviana, los valores del área determinados para cubiertas de losa de concreto según (a), (b), o (c), pueden multiplicarse por 2/3.

Los muros que se tienen en cuenta para evaluar lo anteriormente descrito son los muros confinados que son continuos desde la cimentación hasta la cubierta y que no tienen ninguna abertura entre columnas de confinamiento, pues son estos los que se consideran estructurales.

- **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

A continuación, se muestran las características pertenecientes a cada nivel de vulnerabilidad para los criterios relacionados con la cantidad de muros en dos direcciones según el manual de la AIS:

- **VULNERABILIDAD BAJA:**

- Existen muros estructurales en las dos direcciones principales de la vivienda y estos son confinados o reforzados.
- Hay una longitud totalizada de muros en cada una de las dos direcciones principales al menos igual al valor dado por la *Ecuación 4*.

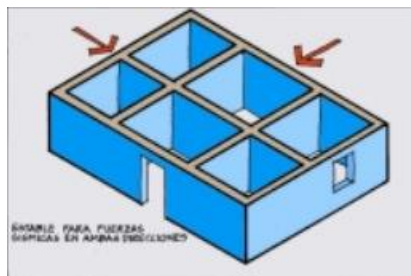


Figura 7. Representación de distribución adecuada de muros. (AIS, 2001).

• **VULNERABILIDAD**

MEDIA:

- La mayoría de los muros se concentran en una sola dirección, aunque existen unos o varios en la otra dirección.
- La longitud de muros en la dirección de menor cantidad de muros es ligeramente inferior a la calculada mediante la Ecuación 4.

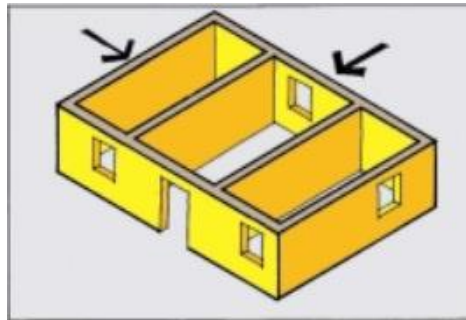


Figura 8. Representación de edificación con vulnerabilidad media según su cantidad de muros en direcciones principales. Fuente: (AIS, 2001).

• **VULNERABILIDAD ALTA:**

- Más del 70% de los muros está en una sola dirección.
- Hay muy pocos muros confinados o reforzados.
- La longitud total de muros estructurales es mucho menor que la calculada con la Ecuación 4.

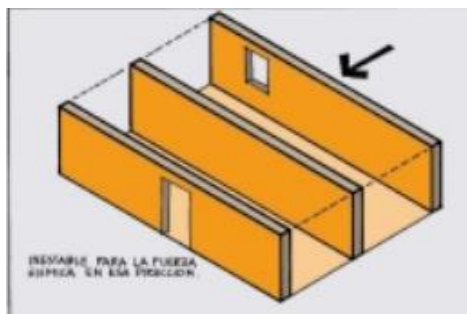


Figura 9. Representación de edificación con vulnerabilidad alta según su cantidad de muros en direcciones principales. Fuente: (AIS, 2001)

7.2.1.3. IRREGULARIDAD EN ALTURA

- CRITERIOS A EVALUAR

- CONTINUIDAD VERTICAL DE LOS MUROS (ARTICULO E.1.3.4.1.1):

Para considerar un muro como estructural este debe ser continuo entre la cimentación y el diafragma inmediatamente superior, ya sea el entrepiso o la cubierta. En casas de dos pisos los muros que continúen a través del entrepiso, deben, a su vez, ser continuos hasta la cubierta y en el segundo piso deben tener por lo menos la mitad de la longitud del primer piso.

- REGULARIDAD EN ALTURA (ARTICULO E.1.3.4.1.3):

Debe verificarse si existe regularidad geométrica en altura. Para ello se debe cumplir con las limitaciones establecidas para la irregularidad 3A del título A.

3A	Irregularidad geométrica — Cuando la dimensión horizontal del sistema de resistencia sísmica en cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, la estructura se considera irregular. Se exceptúa el caso de los altillos de un solo piso.
-----------	--

Figura 10. Descripción irregularidad 3A. Fuente: (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10, 2010).

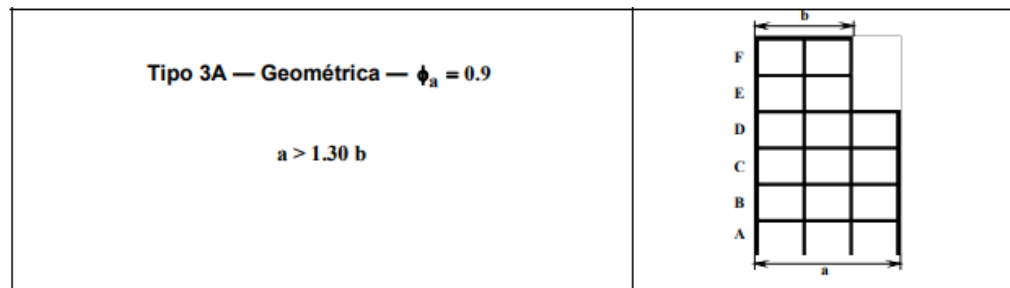


Figura 11. Chequeo de irregularidad 3A. Fuente: (REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE , 2010).

- CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

- VULNERABILIDAD BAJA:

- La mayoría de los muros estructurales son continuos desde la cimentación hasta la cubierta.

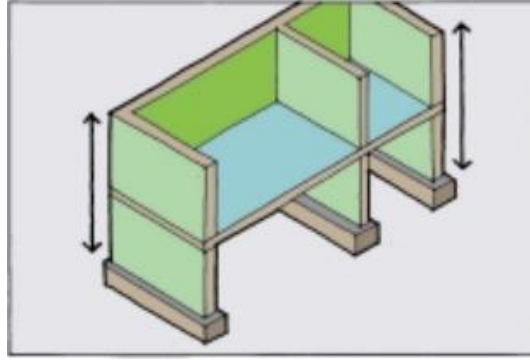


Figura 12. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según su irregularidad en altura. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD MEDIA:**

- Algunos muros presentan discontinuidades desde la cimentación hasta la cubierta.

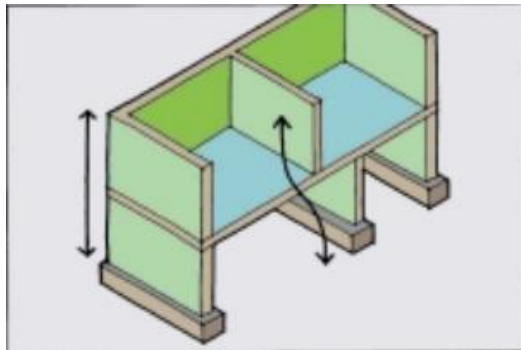


Figura 13. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según su irregularidad en altura. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD ALTA:**

- La mayoría de los muros no son continuos en altura desde su cimentación hasta la cubierta.
- Cambios de alineación en el sistema de muros en dirección vertical.
- Cambio de sistema de muros en pisos superiores a columnas en el piso inferior.

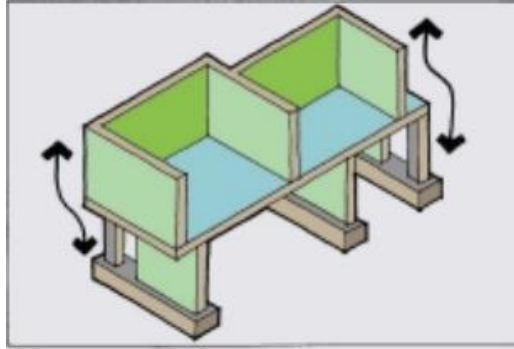


Figura 14. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según su irregularidad en altura. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.2. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

7.2.2.1. CALIDAD DE LAS JUNTAS DE PEGA EN MORTERO

- **CRITERIOS A EVALUAR**
- **MORTERO DE PEGA (ARTICULO E.3.3.1):**

La NSR-10 en su capítulo E.3 describe la importancia del mortero de pega para el sistema de mampostería confinada en casas de uno y dos pisos. Se indica que estos deben tener buena plasticidad y consistencia y deben garantizar la retención del agua mínima para la hidratación del cemento, también se debe establecer dosificaciones apropiadas que garanticen su calidad, pues su objetivo principal es adherir las unidades de mampostería.

- **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**
 - **VULNERABILIDAD BAJA:**
 - El espesor de la mayoría de las pegas está entre 0.7 y 1.3 cm.
 - Las juntas son uniformes y continuas.
 - Hay juntas de buena calidad verticales y horizontales rodeando cada unidad de mampostería.

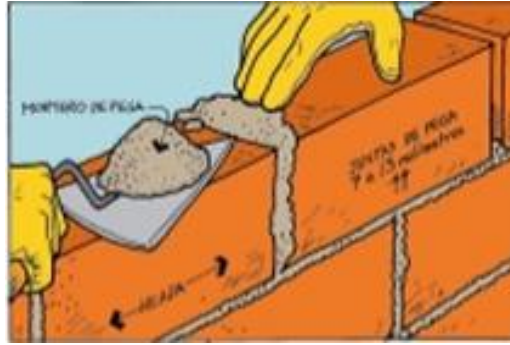


Figura 15. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según la calidad de sus juntas en mortero. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD MEDIA:**

- El espesor de la mayoría de pegas es mayor a 1.3 cm o menor a 0.7 cm.
- Las juntas no son uniformes.
- No existen juntas verticales o son de mala calidad.

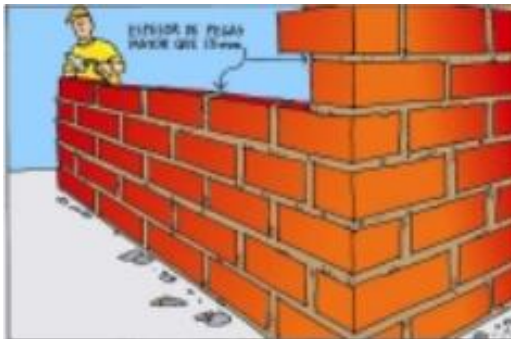


Figura 16. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según la calidad de sus juntas en mortero. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD ALTA:**

- La pega es muy pobre entre los bloques, casi inexistente.
- Poca regularidad en la alineación de las piezas.
- El mortero es de muy mala calidad o evidencia separación con las piezas de mampostería.
- No existen juntas verticales y/o horizontales en zonas del muro.

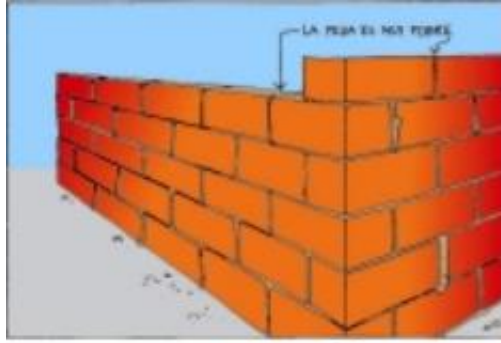


Figura 17. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según la calidad de sus juntas en mortero. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.2.2. TIPO Y DISPOSICIÓN DE LADRILLOS

- **CRITERIOS A EVALUAR**

- **UNIDADES DE MAMPOSTERÍA (ARTICULO E.3.2.1):**

Las unidades de mampostería que se utilicen en casas de uno y dos pisos pueden ser de concreto, de arcilla cocida o de silical. Las unidades de mampostería pueden ser de perforación vertical, de perforación horizontal o macizas y deben cumplir con las especificaciones establecidas en las normas NTC expedidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.

- **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

- **VULNERABILIDAD BAJA:**

- Las unidades de mampostería están trabadas.
- Las unidades de mampostería son de buena calidad. No presentan agrietamientos importantes, no hay piezas deterioradas o rotas.
- Las piezas están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.

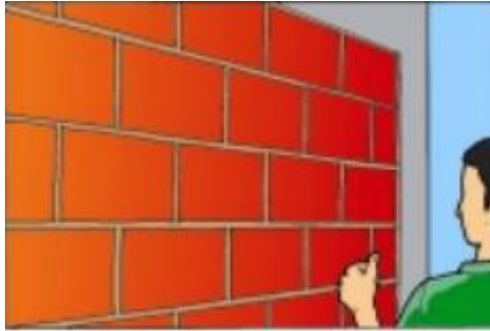


Figura 18. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según el tipo y disposición de ladrillos. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD MEDIA:**

- Algunas piezas están trabadas, mientras otras no lo están. Siendo la mayoría de la primera clase.
- Algunas piezas presentan agrietamiento o deterioro.
- Algunas piezas están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.



Figura 19. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según el tipo y disposición de ladrillos. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD ALTA:**

- Las unidades de mampostería no están trabadas (petaca).
- Las unidades de mampostería son de muy mala calidad. Se presentan agrietamientos importantes con piezas deterioradas o rotas.
- Las piezas no están colocadas de manera uniforme y continua hiladas tras hiladas.

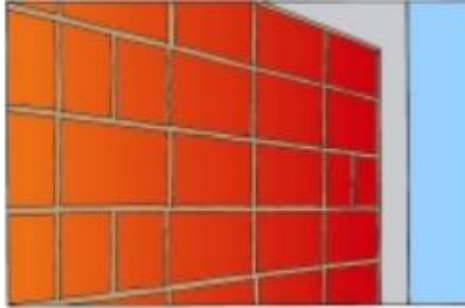


Figura 20. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según el tipo y disposición de ladrillos. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.2.3. CALIDAD DE LOS MATERIALES

- **CRITERIOS A EVALUAR**

- **ESPECIFICACIONES MÍNIMAS DE LOS MATERIALES (ARTICULO E.4.2):**

La calidad de los materiales es un aspecto importante en la edificación, ya que puede estar diseñada correctamente, pero si los materiales con los que se construyeron no cumplen con los requisitos necesarios, esto provocara que la misma no se comporte adecuadamente frente a un evento sísmico. La norma determina que el concreto debe tener una resistencia a los 28 días igual o mayor a 17.5 Mpa y por su parte el acero de refuerzo longitudinal puede ser liso o corrugado, pero no debe tener un límite de fluencia menor a 240 Mpa.

- **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

- **VULNERABILIDAD BAJA:**

- El mortero no se deja rayar o desmoronar con un clavo o herramienta metálica.
- El concreto tiene buen aspecto, sin hormigueros y el acero no está expuesto.
- En los elementos de confinamiento de concreto reforzado hay estribos abundantes y por lo menos 3 a 4 barras No 3 en sentido longitudinal.

- El ladrillo es de buena calidad, no está muy fisurado, quebrado ni despegado y resiste caídas de por lo menos 2 metros de alto sin desintegrarse ni deteriorarse en forma apreciable.

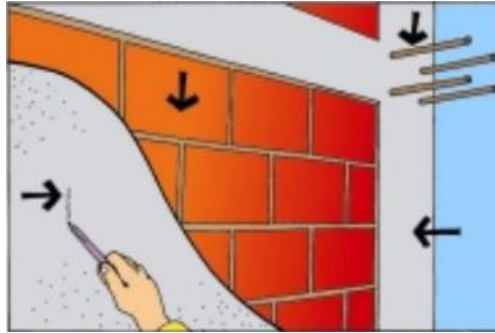


Figura 21. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según la calidad de sus materiales. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD MEDIA:**

- Se cumplen varios de los requisitos mencionados anteriormente.

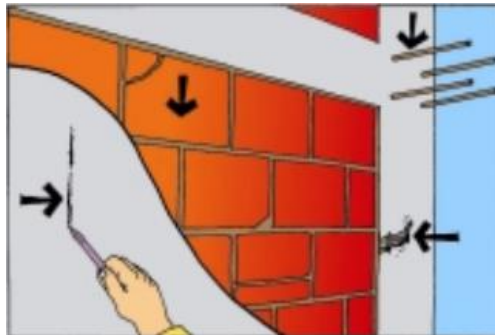


Figura 22. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según la calidad de sus materiales. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD ALTA:**

- No se cumple más de dos requisitos de los mencionados anteriormente.

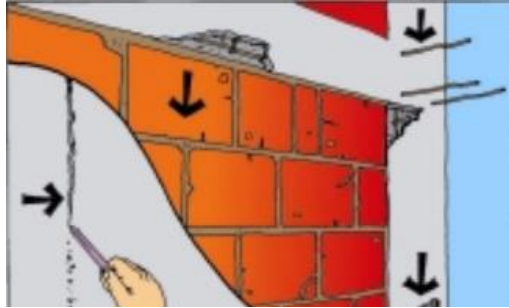


Figura 23. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según la calidad de sus materiales. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.3. ASPECTOS ESTRUCTURALES

7.2.3.1. MUROS CONFINADOS Y REFORZADOS

- **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

- **VULNERABILIDAD BAJA**

- Todos los muros de mampostería de la vivienda están confinados con vigas y columnas de concreto reforzado alrededor de ellos.
- El espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento es del orden de 4 metros o la altura entre pisos.
- Todos los elementos de confinamiento tienen refuerzo tanto longitudinal como transversal y está adecuadamente dispuesto.
- La culatas y antepechos también están confinadas.

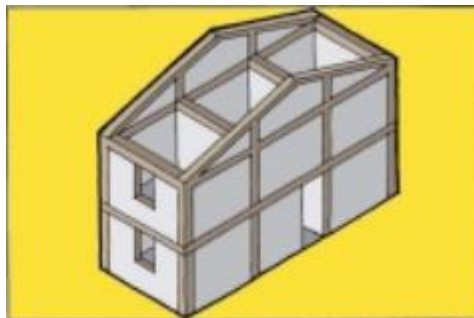


Figura 24. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según el confinamiento y refuerzo de sus muros. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD MEDIA**

- Algunos muros de la edificación no cumplen con los requisitos mencionados anteriormente.

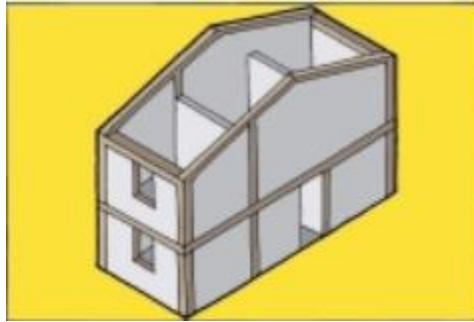


Figura 25 Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según el confinamiento y refuerzo de sus muros.
Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD ALTA**

- La mayoría de los muros de mampostería de la vivienda no tienen confinamiento mediante columnas y vigas de concreto reforzado.

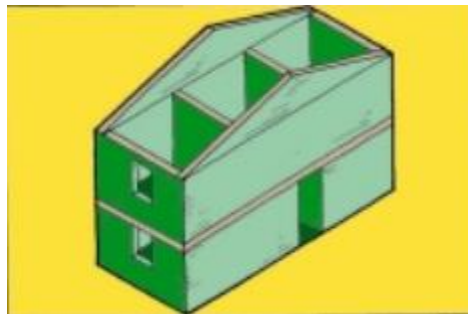


Figura 26. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según el confinamiento y refuerzo de sus muros.
Fuente: (AIS, 2001).

7.2.3.2. DETALLES DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO

• **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

- **VULNERABILIDAD BAJA**

- Las columnas y vigas tienen más de 20 cm de espesor o más de 40 cm² de área transversal.

- Las columnas y vigas tienen al menos 4 barras No 3 longitudinales y estribos espaciados a no más de 10 a 15 cm.
- Existe un buen contacto entre el muro de mampostería y los elementos de confinamiento.
- El refuerzo longitudinal de las columnas y vigas debe estar adecuadamente anclado en sus extremos y a los elementos de la cimentación.

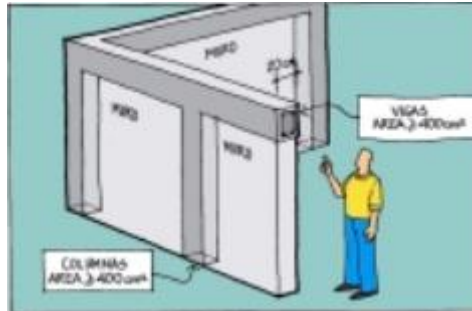


Figura 27. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según columnas y vigas de confinamiento. Fuente: (AIS, 2001).

-VULNERABILIDAD

MEDIA

- No todas las columnas y vigas cumplen con los requisitos anteriores.

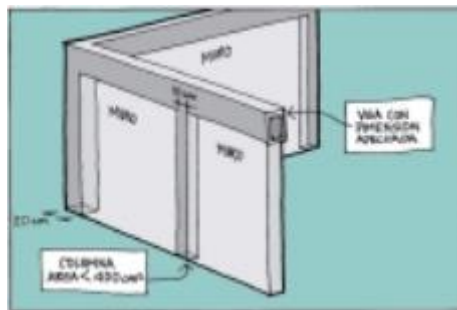


Figura 28. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según columnas y vigas de confinamiento. Fuente: (AIS, 2001).

- VULNERABILIDAD ALTA

- La mayoría de las columnas y vigas de confinamiento no cumplen con los requisitos establecidos anteriormente.

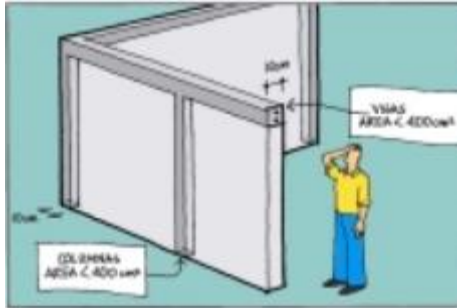


Figura 29. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según columnas y vigas de confinamiento. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.3.3. VIGAS DE AMARRE O CORONA

- **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

- **VULNERABILIDAD BAJA**

- Existen vigas de amarre o de corona en concreto reforzado en todos los muros, parapetos, fachadas y culatas en mampostería

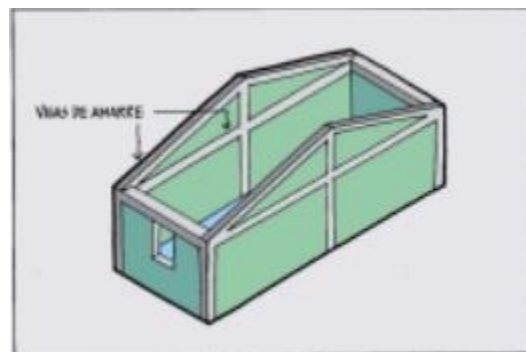


Figura 30. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según vigas de amarre y de corona. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD MEDIA**

- No todos los muros o elementos de mampostería disponen de vigas de amarre o de corona.

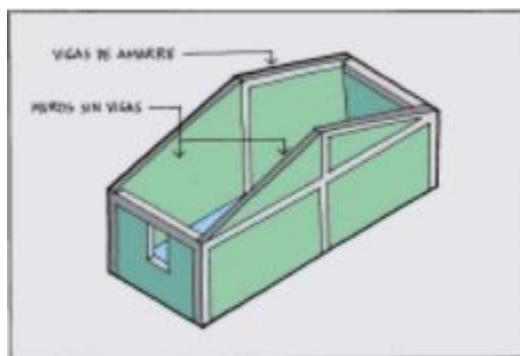


Figura 31. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según vigas de amarre y de corona. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD ALTA**

- La vivienda no dispone de vigas de amarre o de corona en los muros o elementos de mampostería.

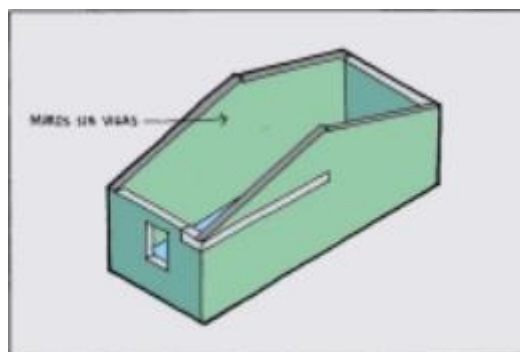


Figura 32. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según vigas de amarre y de corona. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.3.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS ABERTURAS

• **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

- **VULNERABILIDAD BAJA**

- Las aberturas en los muros estructurales totalizan menos del 35% del área total del muro.
- La longitud total de aberturas en el muro corresponde a menos de la mitad de la longitud total del muro.

- Existe una distancia desde el borde del muro hasta la abertura adyacente igual a la altura de la misma o 50 cm.

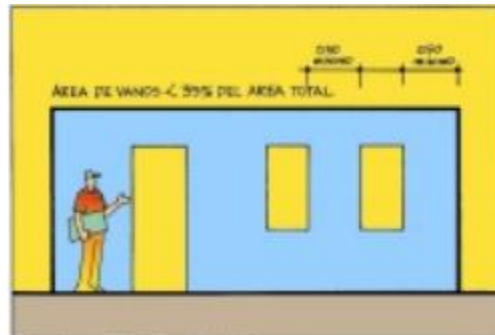


Figura 33. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según aberturas de muros. Fuente: (AIS, 2001).

- VULNERABILIDAD MEDIA

- No se cumplen algunos de los anteriores requisitos en algunos de los muros de la vivienda.

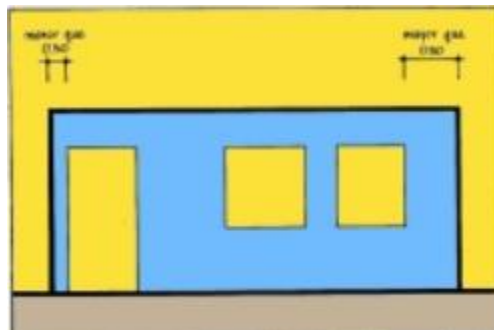


Figura 34. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según aberturas de muros. Fuente: (AIS, 2001).

- VULNERABILIDAD ALTA

- Muy pocos o ningún muro estructural de la vivienda cumple con los requisitos anteriores.

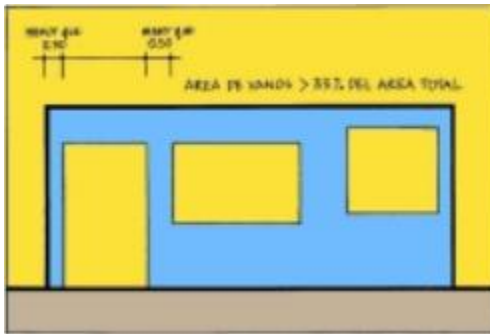


Figura 35. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según aberturas de muros. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.3.5. TIPO Y DISPOSICIÓN DEL ENTREPISO

• CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

- VULNERABILIDAD BAJA

- El entrepiso está conformado por placas de concreto fundidas en el sitio o placas prefabricadas que funcionan de manera monolítica.
- La placa de entrepiso se apoya de manera adecuada a los muros de soporte y proporciona continuidad y monolitismo.
- La placa de entrepiso es continua, monolítica y uniforme en relación con los materiales que la componen.

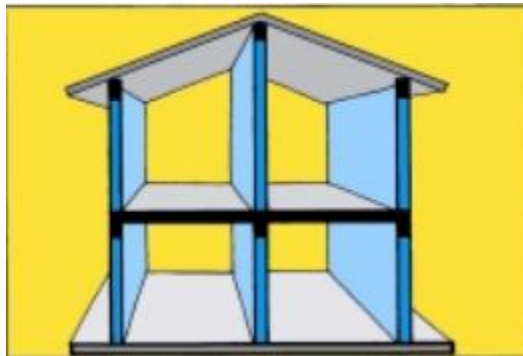


Figura 36. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según entrepiso. Fuente: (AIS, 2001).

- VULNERABILIDAD MEDIA

- La placa de entrepiso no cumple con alguna de las consideraciones anteriores.

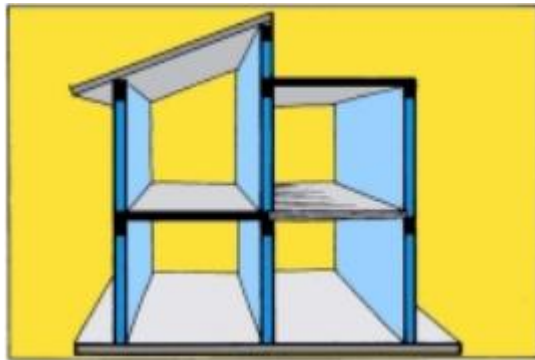


Figura 37. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según entrepiso.
Fuente: (AIS, 2001).

- VULNERABILIDAD ALTA

- La placa de entrepiso no cumple con varias de las consideraciones anteriores.
- Los entrepisos están conformados por madera o combinaciones de materiales (guadua, mortero, madera, concreto) y no proporcionan las características de continuidad y amarre deseados.

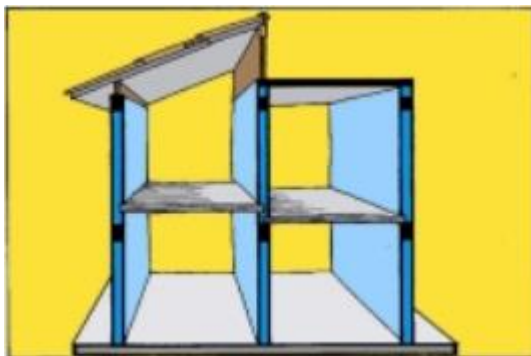


Figura 38. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según entrepiso.
Fuente: (AIS, 2001).

7.2.3.6. AMARRE DE CUBIERTAS

- **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

- **VULNERABILIDAD BAJA**

- Existen tornillos, alambres o conexiones similares que amarran el techo o los muros.
- Hay arriostramiento de las vigas y la distancia entre vigas no es muy grande.
- La cubierta es liviana y está debidamente amarrada y apoyada a la estructura de cubierta.

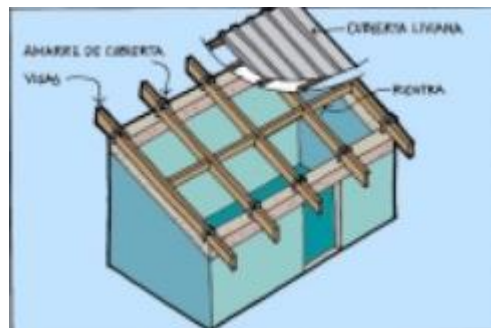


Figura 39. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD MEDIA**

- Algunos de los anteriores requisitos se cumplen.

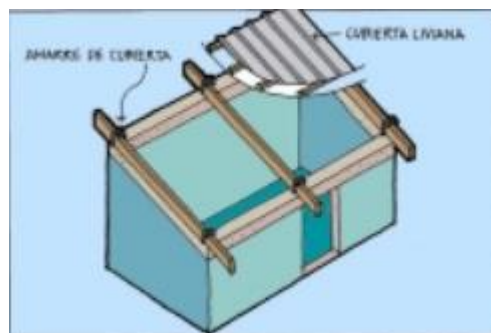


Figura 40. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD ALTA**

- La mayoría de los requisitos mencionados anteriormente no se cumplen.
- La cubierta es pesada y no está debidamente soportada o arriostrada.

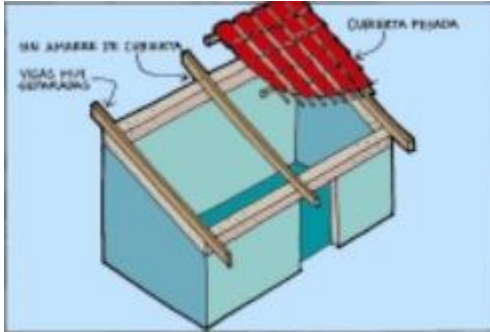


Figura 41. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.4. CIMENTACIÓN

• CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

- VULNERABILIDAD BAJA

- La cimentación está conformada por vigas corridas en concreto reforzado bajo los muros estructurales.
- Las vigas de cimentación conforman anillos amarrados.
- Las vigas de cimentación en concreto reforzado cumplen los demás requisitos establecidos en el capítulo 1 del manual.

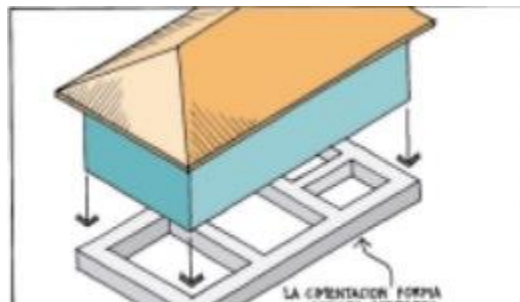


Figura 42. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según cimentación. Fuente: (AIS, 2001).

- VULNERABILIDAD MEDIA

- La cimentación no está debidamente amarrada.
- No se cumplen algunos de los requerimientos anteriores.

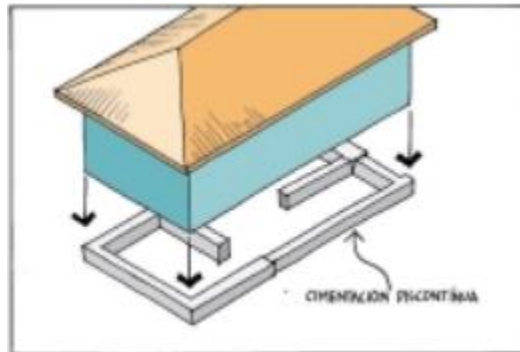


Figura 43. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).

- VULNERABILIDAD ALTA

- La edificación no cuenta con una cimentación adecuada de acuerdo con los requerimientos anteriores.



Figura 44. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según amarre de cubiertas. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.5. SUELOS

• CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

- VULNERABILIDAD BAJA

- El suelo de la fundación es duro. Esto se puede saber cuándo alrededor de la edificación no existen hundimientos, cuando no se evidencian árboles o postes

inclinados, no se siente vibración cuando pasa un vehículo pesado cerca de la vivienda o cuando en general las viviendas no presentan agrietamientos o daños generalizados, especialmente grietas en los pisos o hundimientos y desniveles en el mismo.

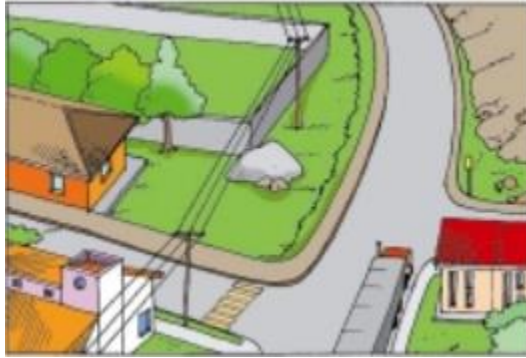


Figura 45. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según suelos. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD MEDIA**

- El suelo de la fundación es de mediana resistencia. Se puede presentar en general algunos hundimientos y vibraciones por el paso de vehículos pesados. Se pueden identificar algunos daños generalizados en viviendas o manifestaciones de hundimientos pequeños.



Figura 46. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según suelos.
Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD ALTA**

- El suelo de la fundación es blando o es arena suelta. Se sabe por el hundimiento en las zonas vecinas, se siente la vibración al paso de vehículos pesados y la vivienda ha presentado asentamientos considerables en el tiempo de construcción. La mayoría de las viviendas de la zona presentan agrietamientos y/o hundimientos.



Figura 47. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según suelos. Fuente: (AIS, 2001).

7.2.6. ENTORNO

- **CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

- **VULNERABILIDAD BAJA**

- La topografía donde se encuentra la vivienda es plana o muy poco inclinada.



Figura 48. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica baja según entorno. Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD MEDIA**

- La topografía donde se encuentra la casa tiene un ángulo entre 20 a 30 grados de inclinación con la horizontal.

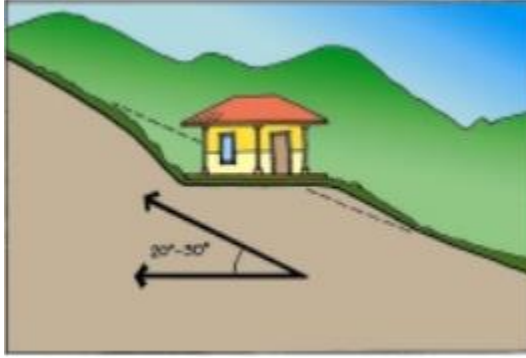


Figura 49. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica media según entorno.
Fuente: (AIS, 2001).

- **VULNERABILIDAD ALTA**

- La vivienda se encuentra localizada en pendientes con una inclinación mayor de 30 grados con la horizontal.

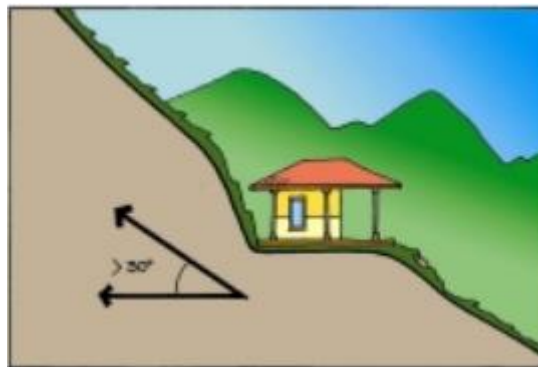


Figura 50. Representación de edificación con vulnerabilidad sísmica alta según entorno.
Fuente: (AIS, 2001).

7.3. CONSOLIDADO DE CRITERIOS Y PESO EN LA EVALUACIÓN

Una vez evaluados los aspectos descritos anteriormente, se debe determinar la calificación global que obtiene la vivienda, para esto el Manual de la AIS establece el peso de cada componente para obtener la calificación final.

Tabla 1. Consolidado de criterios de evaluación de vulnerabilidad sísmica.

Aspecto a evaluar	Criterios evaluados	Peso
Geométrico	1.1 Irregularidad en planta	20%
	1.2 Cantidad de muros en las dos direcciones	
	1.3 Irregularidad en altura	
Constructivo	2.1 Calidad de las juntas de pega en mortero	20%
	2.2 Tipo y disposición de ladrillos	
	2.3 Calidad de los materiales	
Estructural	3.1 Muros confinados y reforzados	30%
	3.2 Detalles de columnas y vigas de confinamiento	
	3.3 Vigas de amarre o corona	
	3.4 Características de las aberturas	
	3.5 Tipo y disposición del entrepiso	
	3.6 Amarre de cubiertas	
Cimentación	4. Cimentación	10%
Suelos	5. Tipo de suelo	10%
Entorno	6. Topografía	10%

8. TRABAJO DE CAMPO: VISITA A VIVIENDAS

En el capítulo anterior se expusieron los aspectos mediante los cuales se evalúa la vulnerabilidad sísmica de una vivienda. El resultado global dependerá del análisis detallado de cada uno de ellos (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001), por esta razón fue necesario realizar una visita a cada vivienda objeto de estudio, donde en primera instancia se comunicó al residente el propósito de la visita, el tiempo requerido y las condiciones bajo las cuales participaría en este proyecto de investigación. Esta

información fue respaldada por un documento llamado **“CONSENTIMIENTO INFORMADO”** realizado por los investigadores (Ver Anexo 1) el cual debía ser firmado y autorizado por el participante.

Después de compartir la información pertinente con el participante, se realiza una breve encuesta sobre aspectos socioeconómicos de los residentes. (Ver Anexo 2).

El recorrido a las viviendas se inició con la observación de aspectos cualitativos sobre el estado de la estructura, esta información fue registrada en computador en un formato realizado por los investigadores (Ver anexo 3). También se realizó un levantamiento arquitectónico que permitiría analizar posteriormente los aspectos geométricos requeridos, se recolectaron también evidencias fotográficas y testimonios del residente donde se podían conocer los antecedentes de la estructura y aspectos relevantes en su etapa de construcción.

En el Anexo 4 se expone el resultado del análisis de vulnerabilidad sísmica de una de las viviendas estudiadas, con el propósito de ilustrar el proceso realizado con el resto de las viviendas.

9. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Como se señaló en el capítulo previo, el trabajo de campo se inició con la recolección de datos socioeconómicos de los habitantes, los cuáles se exponen a continuación:

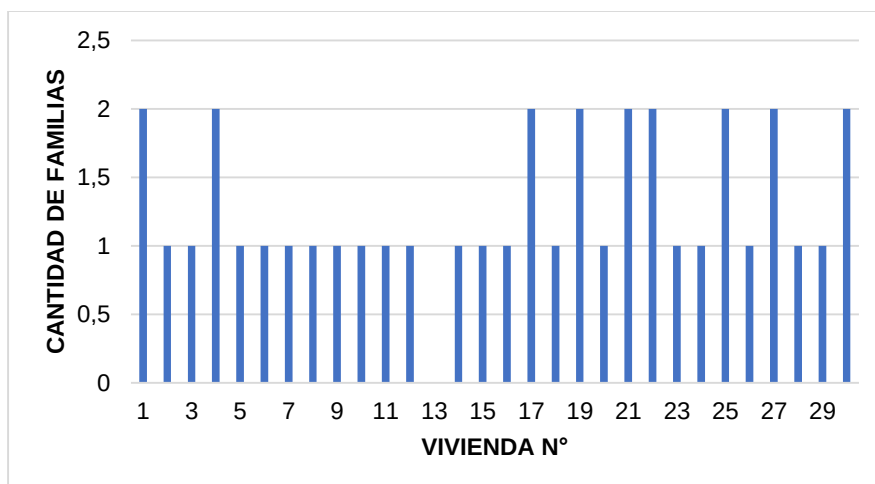


Figura 51. Cantidad de familias por vivienda.
Fuente: Elaboración propia

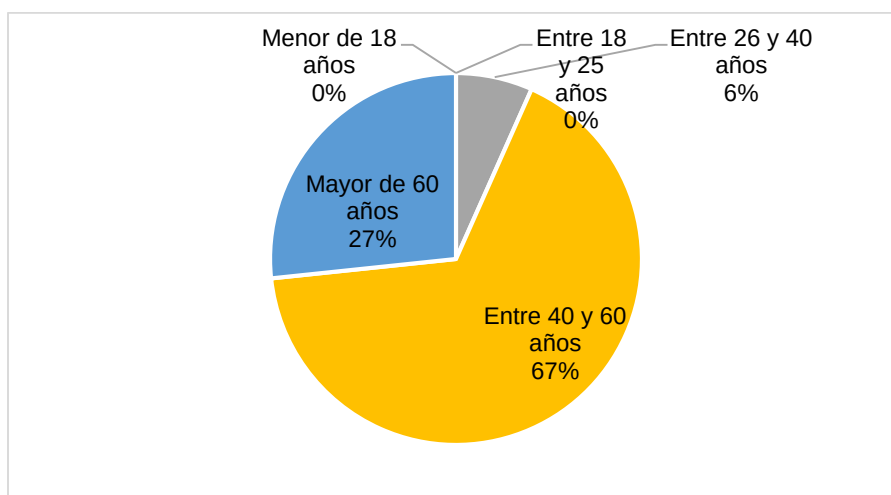


Figura 52. Rango de edad del cabeza de familia.
Fuente: Elaboración propia

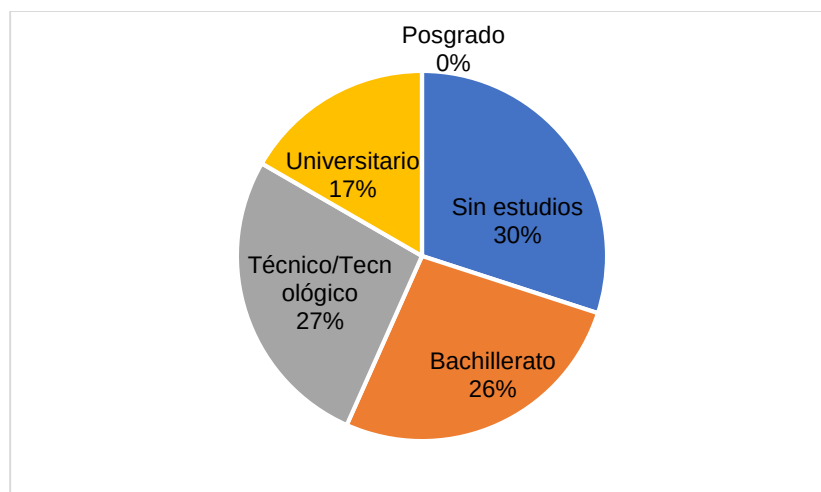


Figura 53. Nivel de estudios del cabeza de hogar.
Fuente: Elaboración propia

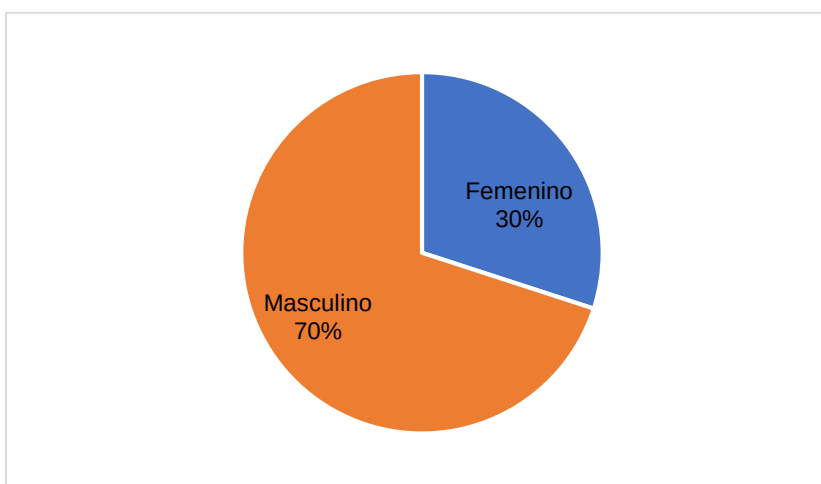


Figura 54. Género del cabeza de familia.
Fuente: Elaboración propia

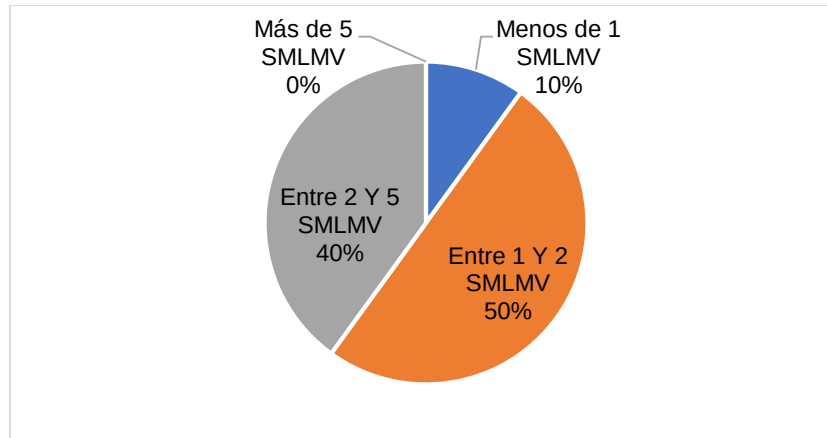


Figura 55. Rango de ingresos del cabeza de familia.
Fuente: Elaboración propia

En las figuras previas se aprecia que las viviendas alojan entre una y dos familias, siendo el jefe de familia mayoritariamente de género masculino y con edades comprendidas principalmente entre los 40 y 60 años. El nivel educativo del jefe de hogar está distribuido en todos los niveles educativos, y el rango de ingresos por familia se sitúa mayormente entre 1 y 5 SMLMV.

En cuanto a la vulnerabilidad sísmica, se presenta la tabla que resume los resultados del análisis de cada vivienda, es decir su calificación ponderada. La metodología empleada, conforme al Manual de la AIS, asigna un valor número del 1 al 5, donde el 1 representa el mayor riesgo sísmico y el 5 el menor riesgo sísmico.

Tabla 2. Análisis de Vulnerabilidad sísmica: Calificación global.

Vivienda N°	Calificación Global
1	4,6
2	3,6
3	4,6
4	4
5	4
6	4
7	4
8	4,6
9	4,4

10	4
11	4,6
12	5
13	4
14	4
15	4,4
16	4,6
17	3,6
18	4
19	3,6
20	4
21	4
22	4
23	4
24	4,6
25	4,6
26	3,6
27	4
28	4,6
29	4
30	4
Promedio	4,17

De la información anterior se obtiene la categorización de vulnerabilidad sísmica de las viviendas analizadas, con los siguientes rangos para su posicionamiento:

- $(1.0 \leq X < 3.0)$ Vulnerabilidad sísmica alta.
- $(3.0 \leq X < 4.5)$ Vulnerabilidad sísmica media.
- $(4.5 \leq X \leq 5.0)$ Vulnerabilidad sísmica baja.

Tomando como X los valores de la calificación global de la estructura analizada, información consignada en la Tabla 2.

La calificación global del municipio de Florida, Valle, se presenta de manera concisa en el siguiente gráfico circular:

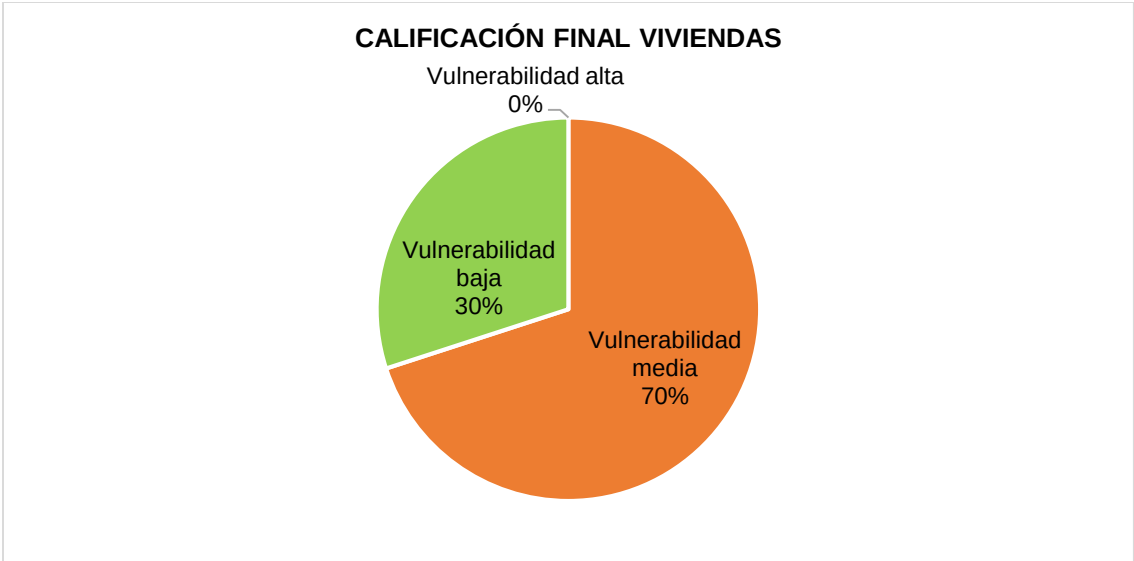


Figura 56. Clasificación de la vulnerabilidad sísmica en el municipio de Florida, Valle.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se exponen los resultados de las 30 edificaciones por aspecto evaluado. Esta información es relevante para identificar cuáles son los aspectos en los que más inconvenientes y más aciertos se tienen en el Municipio de Florida, respecto al cumplimiento de la norma NSR-10 y el Manual de la AIS.

Tabla 3. Calificación vulnerabilidad sísmica por aspecto evaluado.

Aspecto evaluado	Criterios evaluados	Calificación
Geométrico	1.1 Irregularidad en planta	3.87

	1.2 Cantidad de muros en las dos direcciones	4.73
	1.3 Irregularidad en altura	4.60
Constructivo	2.1 Calidad de las juntas de pega en mortero	4.00
	2.2 Tipo y disposición de ladrillos	4.80
	2.3 Calidad de los materiales	4.80
Estructural	3.1 Muros confinados y reforzados	3.80
	3.2 Detalles de columnas y vigas de confinamiento	5.00
	3.3 Vigas de amarre o corona	4.00
	3.4 Características de las aberturas	2.98
	3.5 Tipo y disposición del entrepiso	4.93
	3.6. Amarre de cubiertas	4.13
Cimentación	4. Cimentación	5.00
Suelos	5. Tipo de suelo	5.00

Entorno	6. Topografía	5.00
---------	---------------	------

La información proporcionada en la tabla 3 ofrece una visión clara de los ítems que requieren intervención para reducir la vulnerabilidad sísmica del municipio. Específicamente, son los aspectos identificados con el numeral 3.1 "Muros confinados y reforzados" y numeral 3.4 "Características de las aberturas", que pertenecen al aspecto estructural. Es importante destacar el enfoque especial en el aspecto 3.4, que ha sido calificado como muy deficiente y clasificado dentro del rango de "Vulnerabilidad sísmica alta". En cuanto al aspecto 3.1, aunque su calificación es la siguiente más baja, se mantiene dentro del rango de "Vulnerabilidad sísmica media".

A continuación, se presentan los gráficos que muestran los resultados porcentuales de las 30 edificaciones en cada aspecto evaluado.

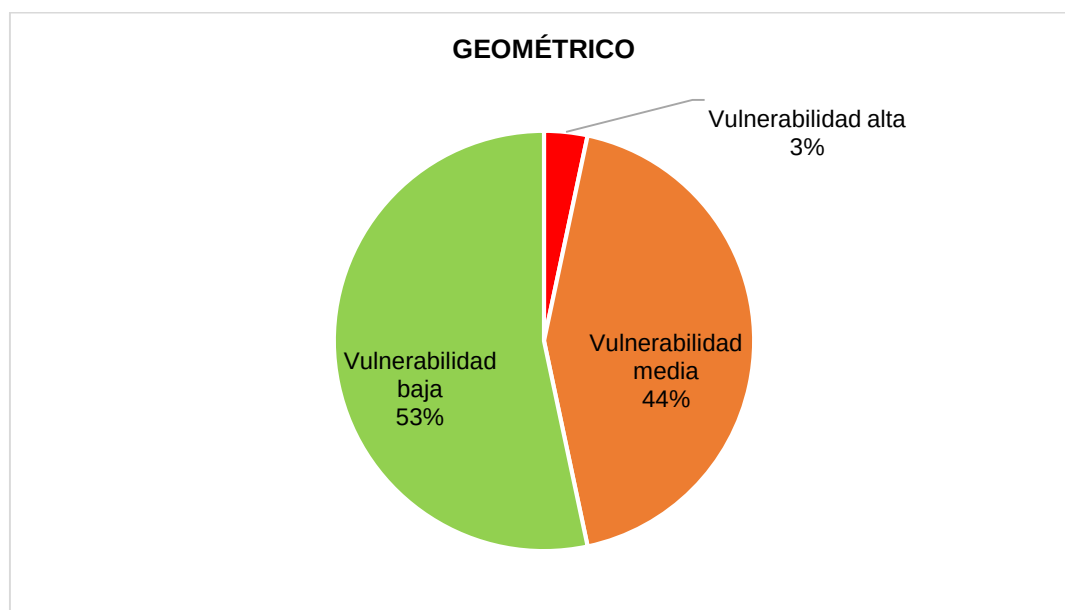


Figura 57. Clasificación vulnerabilidad sísmica según aspecto geométrico.
Fuente: Elaboración propia

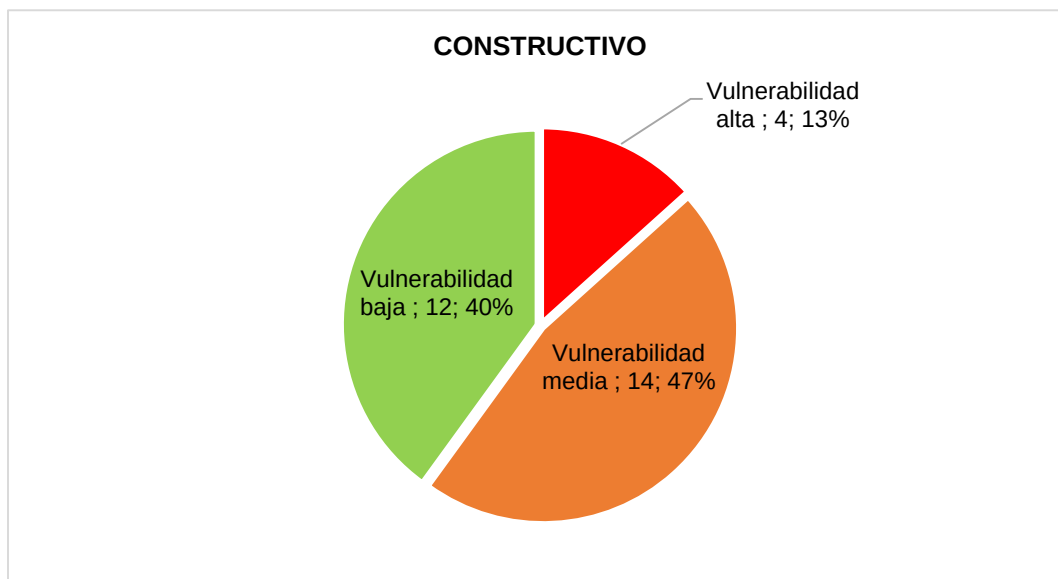


Figura 58. Clasificación vulnerabilidad sísmica según aspecto constructivo.
Fuente: Elaboración propia

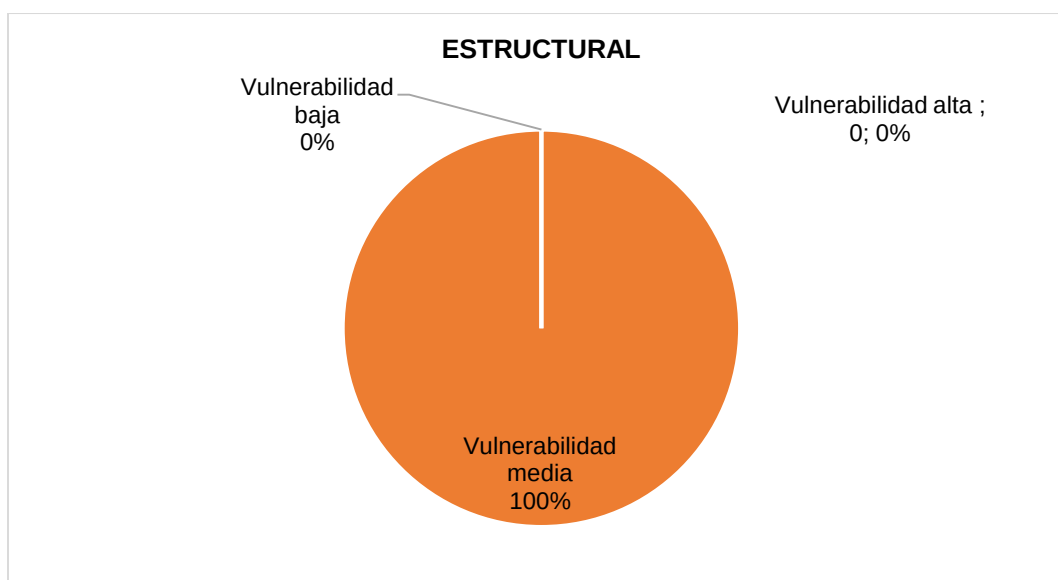


Figura 59. Clasificación vulnerabilidad sísmica según aspecto estructural.
Fuente: Elaboración propia

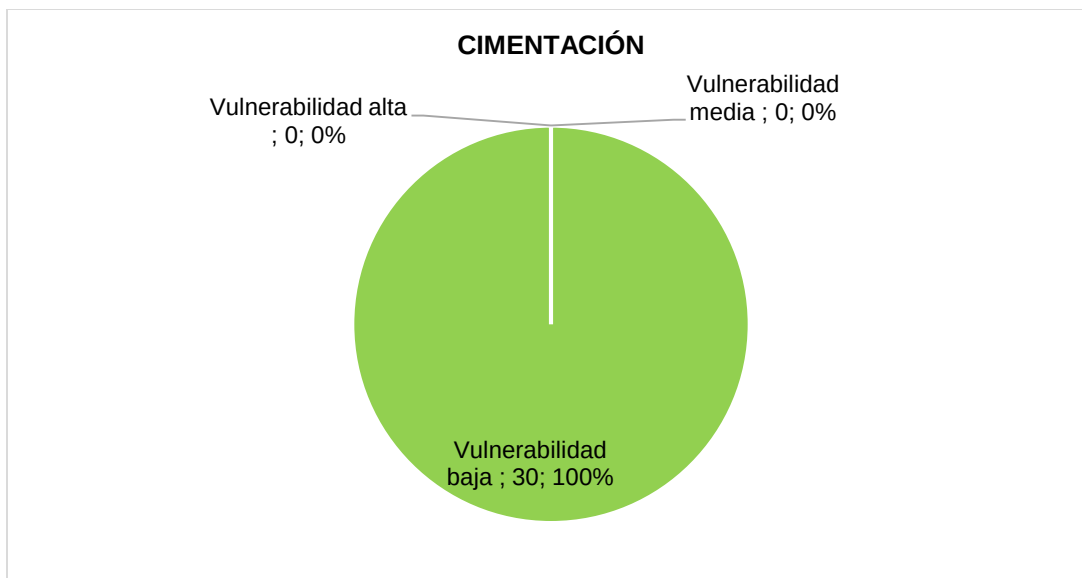


Figura 60. Clasificación vulnerabilidad sísmica según cimentación.
Fuente: Elaboración propia

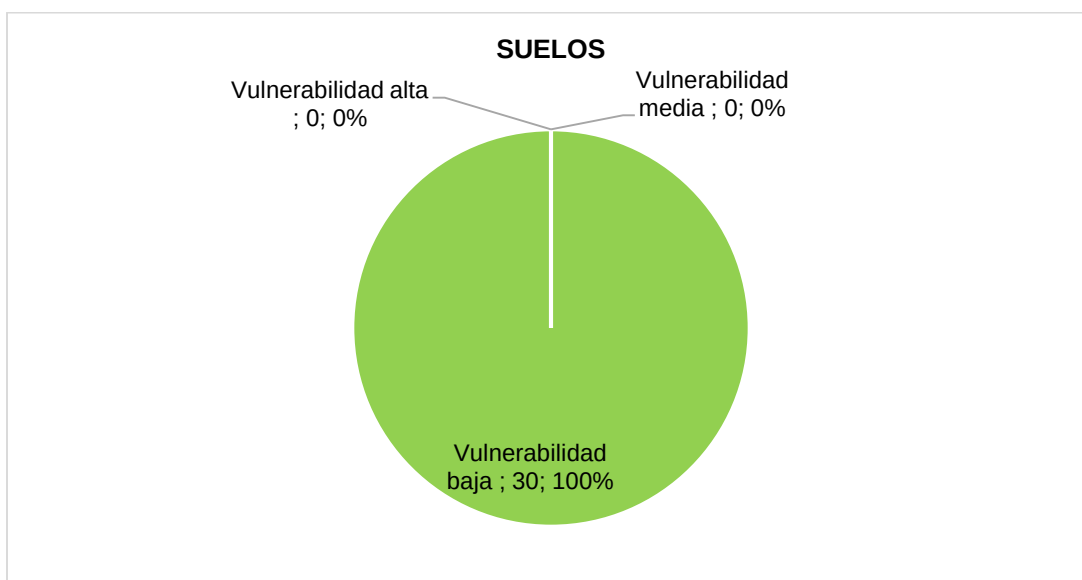


Figura 61. Clasificación Vulnerabilidad sísmica según suelos.
Fuente: Elaboración propia

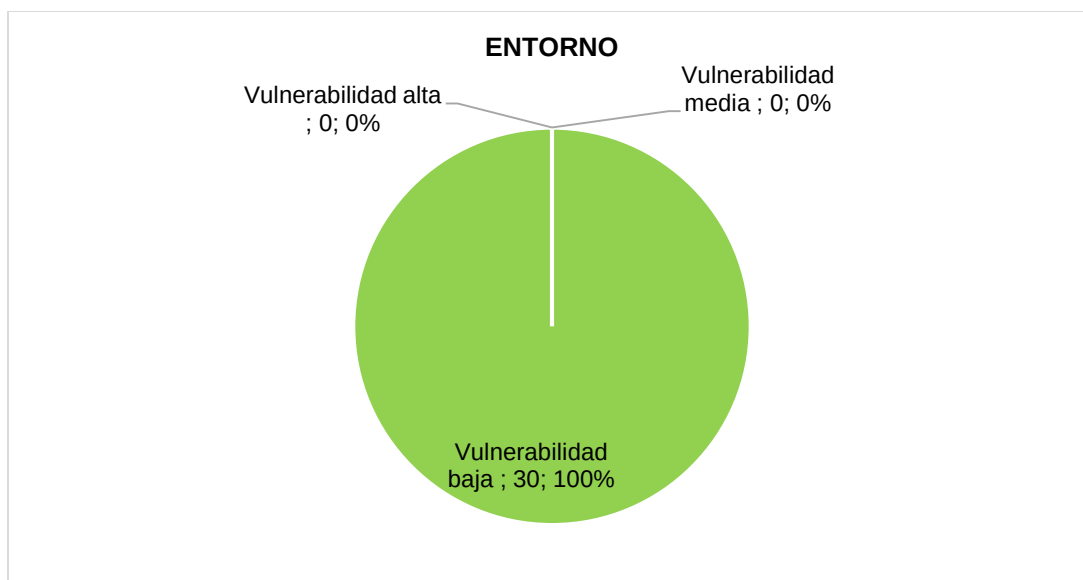


Figura 62. Clasificación vulnerabilidad sísmica según suelo.
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en las figuras anteriores que los aspectos en los que el Municipio está cumpliendo los requisitos de la norma NSR-10 con mayor precisión son los numerales 4 “Cimentación”, el numeral 5 “Tipo de suelo” y el numeral 6 “Topografía”; por lo que no es necesario realizar intervenciones relacionadas con estos aspectos en las edificaciones.

El aspecto estructural contiene los ítems más problemáticos en su evaluación. Es conveniente realizar un análisis local de los aspectos con mayores falencias en el municipio. El numeral 3.4 “Características de las aberturas”, al tener una calificación promedio de 2.93, es el punto más bajo de todo el análisis; esto se debe al incumplimiento de las características más relevantes de las aberturas en los muros estructurales, estas son, el porcentaje de área de abertura en el muro debe ser menor al 35% del área total del muro estructural, la longitud de la abertura debe ser inferior al 50% de la longitud total del muro, y por último que debe existir una distancia mayor desde el inicio del muro hasta el inicio de la abertura.

El resultado en el ítem 3.1 “Muros confinados y reforzados”, clasificado con “Vulnerabilidad sísmica media” muestran que los procesos constructivos relacionados

con este numeral tienden a ser deficientes y el personal que levanta las edificaciones no tiene suficientes conocimientos sobre los requerimientos de la norma en este aspecto.

El municipio presenta fortalezas en algunos de los aspectos analizados en este diagnóstico de vulnerabilidad, los aspectos geométricos numerales 1.2 “Cantidad de muros en las dos direcciones”, y 1.3 “Irregularidad en altura”, el numeral 3.5 “Tipo y disposición del entrepiso” correspondiente al aspecto estructurales, los numerales 5.0 “Tipo de suelo” y 6.0 “Topografía”, obtienen calificaciones muy altas, no se presentan dificultades constructivas ni de diseño en estos aspectos.

En resumen, se llevaron a cabo 30 evaluaciones de riesgo sísmico en el Municipio de Florida, Valle, cumpliendo con el número de análisis requerido por el análisis de muestra y el estudio estadístico enseña en el capítulo 6 de este documento. El análisis y levantamiento de datos en campo se excedió del tiempo proyectado inicialmente en el documento previo a este trabajo de grado (anteproyecto), debido a que se presentaron en reiteradas ocasiones problemas para ingresar a las edificaciones para realizar el levantamiento de la información; esto por diferentes causas entre ellas ausencias de las familias en las edificaciones en el día en que se habían programado las evaluaciones, los propietarios no permitían el ingreso debido a que no tenían tiempo para atender a los evaluadores, algunas familias no deseaban la intervención de sus viviendas y fue necesario que la junta de acción comunal mediara con los mismos para realizar las evaluaciones.

10. ACCIONES PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD ACTUAL DE LAS EDIFICACIONES

Para la rehabilitación de las edificaciones analizadas los propietarios del Municipio de Florida pueden tomar como referencia el capítulo IV “Rehabilitación de las viviendas” del manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001), en este se exponen los tipos de intervenciones que se deben realizar si se quiere mejorar la respuesta ante eventos sísmicos de una edificación construida en mampostería.

La rehabilitación de viviendas incluye actividades de reparación, reforzamiento y reconstrucción, el nivel de intervención que debe aplicarse a las viviendas depende del grado de vulnerabilidad y el nivel de daño que esta presenta, a continuación, se presenta el tipo de actividad que debe realizarse.

Tabla 4. Intervenciones recomendadas a la vivienda, de acuerdo al grado de vulnerabilidad y el nivel de daño que presenta, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001)

		DAÑO		
			Leve	Moderado
VULNERABILIDAD	Baja	Intervención Menor: Reparaciones cosméticas		
	Media	Reforzamiento Moderado	Reparación Estructural + Reforzamiento	
	Alta	Reforzamiento Moderado	Reforzamiento + Reconstrucción	Reconstrucción



La vivienda que presenta daños moderados y/o severos debe clasificarse como de vulnerabilidad media o alta, según sea el caso.

Las intervenciones que se deben realizar son las siguientes:

- Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado.

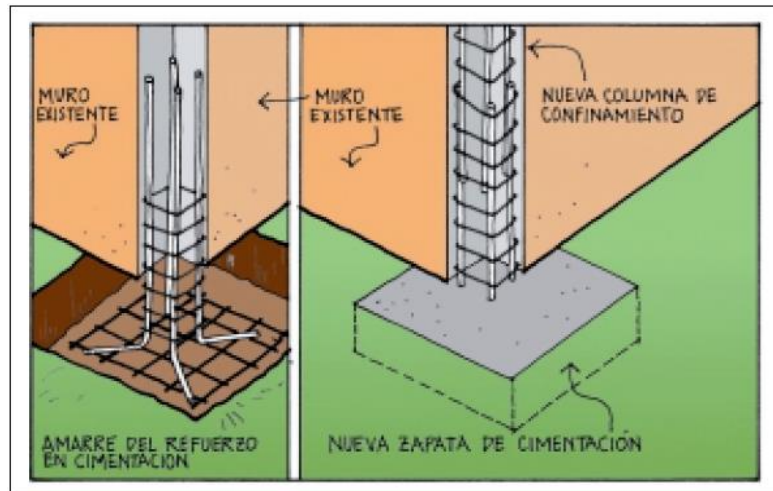


Figura 63. Reforzamiento de la estructura mediante una columna de confinamiento; tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001)

- Realizar confinamiento de aberturas.



Figura 64. Reforzamiento de estructura por medio de confinamiento de las aberturas existentes, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001)

- Reemplazo de muros no estructurales o con aberturas, por muros estructurales.

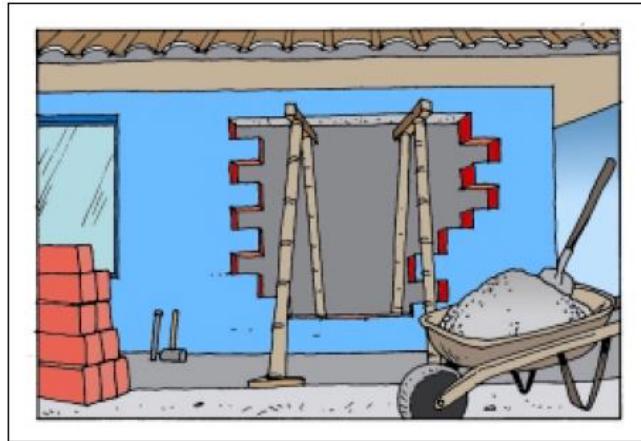


Figura 65. Reemplazo de muros no estructurales por muros estructurales, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001)

- Revestimiento estructural en concreto reforzado.

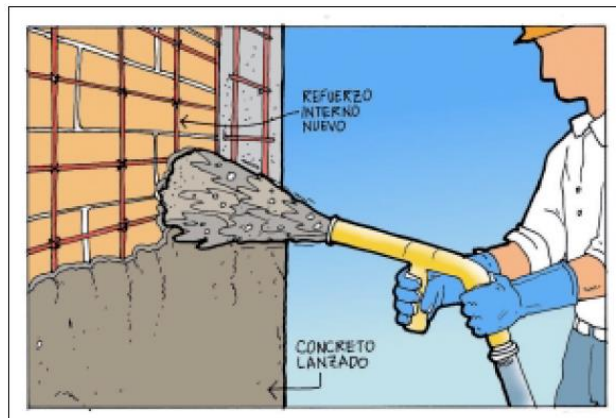


Figura 66. Reforzamiento de muros de la estructura existente con revestimiento de concreto reforzado, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001).

- Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.

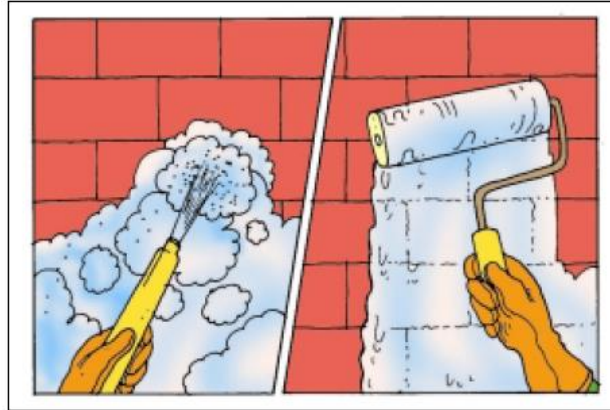


Figura 67. Reforzamiento de muros de la estructura existente con revestimiento mediante fibras compuestas, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001).

- Refuerzo de la cimentación.

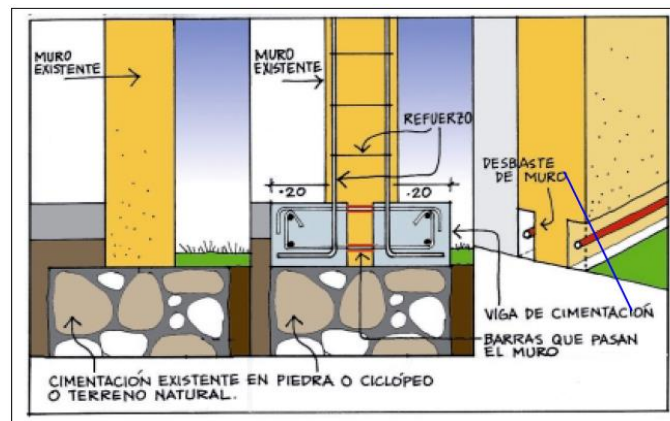


Figura 68. Reforzamiento de la cimentación de la estructura existente con vigas de cimentación, tomado del Manual de la AIS, (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001).

Para definir el tipo de intervención que requiere la edificación se debe tener en cuenta el aspecto al cual se le debe reducir la vulnerabilidad sísmica, las intervenciones para mejorar los aspectos geométricos están relacionadas con:

- Construcción de vigas y columnas de confinamiento en concreto reforzado.
- Realizar confinamiento de aberturas.

- Reemplazar muros no estructurales o con aberturas por muros estructurales.

Para mejorar el desempeño en los aspectos constructivos se deben realizar las siguientes actividades:

- Revestimiento estructural en concreto reforzado.
- Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.
- Reemplazo de muros no estructurales o con aberturas por muros estructurales.

Para intervenir los aspectos estructurales:

- Construcción de vigas y columnas en concreto reforzado.
- Revestimiento estructural en concreto reforzado.
- Confinamiento de aberturas.
- Revestimiento estructural mediante fibras compuestas.

La cimentación solo puede ser intervenida con:

- Refuerzo de la cimentación.

La parte de suelos y entorno no es manejable fácilmente, por ende, solo puede ser mejorada al intervenir la cimentación de la estructura y realizar un reforzamiento de la misma.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Aunque el criterio 3.1 “Muros confinados y reforzados” no alcanzó una calificación satisfactoria, el mayor problema se evidencia en el ítem 3.4 “Características de las aberturas”, con una calificación deficiente de 2.80 en promedio. Esto sugiere que la mayoría de los maestros de obra o personal de construcción del municipio desconoce cómo las características de las aberturas de los vanos afectan la seguridad estructural de las edificaciones.
- Los aspectos constructivos son los segundos en porcentaje de peso ponderado con un 25% de la evaluación global del riesgo sísmico de la estructura. Esta asignación se basa en el reconocimiento de la importancia crítica de los materiales y procesos constructivos en el funcionamiento adecuado de las edificaciones, así como en la eficiente transferencia de cargas al suelo sobre el que se asientan. Se han obtenido resultados favorables en este aspecto, lo que sugiere que el Municipio cuenta con personal de construcción y mano de obra competente.
- En la cimentación de las estructuras se presentaron dificultades para determinar sus características constructivas y estructurales, pues no fue posible apreciar la existencia de vigas de cimentación bajo los muros confinados de la misma, se tomaron en cuenta los testimonios de los propietarios y entrevistas realizadas a los maestros de obra más experimentados del Municipio y se concluye que la cimentación de las edificaciones de 1 y 2 pisos tradicionalmente en el Municipio, se realiza con vigas que regularmente son de una dimensión mínima de 20 cm x 25 cm y con 4 varillas de refuerzo longitudinal de ½” y estribos de 3/8” cada 15 cm. Este sistema empleado se ajusta a lo exigido por el título E de la NSR-10.

- Hablando de los aspectos geométricos de las edificaciones, se puede afirmar que el municipio cuenta con valores bajos de vulnerabilidad sísmica, en el aspecto de irregularidad en planta ninguna edificación tuvo como resultado vulnerabilidad sísmica alta; generalmente las edificaciones son construidas de una forma geométrica rectangular, haciendo que estas presenten menos fallas ante eventos sísmicos. Algunas edificaciones de dos niveles presentaron inconvenientes con la continuidad de los muros y las columnas de confinamiento desde la cimentación hasta la cubierta de la estructura. La cantidad de muros necesaria en las dos direcciones principales de las edificaciones por lo general es suficiente, con solo una vivienda obteniendo una calificación deficiente.
- La topografía de la cabecera municipal es constante, el 100% de las viviendas está construida sobre suelos con pendientes prácticamente nulas, por lo que la calificación de la vulnerabilidad en este aspecto es baja.
- El tipo de suelo en el municipio es bueno para la construcción de edificaciones por lo analizado en este trabajo de investigación ya que, no se encontraron grietas ni hundimientos en las vías y lotes de las viviendas analizadas, además los habitantes manifiestan no percibir vibraciones al paso de vehículos con grandes cargas.
- Como recomendación, es beneficioso realizar anuncios generales sobre los procesos que se vayan a realizar en un proyecto en contacto con la comunidad antes del inicio del mismo, con el fin de que esta información sea recibida de forma clara por parte de la sociedad y así en el momento de la ejecución de las actividades relacionadas con el proyecto se realicen fácilmente y con menores contratiempos, ya que, se evita la exposición de los objetivos y la justificación del proyecto a minorías particulares,

consumiendo tiempo que puede ser aprovechado en actividades para completar las actividades del proyecto.

- Es importante tomar en consideración la información suministrada por personas que estuvieron presentes en los procesos constructivos de una edificación, cuando se realiza un proceso de diagnóstico, ya que, la información que se obtiene de la misma se realiza principalmente por medio de visualizan y técnicas no destructivas, por lo que no siempre es factible obtener datos verificados de diferentes aspectos como, cimentación de la estructura, disposición de tuberías, refuerzos en elementos de concreto, tipo de materiales utilizados, entre otros.
- Sería oportuno realizar capacitaciones y charlas sobre aspectos teóricos y prácticos en la construcción de edificaciones a los maestros de obra del municipio, con el objetivo de recordar y afianzar conocimientos que lleven a la materialización de edificaciones menos vulnerables sísmicamente y con mayores beneficios para la comunidad en general; estas capacitaciones deben ser llevadas a cabo por parte de la secretaría de planeación municipal, con personal capacitado y que pueda certificar las practicas realizadas por los maestros de obra del municipio.
- Cuando se realicen diagnósticos de viviendas se debe evitar mencionar opiniones propias sobre el estado de la construcción de las mismas, ya que pueden ser mal interpretadas por los propietarios y afectarlos psicológicamente.

12. BIBLIOGRAFÍA

- (2001). En AIS, *MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA* (págs. 2-7). Bogotá.
- (2010). En V. Y. MINISTERIO DE AMBIENTE, *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10* (págs. A-59). Bogotá: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS.
- (2010). En V. Y. MINISTERIO DE AMBIENTE, *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, NSR-10* (págs. E-1). Bogotá : ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS.
- (2010). En V. Y. MINISTERIO DE AMBIENTE, *REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE* (págs. A-61). Bogotá: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA, AIS.
- Acevedo Jaramillo , A. B. (2019). *Índice de vulnerabilidad sísmica de escuelas del Área Metropolitana de Medellín, Colombia*. Medellín.
- ACH. (2021). ACH. Obtenido de <https://panelesach.com/latam/pe/blog/construccion-mamposteria-confinada/>
- Agudelo Rodriguez, C. F., & Ramos , H. (2014). *Hacia el mejoramiento de las prácticas de construcción en la producción informal de vivienda: el caso del proyecto Construya, de Swisscontact*. Bogotá.
- Agudelo, C., Ramos, H., & Rojas, R. (2014). Hacia el mejoramiento de las prácticas de construcción en la producción informal de vivienda: el caso del proyecto Construya, de Swissconctact. *Traza*, 10-27.
- AIS . (2009). *Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia 2009*.
- AIS. (2001). *MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA*. Bogotá.
- AIS; Universidad de los Andes; Ingeominas. (1996). *Estudio de amenaza sísmica de Colombia*. Bogotá, D.C.

Alzate Buitrago, A. (2017). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES INDISPENSABLES DEL GRUPO III y IV EN EL MUNICIPIO DE VITERBO, CALDAS*. Pereira.

Ante Suárez, S. A., & Reyes Vásquez, J. D. (2019). *Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de 1 y 2 pisos construídas en mampostería confinada- Caso de estudio corregimiento de Santa Helena, El Cerrito, Valle*. Cali.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA . (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10*. Bogotá.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2001). *Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado*. Bogotá, D.C.

Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. (2001). *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*. Colombia: La Red.

CEMENTOS CIBAO. (2018). *CEMENTOS CIBAO*. Obtenido de <https://www.cementoscibao.com/mamposteria-usos-en-la-construccion/>

Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), Título E, Casas de uno y dos pisos*. Bogotá, D.C.

DANE . (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018*.

DANE. (2022). *COLOMBIA - Censo de Edificaciones - CEED - 2007- A - 2021*.

EL TIEMPO. (2020). *EL TIEMPO*. Obtenido de EL TIEMPO : <https://www.eltiempo.com/colombia/cali/se-cumplen-37-anos-del-terremoto-que-destruyo-popayan-en-1983-479192>

FUNVISIS. (2017). *Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas*. Obtenido de <http://www.funvisis.gob.ve/old/amenaza.php>

García , L. E. (2015). Desarrollo de la normativa sismo resistente colombiana en los 30 años desde su primera expedición. *Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá D.C. .*

- Gómez, J. F. (2021). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de casas de 3 pisos construídas en un sistema de muros confinados en el municipio de Villa Rica, Cauca. . Cali.*
- Marulanda Ocampo, F. J. (2012). *Modelación con elementos finitos de muros de mampostería estructural ortogonales.*
- Melgarejo Jesús, A. R. (2018). *Evaluación de las viviendas informales de albañilería aporticado para determinar los índices de vulnerabilidad sísmica en el asentamiento humano Leoncio Prado del pueblo Joven Las Moras - Huanuco. Huanuco.*
- ORI. (2022). *Diseño de la Investigación* . Obtenido de Diseño de la investigación : https://ori.hhs.gov/education/products/sdsu/espanol/res_des1.htm
- Porras Velázquez , A. (2017). *Diplomado en Análisis de Información Geoespacial: Tipos de muestreo.* CDMX.
- Reunión del Concreto. (2018). *Reunión del Concreto* .
- Sabino , C. (1992). *EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.* Buenos Aires: Panamericana.
- SAI. (2021). *Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos.* Obtenido de Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos: <https://sai.org.co/lo-que-se-debe-saber-de-la-norma-nsr-10/>
- Sierra Bravo, R. (2001). *Técnicas de Investigación Social* . Madrid.
- VIVANCO, M. (2005). *Muestreo Estadístico Diseño y Aplicaciones.* Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

13. ANEXOS

13.1. FORMATO CONSENTIMIENTO INFORMADO



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de la investigación:

Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de edificaciones de uno (1) y dos (2) pisos construidas en mampostería confinada – caso de estudio municipio de Florida – Valle del Cauca.

Objetivo de la investigación:

Diagnosticar la vulnerabilidad sísmica de una muestra seleccionada de edificaciones de uno (1) y dos (2) niveles en mampostería confinada en el municipio de Florida, Valle del Cauca. Tomando como base el cumplimiento del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y la calidad con la que fueron construidas.

¿Cuál es el propósito de la visita?

Obtener un perfil socioeconómico de los habitantes de la edificación y acceder a la información estructural de la misma, donde se requiere: Recorrido al interior de la edificación, registro fotográfico, mediciones y acceso a planos arquitectónicos y/o estructurales que voluntariamente pueda aportar el participante.

Tiempo requerido:

El tiempo necesario para contestar preguntas sobre el perfil socioeconómico de los habitantes y para realizar recorrido y análisis de la edificación.

Riesgos y beneficios:

El estudio no conlleva ningún riesgo y el participante no recibe ningún beneficio.

Compensación:

No se dará ninguna compensación económica por participar.

Confidencialidad:

El proceso será estrictamente confidencial. Su nombre no será utilizado en ningún informe cuando los resultados de la investigación sean publicados.

Participación voluntaria:

La participación es estrictamente voluntaria.

Derecho de retirarse del estudio:

El participante tendrá el derecho de retirarse de la investigación en cualquier momento. No habrá ningún tipo de sanción o represalias.

¿A quién contactar en caso de preguntas?

Investigadores: Jean Pool Arenas (Cel: 3103946154), David Eraso: (Cel: 3183623956).

Director: Ing. Harold Cárdenas (Cel: 3176441935).

AUTORIZACIÓN

He leído el procedimiento descrito arriba. Los investigadores me han explicado el estudio y han contestado mis preguntas. Voluntariamente doy mi consentimiento para que los investigadores hagan uso de la información recolectada durante la visita con fines exclusivamente académicos. He recibido copia de este documento.

Participante

C.C

13.2. FORMATO ENCUESTA SOCIECONÓMICA VISITAS



Fecha: Ingrese la fecha aquí

Información del referencia

VISITA N°	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
USO DE LA EDIFICACIÓN	Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Información de los habitantes de la edificación

¿CUÁNTAS PERSONAS ADULTAS HABITAN LA EDIFICACIÓN?	Haga clic o pulse aquí para escribir.
¿CUÁNTOS NIÑOS HABITAN LA EDIFICACIÓN?	Haga clic o pulse aquí para escribir.
¿HAY MÁS DE UN NÚCLEO FAMILIAR HABITANDO LA EDIFICACIÓN?	Haga clic o pulse aquí para escribir.

Información del jefe/jefa de hogar

EDAD	Edad	SEXO	SEXO
------	------	------	------

¿CUÁL ES EL ÚLTIMO NIVEL DE ESTUDIOS QUE CURSÓ LA PERSONA QUE ES CONSIDERADA EL JEFE DE FAMILIA EN TU HOGAR?	☒ SIN ESTUDIOS ☐ BACHILLERATO ☐ TÉCNICO/TECNOLÓGICO ☐ UNIVERSITARIO ☐ POSGRADO
--	---

Ingresos económicos mensuales de los habitantes de la edificación

INGRESOS ECONÓMICOS MENSUALES TOTALES	☒ MENOS DE 1 SMLMV ☐ ENTRE 1 Y 2 SMLMV ☐ ENTRE 2 Y 5 SMLMV ☐ MÁS DE 5 SMLMV
---------------------------------------	---

13.3. FORMATO EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

VULNERABILIDAD SÍSMICA

ASPECTOS GEOMÉTRICOS

Irregularidad en planta de la edificación

FORMA GEOMÉTRICA REGULAR Y APROXIMADAMENTE SIMÉTRICA	☐
LARGO MENOR QUE 3 VECES ANCHO	☐
NO TIENE “ENTRADAS Y SALIDAS” COMO SE MUESTRAN EN LAS FIGURAS, TANTO EN PLANTA COMO EN ALTURA	☐
PRESENTA ALGUNAS IRREGULARIDADES EN PLANTA O EN ALTURA NO MUY PRONUNCIADAS	☐
EL LARGO ES MENOR QUE 3 VECES EL ANCHO	☐
LA FORMA ES IRREGULAR CON ENTRADAS Y SALIDAS ABRUPTAS	☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Irregularidad en planta de la edificación

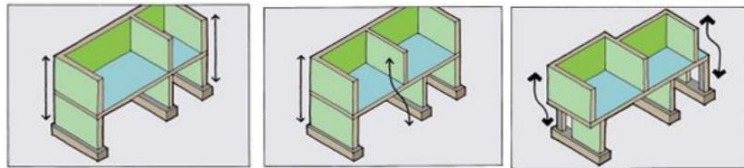
REALIZAR LEVANTAMIENTO DE MUROS	Observación
TIPO DE CUBIERTA	Observación
REVISAR SI LA MAYORÍA DE MUROS SON CONFINADOS	Observación

OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Irregularidad en altura

LA MAYORÍA DE LOS MUROS ESTRUCTURALES SON CONTINUOS DESDE LA CIMENTACIÓN HASTA LA CUBIERTA.	☐
ALGUNOS MUROS PRESENTAN DISCONTINUIDADES DESDE LA CIMENTACIÓN HASTA LA CUBIERTA.	☐

LA MAYORÍA DE LOS MUROS NO SON CONTINUOS EN ALTURA DESDE SU CIMENTACIÓN HASTA LA CUBIERTA.		☐
CAMBIO DE ALINEACIÓN EN EL SISTEMA DE MUROS EN DIRECCIÓN VERTICAL.		☐
CAMBIO DE SISTEMA DE MUROS EN PISOS SUPERIORES A COLUMNAS EN EL PISO INFERIOR.		☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Calidad de las juntas de pega en mortero

EL ESPESOR DE LA MAYORÍA DE LAS PEGAS ESTÁ ENTRE 0.7 Y 1.3 CM.		☐
LAS JUNTAS SON UNIFORMES Y CONTINUAS.		☐
HAY JUNTAS DE BUENA CALIDAD VERTICALES Y HORIZONTALES RODEANDO CADA UNIDAD DE MAMPOSTERÍA.		☐
EL MORTERO ES DE BUENA CALIDAD Y PRESENTAN BUENA ADHERENCIA CON LA PIEZA DE MAMPOSTERÍA.		☐
EL ESPESOR DE LA MAYORÍA DE LAS PEGAS ES MAYOR A 1.3 CM O MENOR DE 0.7 CM.		☐
LAS JUNTAS NO SON UNIFORMES.		☐
NO EXISTEN JUNTAS VERTICALES O SON DE MALA CALIDAD.		☐
LA PEGA ES MUY POBRE ENTRE LOS BLOQUES, CASI INEXISTENTE.		☐
POCA REGULARIDAD CON LA ALINEACIÓN DE LAS PIEZAS.		☐
EL MORTERO ES DE MUY MALA CALIDAD O EVIDENCIA SEPARACIÓN CON LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA.		☐
NO EXISTEN JUNTAS VERTICALES Y/O HORIZONTALES EN ZONAS DEL MURO.		☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Tipo y disposición de las unidades de mampostería

LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA ESTÁN TRABADAS.	☐
LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA SON DE BUENA CALIDAD. NO PRESENTAN AGRIETAMIENTOS IMPORTANTES, NO HAY PIEZAS DETERIORADAS O ROTAS.	☐
LAS PIEZAS ESTÁN COLOCADAS DE MANERA UNIFORME Y CONTINUA HILADA TRAS HILADA.	☐
ALGUNAS PIEZAS ESTÁN TRABADAS, MIENTRAS OTRAS NO LO ESTÁN. SIENDO LA MAYORÍA DE LA PRIMERA CLASE.	☐
ALGUNAS PIEZAS PRESENTAN AGRIETAMIENTO O DETERIORO.	☐
ALGUNAS PIEZAS ESTÁN COLOCADAS DE MANERA UNIFORME Y CONTINUA HILADA TRAS HILADA.	☐
LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA NO ESTÁN TRABADAS.	☐
LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA SON DE MUY MALA CALIDAD. SE PRESENTAN AGRIETAMIENTOS IMPORTANTES CON PIEZAS DETERIORADAS O ROTAS.	☐
LAS PIEZAS NO ESTÁN COLOCADAS DE MANERA UNIFORME Y CONTINUA HILADA TRAS HILADA.	☐

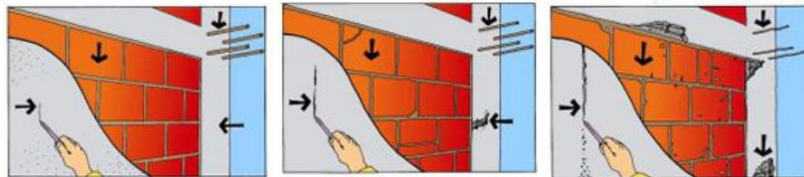


OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Calidad de los materiales

EL MORTERO NO SE DEJA RAYAR O DESMORONAR CON UN CLAVO O HERRAMIENTA METÁLICA.	☐
EL CONCRETO TIENE BUEN ASPECTO, SIN HORMIGUEROS Y EL ACERO NO ESTÁ EXPUESTO.	☐

EN LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO EN CONCRETO REFORZADO, HAY ESTRIBOS ABUNDANTES Y POR LO MENOS 3 O 4 BARRAS N° 3 EN SENTIDO LONGITUDINAL.	☐
EL LADRILLO ES DE BUENA CALIDAD, NO ESTÁ FISURADO, QUEBRADO, NI DESPEGADO Y RESISTE CAÍDAS DE POR LO MENOS 2 METROS DE ALTO SIN DESINTEGRARSE NI DETERIORARSE EN FORMA APRECIABLE.	☐
SE CUMPLEN VARIOS DE LOS REQUISITOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE.	☐
NO SE CUMPLEN MÁS DE DOS REQUISITOS DE LOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE	☐

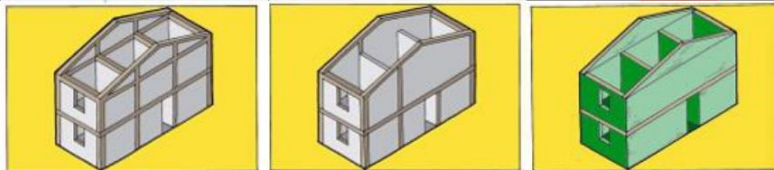


OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

ASPECTOS ESTRUCTURALES

Muros confinados y reforzados

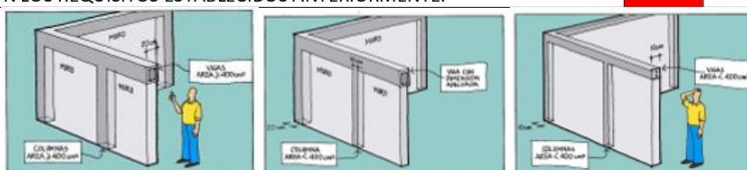
TODOS LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA DE LA VIVIENDA ESTÁN CONFINADOS CON VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO ALREDEDOR DE ELLOS.	☐
EL ESPACIAMIENTO MÁXIMO ENTRE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO ES DEL ORDEN DE 4 M O LA ALTURA ENTRE PISOS.	☐
TODOS LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO TIENEN REFUERZO TANTO LONGITUDINAL COMO TRANSVERSAL Y ESTÁN ADECUADAMENTE DISPUESTOS.	☐
LAS CULATAS Y ANTEPECHOS TAMBIÉN ESTÁN CONFINADAS.	☐
ALGUNOS MUROS DE LA EDIFICACIÓN NO CUMPLEN CON LOS REQUISITOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE	☐
LA MAYORÍA DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA DE LA VIVIENDA NO TIENEN CONFINAMIENTO MEDIANTE COLUMNAS Y VIGAS DE CONCRETO REFORZADO.	☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Detalles de columnas y vigas de confinamiento

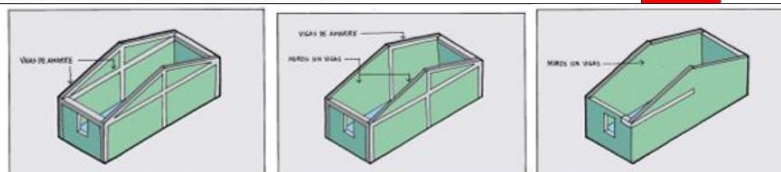
LAS COLUMNAS Y VIGAS TIENEN MÁS DE 20 CM DE ESPESOR O MÁS DE 400 CM ² DE ÁREA TRANSVERSAL.	☐
LAS COLUMNAS Y VIGAS TIENEN AL MENOS 4 BARRAS N° 3 LONGITUDINALES Y ESTRIBOS ESPACIADOS A NO MÁS DE 10 A 15 CM.	☐
EXISTE UN BUEN CONTACTO ENTRE EL MURO DE MAMPOSTERÍA Y LOS ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO.	☐
EL REFUERZO LONGITUDINAL DE LAS COLUMNAS Y VIGAS DEBE ESTAR ADECUADAMENTE ANCLADO EN SUS EXTREMOS Y A LOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACIÓN.	☐
NO TODAS LAS COLUMNAS Y VIGAS CUMPLEN CON LOS REQUISITOS ANTERIORES.	☐
LA MAYORÍA DE LAS COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO NO CUMPLEN CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS ANTERIORMENTE.	☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Vigas de amarre o corona

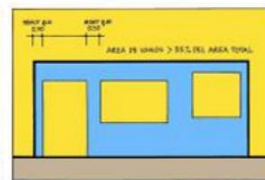
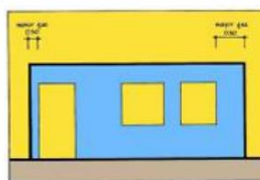
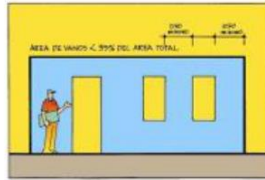
EXISTEN VIGAS DE AMARRE O DE CORONA EN CONCRETO REFORZADO EN TODOS LOS MUROS, PARAPETOS, FACHADAS Y CULATAS EN MAMPOSTERÍA.	☐
NO TODOS LOS MUROS O ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA DISPONEN DE VIGAS DE AMARRE O DE CORONA.	☐
LA VIVIENDA NO DISPONE DE VIGAS DE AMARRE O CORONA EN LOS MUROS O ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA.	☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Características de las aperturas

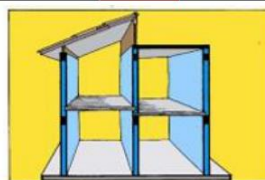
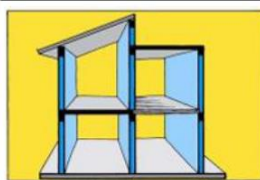
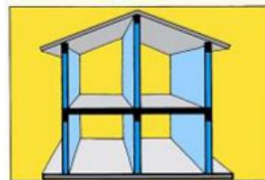
LAS ABERTURAS EN LOS MUROS ESTRUCTURALES TOTALIZAN MENOS DEL 35% DEL ÁREA TOTAL DEL MURO. (MEDIR TODAS LAS VENTANAS PARA INFORME).	☐
LA LONGITUD TOTAL DE ABERTURAS EN EL MURO CORRESPONDE A MENOS DE LA MITAD DE LA LONGITUD TOTAL DEL MURO.	☐
EXISTE UNA DISTANCIA DESDE EL BORDE DEL MURO HASTA LA ABERTURA ADYACENTE IGUAL A LA ALTURA DE LA MISMA O 50 CM, LA QUE SEA MAYOR.	☐
NO SE CUMPLEN ALGUNOS DE LOS ANTERIORES REQUISITOS EN ALGUNOS DE LOS MUROS DE LA VIVIENDA.	☐
MUY POCOS O NINGÚN MURO ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA CUMPLE CON LOS REQUISITOS ANTERIORES.	☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Entrepiso

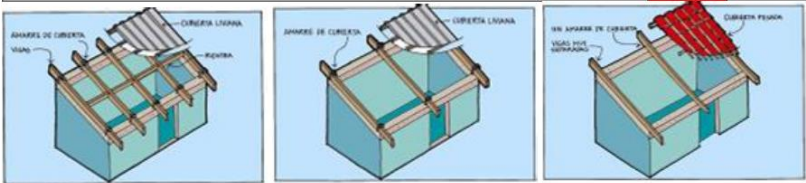
EL ENTREPISO ESTÁ CONFORMADO POR PLACAS DE CONCRETO FUNDIDAS EN EL SITIO O PLACAS PREFABRICADAS QUE FUNCIONAN DE MANERA MONOLÍTICA.	☐
LA PLACA DE ENTREPISO SE APOYA DE MANERA ADECUADA A LOS MUROS DE SOPORTE Y PROPORCIONA CONTINUIDAD Y MONOLITISMO.	☐
LA PLACA DE ENTREPISO ES CONTINUA, MONOLÍTICA Y UNIFORME EN RELACIÓN CON LOS MATERIALES QUE LO COMPONEN.	☐
LA PLACA DE ENTREPISO NO CUMPLE CON ALGUNA DE LAS ANTERIORES CONSIDERACIONES.	☐
LA PLACA DE ENTREPISO NO CUMPLE CON VARIAS DE LAS CONSIDERACIONES ANTERIORES.	☐
LOS ENTREPISOS ESTÁN CONFORMADOS POR MADERA O COMBINACIONES DE MATERIALES (GUADUA, MORTERO, MADERA, CONCRETO) Y NO PROPORCIONAN LAS CARACTERÍSTICAS DE CONTINUIDAD Y AMARRE DESEADOS.	☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Amarre de Cubiertas

EXISTEN TORNILLOS, ALAMBRES O CONEXIONES SIMILARES QUE AMARRAN EL TECHO A LOS MUROS.		☐
HAY ARRIOSTRIAMIENTO DE LAS VIGAS Y LA DISTANCIA ENTRE VIGAS NO ES MUY GRANDE.		☐
LA CUBIERTA ES LIVIANA Y ESTÁ DEBIDAMENTE AMARRADA Y APOYADA A LA ESTRUCTURA DE CUBIERTA.		☐
ALGUNO DE LOS ANTERIORES REQUISITOS SE CUMPLEN		☐
LA MAYORÍA DE LOS REQUISITOS MENCIONADOS ANTERIORMENTE NO SE CUMPLEN.		☐
LA CUBIERTA ES PESADA Y NO ESTÁ DEBIDAMENTE SOPORTADA O ARRIOSTARDA.		☐

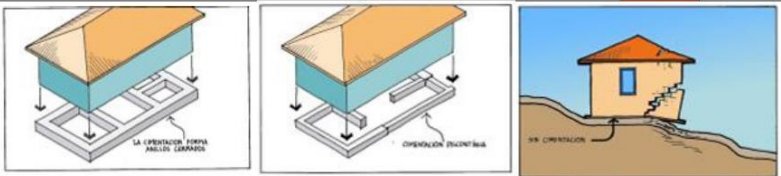


OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

CIMENTACIÓN

Vigas de amarre en concreto reforzado

LA CIMENTACIÓN ESTÁ CONFORMADA POR VIGAS CORRIDAS EN CONCRETO REFORZADO BAJO LOS MUROS ESTRUCTURALES.		☐
LAS VIGAS DE CIMENTACIÓN CONFORMAN ANILLOS AMARRADOS.		☐
LAS VIGAS DE CIMENTACIÓN EN CONCRETO REFORZADO CUMPLEN LOS DEMÁS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL CAPITULO I DE ESTE MANUAL.		☐
LA CIMENTACIÓN NO ESTÁ DEBIDAMENTE AMARRADA.		☐
NO SE CUMPLEN ALGUNOS DE LOS REQUISITOS ANTERIORES.		☐
LA EDIFICACIÓN NO CUENTA CON UNA CIMENTACIÓN ADECUADA DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS ANTERIORES.		☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

SUELOS

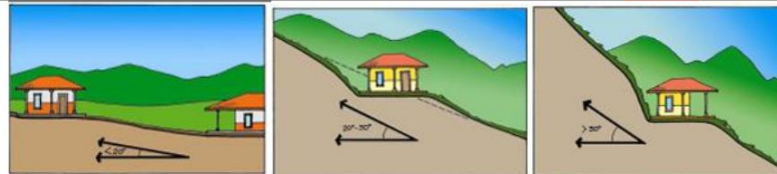
EL SUELO DE LA FUNDACIÓN ES DURO (ALREDEDOR DE LA EDIFICACIÓN NO EXISTEN HUNDIMIENTOS, NO SE EVIDENCIAN ÁRBOLES O POSTES INCLINADOS, NO SE SIENTE VIBRACIÓN CUANDO PASA UN VEHÍCULO PESADO CERCA, NO HAY AGRIETAMIENTOS O DAÑOS GENERALIZADOS, EN LOS PISOS NO HAY GRIETAS, HUNDIMIENTOS O DESNIVELES).	☐
EL SUELO DE LA FUNDACIÓN ES DE MEDIANA RESISTENCIA (SE PRESENTAN ALGUNOS HUNDIMIENTOS Y VIBRACIONES POR EL PASO DE VEHÍCULOS PESADOS. SE IDENTIFICAN ALGUNOS DAÑOS GENERALIZADOS O HUNDIMIENTOS).	☐
EL SUELO DE LA FUNDACIÓN ES BLANCO O ES ARENA SUELTA (HUNDIMIENTO EN ZONAS VECINAS, SE SIENTE LA VIBRACIÓN AL PASO DE VEHÍCULOS PESADOS. SE PRESENTAN ASENTAMIENTOS CONSIDERABLES EN EL TIEMPO DE LA CONSTRUCCIÓN. LA MAYORÍA DE LAS VIVIENDAS DE LA ZONA PRESENTAN AGRIETAMIENTO Y/O HUNDIMIENTOS).	☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

ENTORNO

LA TOPOGRAFÍA DONDE SE ENCUENTRA LA VIVIENDA ES PLANA O MUY POCO INCLINADA.	☐
LA TOPOGRAFÍA DONDE SE ENCUENTRA LA CASA TIENE UN ÁNGULO ENTRE 20 A 30 GRADOS DE INCLINACIÓN HORIZONTAL.	☐
LA VIVIENDA SE ENCUENTRA LOCALIZADA EN PENDIENTES CON UNA INCLINACIÓN MAYOR DE 30 GRADOS CON LA HORIZONTAL.	☐



OBSERVACIONES Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

13.4 INFORME ANÁLISIS VIVIENDA

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA VIVIENDA N° 10

1. ASPECTOS GEOMÉTRICOS

1.1. IRREGULARIDAD EN PLANTA DE LA EDIFICACIÓN

- La vivienda presenta una forma geométrica regular en planta. No presenta ni retrocesos en las esquinas ni irregularidad en el diafragma.
- El largo de la edificación es menor que tres veces el ancho:

$$\frac{b}{a} = \frac{15,70 \text{ m}}{5,94 \text{ m}} = 2,64 \text{ m}$$

- Al realizar el chequeo de la simetría de los muros se obtiene que no cumple, en el sentido X, con lo estipulado en el artículo E.1.3.3 del Título E de la NSR-10:

SIMETRÍA PISO SENTIDO X (B= 15,7 m)			
MURO	L _{mi}	b	L _{mib}
M1	5,82	0,06	0,35
M2	5,04	3,68	18,55
M3	1,83	5,30	9,70
M4	1,45	7,32	10,61
M5	1,55	8,04	12,46
M6	3,00	11,76	35,28
M7	1,10	15,64	17,20
	19,79		104,16

$$\left| \frac{\frac{\sum (L_{mi} b)}{\sum L_{mi}} - \frac{B}{2}}{B} \right| \leq 0.15 \quad 0,16$$

SIMETRÍA PISO SENTIDO Y (B= 5,94 m)			
MURO	L _{mi}	b	L _{mib}
M1	15,64	0,06	0,94
M2	2,58	2,88	7,43
M3	2,67	2,88	7,69
M4	12,15	5,88	71,44
	33,04		87,50

$$\left| \frac{\frac{\sum (L_{mi} b)}{\sum L_{mi}} - \frac{B}{2}}{B} \right| \leq 0.15 \quad 0,05$$

Según las características descritas anteriormente, la vivienda no cumple con uno de los aspectos geométricos de regularidad en planta, pues no cumple con la distribución simétrica de los muros en el sentido X, por esta razón se califica en este componente como:

VULNERABILIDAD MEDIA

1.2. CANTIDAD DE MUROS EN LAS DOS DIRECCIONES

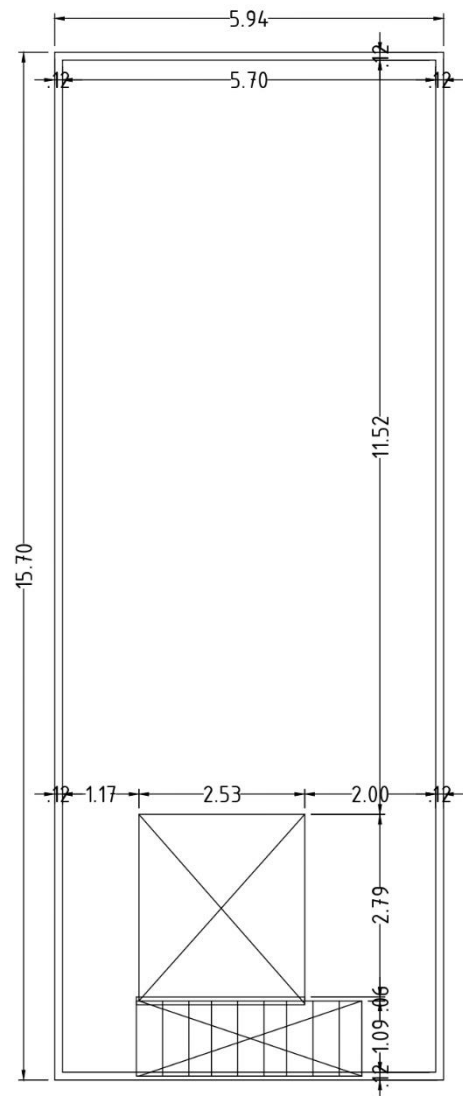
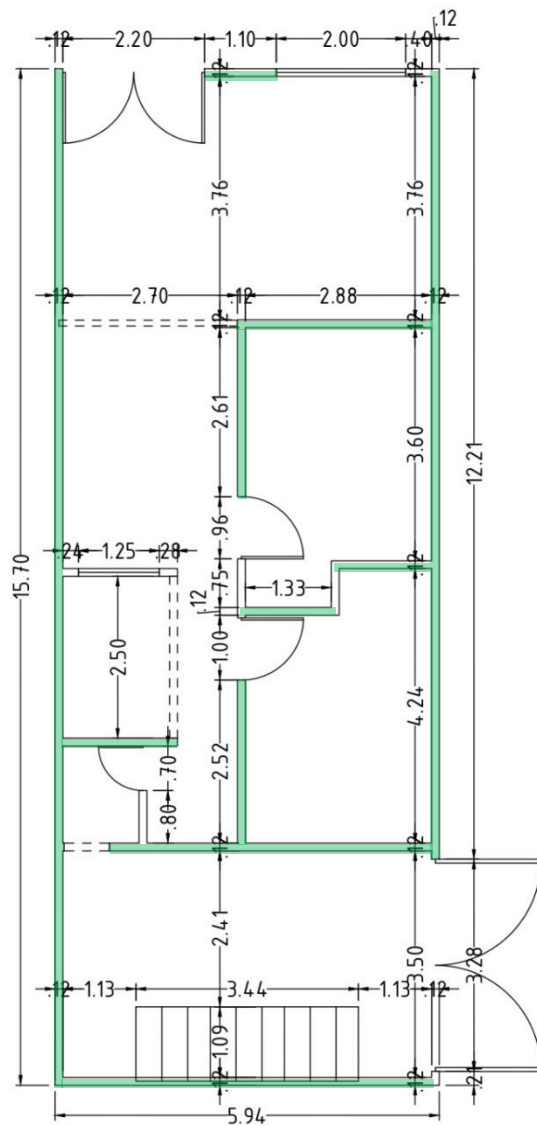
- Existen muros estructurales confinados en las dos direcciones principales.
- Los muros estructurales cumplen con la longitud mínima estipulada en el artículo E.3.6.4 del Título E de la NSR-10:

LONGITUD MÍNIMA	
Ap	82,45
t	120
Mo	21
Lmin (m)	14,43

$$L_{\min} = \frac{M_o A_p}{t}$$

SUMATORIA DE MUROS		
MURO	SENTIDO X	SENTIDO Y
M1	5,82	15,64
M2	5,04	2,58
M3	1,83	2,67
M4	1,45	12,15
M5	1,55	
M6	3,00	
M7	1,10	
	19,79	33,04





Para determinar la longitud mínima necesaria de muros es importante tener en cuenta sólo los muros estructurales, estos deben tener longitud mayor a un metro, no tener aberturas, y deben estar amarrados desde la cimentación hasta la losa de cubierta. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se encuentran subrayados de color

verde los muros considerados para chequear la longitud mínima tanto en el sentido X como en el sentido Y.

En cuanto a los parámetros de la ecuación de Longitud Mínima, ***Ap*** es el área de losa de cubierta, ***Mo*** es el coeficiente hallado en la tabla E.3.6-1 de la NSR-10, y ***t*** es el espesor efectivo de los muros.

Según las características descritas, se cumple con el requerimiento de longitud de muros en esta vivienda, por lo tanto se califica este componente como:

VULNERABILIDAD BAJA

1.3. IRREGULARIDAD EN ALTURA

La vivienda es de un solo piso como se muestra en la siguiente imagen y todos los muros están anclados a las vigas de cimentación y llegan hasta la losa de cubierta, conservando así la continuidad vertical



Cumple con los parámetros expuestos en el artículo E.1.3.4 y los artículos E.1.3.4.1.1 y E.1.3.4.1.3 de la NSR-10, por lo tanto se califica como:

VULNERABILIDAD BAJA

2. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

2.1. CALIDAD DE LAS JUNTAS DE PEGA EN MORTERO

Para esta vivienda se pudo realizar una inspección visual en la parte trasera, encontrando que las juntas de pega de mamposteria en su mayoría no sobrepasan 1,2 cm y estan rodeado toda la unidad y el ladrillo comun esta en buen estado, se califica como:

VULNERABILIDAD BAJA

2.2. TIPO Y DISPOSICIÓN DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERIA

La unidad de mamposteria es de arcilla maciza o tolete, el cual cumple con la especificacion del Articulo E.3.2.1.2 de la NSR-10 y se encuentra pegada de forma escalonada o trabada y estan de manera continua hilada tras hilada, por lo tanto se califica como :

VULNERABILIDAD BAJA

2.3. CALIDAD DE LOS MATERIALES

Se intento rayar el concreto de las columnas de confinamiento con un elemento metalico (tipo atornillador), pero no fue posible, por ello se califica el material de concreto como de buena calidad por no estar arenoso, las unidades de mamposteria se notaron en buenas condiciones; se pudo evidenciar que las columnas de confinamiento estan compuestas por 4 barras de acero #4 ya que quedan expuestas en la losa de cubierta como continuación para un futuro segundo nivel, se observa humedad en una de las paredes traseras y se concluye que es por las aguas lluvias que caen directamente sobre el ladrillo macizo que naturalmente es poroso y absorbe humedad, por lo anterior se califica este punto como:

VULNERABILIDAD BAJA

3. ASPECTOS ESTRUCTURALES

3.1. MUROS CONFINADOS Y REFORZADOS

3.2. DETALLES DE COLUMNAS Y VIGAS DE CONFINAMIENTO

Todos los muros de la vivienda estan confinados por vigas y columnas, donde se evidencia que fueron fundidos posterior al alzado de los muros, y el ancho de las columnas no es menor a 20 cm y su espesor igual al ancho del muro que confinan.

El articulo E.4.3.2 dice que se deben colocar columnas de amarre en los extremos de los muros estructurales seleccionados, en las intersecciones con otros muros estructurales y en lugares intermedios a distancias no mayores de 35 veces el espesor efectivo del muro, 1.5 veces la distancia vertical entre elementos horizontales de confinamiento ó 4 m.

El espesor de los muros es de 10 cm, por ende:

$$3.5 * 0,1m = 3,5 m < 4 m$$

Quiere decir que las columnas de confinamiento no deben estar a mas de 3,5 m de separacion entre ellas, encontrando que la separación maxima entre columnas es de 4 m, por lo anterior se califica como:

VULNERABILIDAD MEDIA

3.3. VIGAS DE AMARRE O DE CORONA

La vivienda cuenta con vigas de amarre en el nivel inmediatamente inferior a la losa y en los dinteles donde se ubican puertas y ventanas, de acuerdo a esto se califica como:

VULNERABILIDAD BAJA

3.4. CARACTERISTICAS DE LAS ABERTURAS

Según el analisis del que relata el articulo E.3.4 de la NSR-10, tenemos :

<i>Longitud muro</i>	<i>Área del muro</i>	<i>Longitud aberturas</i>	<i>Porcentaje Longitud de aberturas</i>	<i>Longitud aberturas menor al 50%</i>	<i>Área de las aberturas</i>	<i>Porcentaje de aberturas</i>	<i>Abertura menor al 35%</i>
MUROS EN X							
8,04	19,30	0	0%	CUMPLE	0	0%	CUMPLE
3,60	8,64	0	0%	CUMPLE	0	0%	CUMPLE
2,57	6,17	0	0%	CUMPLE	0	0%	CUMPLE
2,60	6,24	0,9	35%	CUMPLE	1,8	29%	CUMPLE
2,57	6,17	0	0%	CUMPLE	0	0%	CUMPLE
3,08	7,39	0,9	29%	CUMPLE	1,8	24%	CUMPLE
3,04	7,30	1,2	39%	CUMPLE	1,44	20%	CUMPLE
5,00	12,00	3,25	65%	NO CUMPLE	4,62	39%	NO CUMPLE
MUROS EN Y							
10,76	25,82	0,00	0%	CUMPLE	0	0%	CUMPLE
3,09	7,42	0,90	29%	CUMPLE	1,8	24%	CUMPLE
3,16	7,58	1,00	32%	CUMPLE	1	13%	CUMPLE
1,2	2,88	0,90	75%	NO CUMPLE	1,8	63%	NO CUMPLE
3,15	7,56	0,00	0%	CUMPLE	0	0%	CUMPLE
9,61	23,06	0,00	0%	CUMPLE	0	0%	CUMPLE

Como en ambas direcciones tenemos al menos uno de los muros que no cumple, se clasifica como:

VULNERABILIDAD MEDIA

3.5. ENTREPISO

El entrepiso es una losa continua aligerada con bloques de arcilla y red de vigas y nervios que se apoyan perfectamente en los muros, creando una placa monolitica, donde no se observan fisuras ni malos procesos constructivos, se da clasificacion:

VULNERABILIDAD BAJA

3.6. AMARRE DE CUBIERTAS

La losa de entrepiso funciona como cubierta en esta vivienda, se le da una calificación de vulnerabilidad baja.

VULNERABILIDAD BAJA

4. CIMENTACIÓN

En conversaciones con el entrevistado o jefe del hogar, nos cuenta que la cimentación es una serie de vigas corridas de aproximadamente 30x30 con 4 barras de acero de ½" y estribos de 3/8". Lo cual cumple con la Tabla E.2.2-1 de la NSR-10 que dice que:

Tabla E.2.2-1
Valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentaciones

	Sistema Estructural	Un piso	Dos Pisos	Resistencia Mínima, MP _a		
Anchura	Mampostería	250 mm	300 mm	f _y	f _c	
	Bahareque	200 mm	250 mm			
Altura	Mampostería	200 mm	300 mm			
	Bahareque	150 mm	200 mm			
Acero Longitudinal Estribos		4 No. 3 (6 10M) No. 2 a 200 mm	4 No. 4 (6 12M) No. 2 a 200 mm	420	17	
				240		
Acero para anclaje de muros	Mampostería	No. 3	No. 3	412		
	Bahareque	No. 3	No. 4			

Por lo tanto, se clasifica como:

VULNERABILIDAD BAJA

5. SUELOS

No se observan asentamientos diferenciales o hundimientos excesivos en la vivienda ni en las casas aledañas, por ello se clasifica como:

VULNERABILIDAD BAJA

6. ENTORNO

La topografía del terreno donde esta construida la vivienda es plana al igual que las viviendas aledañas, por ello se clasifica como:

VULNERABILIDAD BAJA

Teniendo todas las calificaciones de las viviendas, se les otorga una calificación de la siguiente manera, para poder sacar las calificaciones ponderadas y por ende la calificación final:

VIVIENDA 10					
		CALIFICACION VULNERABILIDAD	PROMEDIO	PESO	CALIFICACION
ASPECTOS GEOMETRICOS	Irregularidad en planta	3	3	20%	0,6
	Cantidad de muros en las dos direcciones	5			
	Irregularidad en altura	5			
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	Calidad de las juntas de pega en mortero	5	5	20%	1
	Tipo y disposicion de las unidades de mamposteria	5			
	Calidad de las juntas de los materiales	5			
ASPECTOS ESTRUCTURALES	Muros confinados y reforzados	5	5	30%	1,5
	Detalles de columnas y vigas de confinamiento	5			
	Vigas de amarre o corona	5			
	Caracteristicas de las aberturas	3			
	Entrepiso	5			
	Amarre de cubiertas	5			
CIMENTACION		5	5	10%	0,5
SUELOS		5	5	10%	0,5
ENTORNO		5	5	10%	0,5
CALIFICACION GLOBAL DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LA			4,600		
VULNERABILIDAD SISMICA			BAJA		