



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE DESEMPEÑO DE  
SEGURIDAD HUMANA PARA UNA VIVIENDA DE TRES NIVELES UTILIZANDO  
UN ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA**

**Natalia Andrea Acevedo Olarte  
Santiago Arboleda Hernández**

**Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Escuela ambiental de posgrados  
Especialización análisis y diseño de estructuras  
Medellín, Colombia  
2019**



Estudio de mejoramiento del nivel de desempeño de seguridad humana para una vivienda de tres niveles utilizando un análisis de vulnerabilidad de la estructura

**Natalia Andrea Acevedo Olarte**

**Santiago Arboleda Hernández**

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de Especialista en  
Análisis y diseño de estructuras

Asesor:

Carlos Alberto Riveros Jerez

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA AMBIENTAL DE POSGRADOS**  
**ESPECIALIZACIÓN ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS**  
**MEDELLÍN**  
**2019**

## CONTENIDO

	PÁG.
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVO GENERAL	3
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 GENERALIDADES	5
2.2 ESTUDIOS DE EXPOSICIÓN SÍMICA DE EDIFICACIONES EN MEDELLÍN	6
2.3 PLAN DE ACCIÓN DEL ÁREA METROPOLITANA FRENTE A LOS RESULTADOS DE LAS RECIENTES INVESTIGACIONES	7
3. METODOLOGÍA	9
3.1 NORMAS	9
3.2 SOFTWARE UTILIZADO	9
3.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y REFORZAMIENTO DEL MANUAL BUILD CHANGE	10
3.4 SISTEMA ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA Y MAMPOSTERÍA REFORZADA EXTERNAMENTE.	12
3.5 LEVANTAMIENTO GEOMÉTRICO Y FOTOGRÁFICO DE LA VIVIENDA	14
3.5.1 Localización	14

3.5.2 Descripción General De La Vivienda	16
3.5.3 Diseño arquitectónico de la vivienda en su estado actual	21
3.6 ANÁLISIS DIAGNÓSTICO CUALITATIVO DE LA VIVIENDA EN SU ESTADO ACTUAL	23
3.7 ANÁLISIS DIAGNÓSTICO CUANTITATIVO SIGUIENDO LA METODOLOGÍA DEL MANUAL BUILD CHANGE	25
3.7.1 Lista de verificación para identificar deficiencias en la estructura analizada	26
3.8 EVALUACIÓN DE DEFICIENCIAS ENCONTRADAS	31
3.8.1 Resultado del análisis de deficiencias de la vivienda en estado actual	33
3.8.2 Cálculo Del Reforzamiento De Muros Según Las Deficiencias Específicas Detectadas	34
3.8.3 Técnicas de reforzamiento según Manual Build Change	34
3.8.4 Resultado de los reforzamientos realizados utilizando según la metodología Build Change	46
3.8.5 Lista de verificación para identificar deficiencias en la estructura reforzada	54
3.8.6 Evaluación de derivas máximas en modelo de elementos finitos	58
4. CONCLUSIONES	61
5. RECOMENDACIONES	66
6. BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXO 1 Fotos Análisis Diagnóstico Cualitativo De La Vivienda	72

ANEXO 2 Cálculos Del Listado De Verificación	76
ANEXO 3 Modelación De La Estructura	89

## LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Síntesis del procedimiento de reforzamiento del Manual Build Change (Tomado del manual Build Change 2015, pág. 11).....	11
Figura 2. Zona de localización de la vivienda, en el municipio de Medellín Barrio Castilla Comuna 5 - Castilla. Fuente: Plan de Desarrollo Local/Comuna 5 Alcaldía de Medellín .....	15
Figura 3. Fachada de la vivienda de estudio. Fuente: elaboración propia .....	16
Figura 4. Fotografías vivienda Nivel. Fuente: elaboración propia .....	17
Figura 5. Fotografías vivienda Nivel 2. Fuente: elaboración propia .....	18
Figura 6. Fotografías vivienda Nivel 3. Fuente: elaboración propia .....	19
Figura 7. Muros longitudinales laterales colindantes con las edificaciones vecinas. Fuente: elaboración propia.....	20
Figura 8. Terraza en el Nivel 3 de la vivienda. Fuente: elaboración propia .....	20
Figura 9. Modelación de Fachada. Fuente: elaboración propia .....	21
Figura 10. Vista lateral de la edificación. Fuente: elaboración propia .....	21
Figura 11. Vista isométrica de la edificación. Fuente: elaboración propia.....	22
Figura 12. Vista de la planta del nivel 1 2 y3 (de izquierda a derecha). Fuente: elaboración propia .....	22
Figura 13 Factor de ajuste para muros nuevos en mampostería $K_m$ Fuente Manual Build Change 2015 .....	36
Figura 14 Factor de ajuste para pañete nuevo $K_p$ Fuente Manual Build Change 2015.....	36

Figura 15 Factor de ajuste de recubrimiento de concreto reforzado nuevo $K_c$ Fuente Manual Build Change 2015 .....	37
Figura 16 Cálculo del porcentaje de área efectiva de muros después de reforzar. Fuente Manual Build Change 2015 .....	37
Figura 17 Cálculo del porcentaje de área requerida de muros para reforzar la vivienda. Fuente Manual Build Change 2015 .....	38
Figura 18 Cálculo del factor de resistencia del bloque. Fuente Manual Build Change 2015 .....	39
Figura 19 Cálculo del factor de calidad de obra. Fuente Manual Build Change 2015 .....	40
Figura 20 Ejemplos para seleccionar el factor de calidad de obra. Fuente Manual Build Change 2015 .....	40
Figura 21 Información de referencia para el factor de Piso. Fuente Manual Build Change 2015.....	41
Figura 22 Selección del factor de Peso Sísmico. Fuente Manual Build Change 2015 .....	42
Figura 23 Selección del factor de Reducción Sísmica según el sistema estructural. Fuente Manual Build Change 2015 .....	43
Figura 24 $S_a$ para el cálculo de $PAM_{req}$ . Fuente Elaboración propia .....	44
Figura 25 Cálculo del Porcentaje de Área Requerido ( $PAM_{req}$ ). Fuente Elaboración propia .....	45
Figura 26 Cálculo del Porcentaje de Área Efectiva ( $PAM_{Efectiva}$ ). Fuente Elaboración propia .....	46
Figura 27 Porcentaje de Área Efectiva ( $PAM_{Efectiva}$ ) Nivel 1. Fuente Elaboración propia .....	48

Figura 28 Porcentaje de Área Efectiva ( <i>PAM Efectiva</i> ) Nivel 2. Fuente Elaboración propia .....	49
Figura 29 Porcentaje de Área Efectiva ( <i>PAM Efectiva</i> ) Nivel 3. Fuente Elaboración propia .....	50
Figura 30 Representación gráfica de reforzamiento de muros en Nivel 1 (dimensiones en m). Fuente Elaboración propia.....	51
Figura 31 Representación gráfica de reforzamiento de muros en Nivel 2 (dimensiones en m). Fuente Elaboración propia.....	52
Figura 32 Representación gráfica de reforzamiento de muros en Nivel 3 (dimensiones en m). Fuente Elaboración propia.....	53
Figura 33 Resultado de análisis de derivas en condiciones actuales de la vivienda. Fuente Elaboración propia .....	59
Figura 34 Resultado de análisis de derivas aplicando el reforzamiento recomendado. Fuente Elaboración propia .....	60
Figura 35 Recomendaciones para el reforzamiento con concreto reforzado (Descripción y Materiales). Fuente Manual AIS de reforzamiento de viviendas en mampostería .....	66
Figura 36 Recomendaciones para el reforzamiento con concreto reforzado (Equipo y Ejecución). Fuente Manual AIS de reforzamiento de viviendas en mampostería.....	67
Figura 37 Recomendaciones para el reforzamiento con concreto reforzado (Control de Calidad y Limitaciones). Fuente Manual AIS de reforzamiento de viviendas en mampostería.....	68
Figura 38 Recomendaciones para el reforzamiento de cimentaciones. Fuente Manual AIS de reforzamiento de viviendas en mampostería.....	69

## LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1 Lista de verificación de deficiencias numerales 1 y 2 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia.....	26
Tabla 2 Lista de verificación de deficiencias el numeral 3.1 y 3.2 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia.....	27
Tabla 3 Lista de verificación de deficiencias numerales 3.3 al 3.9 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia.....	28
Tabla 4 Lista de verificación de deficiencias numerales 4 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia.....	29
Tabla 5 Lista de verificación de deficiencias numerales 5 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia.....	29
Tabla 6 Lista de verificación de deficiencias numeral 6 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia.....	30
Tabla 7 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numerales 1 y 2 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia .....	54
Tabla 8 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numeral 3.1 y 3.2 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia .....	55
Tabla 9 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numerales 3.3 al 3.9 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia .....	56
Tabla 10 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numerales 4 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia.....	57
Tabla 11 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numerales 5 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia.....	57

Tabla 12 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numeral 6 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia.....	58
Tabla 12 Tabla derivas máximas según NSR-10. Fuente Norma NSR-10.....	59

## RESUMEN

En este trabajo se estudia la metodología que presenta en Manual de Evaluación y Reforzamiento Sísmico para Reducción de Vulnerabilidad en Viviendas Build Change, con aplicación en un caso de estudio.

Se trata de una vivienda de tres niveles construida en mampostería no reforzada, y localizada en un barrio popular de la ciudad de Medellín, a la que se le han aplicado las técnicas de reforzamiento recomendadas por el Manual Build Change, con lo cual se busca disminuir el riesgo sísmico al que está expuesta la estructura, llevándola a un estado de desempeño sísmico de seguridad humana.

Los resultados muestran que en la vivienda de implementarse un sistema de cimentación superficial tipo viga corrida, y que se deben alargar los muros de la fachada del primer nivel, disminuyendo algunos vanos de ventanas. Adicionalmente, sus muros deben ser reforzados con una capa de concreto de 60mm de espesor en una o en las dos caras. Para el reforzamiento se utilizó malla electrosoldada con concreto y/o mortero estructural. Para el control de derivas deben añadirse columnas al sistema estructural, sin realizar una reconversión total de tipología estructural.

Se concluye que con la aplicación de las técnicas de reforzamiento presentadas por el Manual Build Change, se presenta una mejora en las condiciones estructurales de la vivienda para seguridad de la vida. Sin embargo, la vivienda sigue presentando vulnerabilidad en tres aspectos que no se pudieron corregir con el reforzamiento aplicado: está adosada a una estructura vecina con la cual no existe colindancia entre entresijos, se presenta un fenómeno de torsión asociado a la falta de muros en la dirección longitudinal, y no se alcanza el cumplimiento de derivas máximas según lo estipulado por la norma NSR-10.

Palabras clave: Evaluación sísmica, Rehabilitación Sísmica, Nivel de Desempeño de Seguridad Humana, Mampostería reforzada externamente.

## ABSTRACT

This paper studies the methodology presented in the Manual of Evaluation and Seismic Reinforcement for Vulnerability Reduction in housings Build Change, with application in a study case.

It is a three-level house built in non-reinforced masonry, and located in a popular neighborhood of the city of Medellín, to which the reinforcement techniques recommended by the Build Change Manual have been applied, which seeks to reduce the seismic risk to which the structure is exposed, leading to a state of seismic performance of human security.

The results, show that in the housing of implementing a system of superficial foundation type beam, and that the walls of the facade of the first level should be lengthened, decreasing some window spans. Additionally, its walls must be reinforced with a 60mm thick concrete layer on one or both sides. For the reinforcement, electro-welded mesh with concrete and / or structural mortar was used. For drift control, columns must be added to the structural system, without total conversion of structural typology.

It is concluded that with the application of reinforcement techniques presented by the Build Change Manual, there is an improvement in the structural conditions of housing for life safety. However, housing still presents vulnerability in three aspects that could not be corrected with the reinforcement applied: it is attached to a neighboring structure with which there is no border between mezzanines, there is a torsion phenomenon associated with the lack of walls in the longitudinal direction, and maximum drift compliance is not achieved as stipulated by NSR-10.

Keywords: Seismic evaluation, Seismic Rehabilitation, Human Security Performance Level,

Externally reinforced masonry

## **Introducción**

En los últimos años, se han desarrollado estudios de exposición sísmica para Medellín, en los cuales se ha evidenciado la vulnerabilidad de las construcciones en los barrios populares de la ciudad, en los que existen viviendas que no cumplen con la norma sismorresistente colombiana, y que no cuentan con condiciones mínimas de seguridad humana a la hora de presentarse un sismo de diseño.

El presente trabajo se trata de un ejercicio académico en el que se darán a conocer las recomendaciones de reforzamiento con las que se pueden mejorar las condiciones de seguridad y habitabilidad en una vivienda de mampostería no reforzada de tres niveles de altura, a la cual se le evaluará las deficiencias sísmicas, y se le aplicarán algunas técnicas de reforzamiento que lleven la estructura a un nivel de desempeño sísmico de seguridad humana.

La metodología utilizada para determinar la condición de seguridad de la vivienda se basa en lo estipulado por el Manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas Build Change.

Por tratarse de un ejercicio académico, se realiza una suposición de las propiedades de los materiales con los que se encuentra construida la vivienda, esto debido a que no se realizaron ensayos directamente en la edificación. No se realizaron apiques ni levantamiento de cimentaciones. Para realizar los análisis se supone que la edificación no cuenta con sistema de cimentación, sino que los cimientos son una proyección de los muros empotrados en el terreno alrededor de 40cm; por lo cual, los análisis se limitarán a la verificación de la estructura.

## 1.1 Planteamiento Del Problema

En el municipio de Medellín, en la actualidad, muchas de las viviendas en los barrios populares están construidas sin seguimiento de ninguna norma técnica que permita el cumplimiento de requisitos básicos de seguridad estructural y habitabilidad (Quintana, 2015).

“Estas edificaciones son completadas a través de sucesivas etapas a lo largo de varios años, por parte de constructores no formales y mano de obra poco calificada, sin asistencia técnica y con escasos recursos económicos, técnicos y profesionales” (Quintana, 2015).

De los estudios que se han venido desarrollando recientemente en la ciudad, en el marco del plan metropolitano de gestión del riesgo sísmico (Resolución Metropolitana No. 00-002892 S.A, 2017), se ha encontrado que un 53% del total del área construida en Medellín presenta viviendas con muros de mampostería no reforzada como tipología estructural más común (González, 2017).

Estas viviendas están generalmente ubicadas en estratos socioeconómicos bajos, por lo cual una reconversión del sistema estructural, en el caso de viviendas de más de dos niveles, es económicamente inviable en la mayoría de las situaciones.

En miras de encontrar una posible forma de mitigar el riesgo sísmico al que están sometidas este tipo de construcciones, se ha planteado la realización de una evaluación de deficiencias sísmicas de una vivienda y la aplicación de algunas técnicas de reforzamiento que lleven la estructura a un nivel de desempeño sísmico de seguridad humana (Build Change, 2015).

Enfocados en esto, se ha decidido estudiar la metodología que presenta en Manual de Evaluación y Reforzamiento Sísmico para Reducción de Vulnerabilidad en Viviendas Build Change, que fue preparado por el Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, a través del convenio de cooperación con Swisscontact Colombia, y que hace parte del material que se enseña en los cursos de vulnerabilidad de viviendas que brinda esta institución (Swisscontact Hilti the

foundation y Construya, 2017). Este documento y su aplicación se encuentra aprobado por la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes mediante el Acta 124 publicada el día 4 de marzo de 2015 (Build Change, 2015).

El interés de esta investigación es conocer como es la metodología de evaluación del Manual descrito, y aplicarla a un caso de estudio, con la finalidad de disminuir el riesgo sísmico al que está expuesta la estructura llevándola a un estado de desempeño sísmico de seguridad humana.

## **1.2 Objetivo General**

Evaluación de las deficiencias sísmicas de una vivienda de tres niveles construida en mampostería no reforzada, localizada en el municipio de Medellín, y aplicación de algunas técnicas de reforzamiento que lleven la estructura a un nivel de desempeño sísmico de seguridad humana.

## **1.3 Objetivos Específicos**

- ✓ Efectuar un levantamiento de información de una vivienda de tres niveles construida en mampostería no reforzada, ubicada en la comuna 5 del municipio de Medellín.
- ✓ Verificar el nivel de desempeño de seguridad humana de la vivienda, a partir de una metodología de análisis cualitativa y cuantitativa, siguiendo lo indicado por la metodología del Manual Build Change.
- ✓ Identificar las modificaciones estructurales para mejorar el nivel de desempeño de seguridad humana de la vivienda.

- ✓ Aplicar a la estructura el reforzamiento recomendado por los análisis previos y realizar una modelación en el software Robot Structural Analysis Professional Versión del estudiante para realizar el chequeo de derivas de piso.
  
- ✓ Concluir acerca de las mejoras de condición estructural de la vivienda, y brindar las recomendaciones de reforzamiento.

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Generalidades

La NSR-10 en su Prefacio indica que “Colombia está localizada dentro de una de las zonas sísmicamente mas activa de la tierra”, y define la ubicación de la ciudad de Medellín en la zona de amenaza sísmica intermedia, lo que conlleva a un grado de exposición sísmica importante para las construcciones de la ciudad.

Medellín cuenta con una población equivalente al 40% del total de la población del departamento de Antioquia, siendo la segunda ciudad más poblada de Colombia, después de Bogotá su capital (Zora y Acevedo, 2019).

Los barrios populares en el municipio de Medellín se han ido formando de acuerdo con las posibilidades económicas de sus habitantes, y muchas de las viviendas que se han construido en la ciudad no cumplen con las condiciones mínimas de seguridad dispuestas en el reglamento sismorresistente, pues la construcción se desarrolla sin poseer los conocimientos técnicos necesarios y bajo la utilización de métodos de construcción aprendidos por tradición (Páez-M, 2006).

Las viviendas en estos sectores se construyeron antes de la entrada en vigencia del Decreto 1400 del 7 de junio de 1984 (Zora y Acevedo, 2019), y han ido creciendo en altura con el pasar de los años, de manera informal (Quintana, 2015), con desconocimiento pleno de las necesidades estructurales que se deben cumplir dadas las condiciones sísmicas a las que están expuestas.

El pasado 04 de Julio de 2019, se presentó el desplome de una vivienda de tres pisos en el barrio Santander en el noroccidente del municipio (Camargo, 2019). En este hecho fallecieron tres personas (Medellín, 2019). Esta vivienda estaba conformada por tres pisos y un sótano y era una edificación antigua (Medellín, 2019). Según las investigaciones realizadas por los medios de comunicación, se informó por parte del Dagred que se trataba de una vivienda que no tenía permiso de construcción y que fue construida hace más de 40 años, con deficiencias constructivas, pues no cumplía con los reglamentos sismorresistentes colombianos (Caracol Radio Medellín, 2019).

Esto es un ejemplo de lo que está sucediendo con las construcciones en la ciudad, viviendas que se edificaron antes de los años 80's y sobre las cuales se han levantado otras construcciones, que combinan diferentes sistemas estructurales y que no cumplen requisitos mínimos de seguridad.

## **2.2 Estudios de exposición sísmica de edificaciones en Medellín**

Para el municipio de Medellín, se han realizado varios estudios de modelos de exposición sísmica, en los que se han definido una serie de sistemas estructurales de uso común en las edificaciones de la ciudad.

González, 2019, resume dos estudios en los que se ha recopilado información de datos información del DANE y de la Alcaldía de Medellín (Salgado et al, 2014), así como información de encuestas realizadas en varias zonas de la ciudad con el fin de determinar los tipos de construcciones existentes (Acevedo et al, 2016). Los estudios son los siguientes: Fully probabilistic seismic risk assessment considering local site effects for the portfolio of buildings in Medellín, Colombia, publicado en el Bulletin of earthquake engineering en el año 2014, y Evaluation of the seismic risk of the unreinforced masonry building stock in Antioquia, Colombia, publicado en la revista Natural Hazards en el año 2016.

De estas investigaciones se ha encontrado “un vínculo importante entre el estrato socioeconómico, el número de pisos y la tipología estructural de las construcciones. Uno de los ejemplos que proporcionan es que algunos tipos de edificación, como las “sin-ingeniería” y las de mampostería no reforzada, existen principalmente en las zonas de menor capacidad económica de la ciudad, mientras que los pórticos de concreto reforzado, pórticos de acero y sistemas duales (pórticos y muros de concreto reforzado), son comunes en las áreas de ingresos medios a altos.” (González, 2017).

La investigación de González, 2017, informa que la ciudad cuenta con un área construida expuesta de 74.5km<sup>2</sup>, y que la tipología de construcción más común, luego de realizar una encuesta de 11.381 edificaciones, es mampostería no reforzada con un 53% del total del área construida en la ciudad, seguida por un 14% de construcciones con pórticos dúctiles y un 9% de construcciones

con sistemas duales. La mampostería no reforzada, es un sistema de construcción no avalado por la NSR-10 para zonas de amenaza sísmica intermedia (González 2017).

Estas investigaciones han abierto las puertas a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica a la que están expuestas las construcciones de la ciudad de Medellín, y han puesto en evidencia la necesidad de ejecutar un plan preventivo de mejora de las condiciones de las construcciones en general en el área metropolitana del municipio.

### **2.3 Plan de acción del Área Metropolitana frente a los resultados de las recientes investigaciones**

El área Metropolitana, mediante la Resolución Metropolitana No. 00-002892 S.A, 2017, ha iniciado las investigaciones de “Conocimiento y Reducción del Riesgo” para los municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Itagüí, Envigado, Caldas, Sabaneta y La Estrella, reconociendo el sistema de Mampostería no reforzado como uno de los sistemas estructurales más vulnerables en el País, e indicando que desafortunadamente más del 60% de las viviendas de las principales ciudades colombianas son de mampostería no reforzada. (Acevedo, et al 2016).

La Resolución Metropolitana también indica “la importancia de encontrar estrategias de reforzamiento que permitan aumentar la capacidad sísmica de las viviendas, y efectivamente disminuir su vulnerabilidad y por lo tanto el riesgo”, y señala, entre otras estrategias de reforzamiento, que “la organización Build Change, en su Manual de Evaluación y Reforzamiento Sísmico para Reducción de Vulnerabilidad en Viviendas, propone estrategias que recientemente fueron aprobadas por la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes y que buscan aumentar la capacidad sísmica de las viviendas de mampostería no reforzada de modo que alcancen un desempeño que permita salvaguardar las vidas. La Aprobación de este manual implica que el estado reconoce la necesidad de aumentar la capacidad sísmica de viviendas vulnerables, de modo que, aún sin cumplir con los requisitos exigidos para una vivienda nueva, se disminuya la probabilidad de pérdidas humanas y económicas en el caso de un sismo. Sin embargo, debido a que aún no se han realizado ensayos experimentales en especímenes con

características de la mampostería estructural colombiana, no es posible cuantificar la disminución de vulnerabilidad al aplicar los reforzamientos propuestos”.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 NORMAS

Se ha utilizado el Manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas Build Change 2015<sup>1</sup>, así como la norma NSR 10<sup>2</sup> en sus títulos A, B, C, D y E.

#### 3.2 SOFTWARE UTILIZADO

Para la verificación de la estructura se han utilizado los siguientes softwares:

- ✓ Robot Structural Analysis Professional 2020 Versión del estudiante, como herramienta de modelación estructural.
- ✓ Revit 2019 Versión del estudiante, como herramienta para dibujo.
- ✓ Microsoft Excel como herramienta de cálculos manuales.
- ✓ Microsoft Word como herramienta para escritura y edición del informe.

---

<sup>1</sup> BUILD CHANGE, SWISSCONTACT, SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA), Manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas. Bogotá D.C.,2015.

<sup>2</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Ley 400 (1997), Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Bogotá D.C.,1997.

### 3.3 Metodología De Evaluación Y Reforzamiento Del Manual Build Change

Este manual está basado en los criterios del ASCE 31 “Seismic Evaluation of Existing Buildings” Sección A.10.4.4, y ASCE 41 “Seismic Rehabilitation of Existing Building” Sección A.10.9.4, como método alternativo aceptable para los criterios de evaluación sísmica, y como método alternativo para rehabilitación sísmica de edificaciones existentes, respectivamente (Build Change, 2015).

Del mismo modo, el Manual de Build Change 2015 indica que “aporta un método específicamente dirigido a casos de vivienda” “en conformidad con el Reglamento NSR-10 en sus secciones A.10.2 que se refiere a los estudios e investigaciones para edificaciones existentes, A.10.4 que se refiere a los criterios de evaluación de la estructura existente, y A.10.9 que se refiere a la rehabilitación sísmica”, estableciendo de esta manera que sus criterios y metodologías son compatibles a los establecidos en la NSR-10.

Como terminología clave, el Manual define los siguientes términos para el análisis diagnóstico de la edificación:

- Evaluación sísmica: “método aprobado para evaluar las deficiencias de una edificación, que le impiden alcanzar un nivel de desempeño deseado” (Build Change, 2015).
- Rehabilitación Sísmica: “reforzamiento del desempeño sísmico de elementos estructurales y/o no estructurales de una edificación mediante la corrección de las deficiencias identificadas durante una evaluación sísmica” (Build Change, 2015).
- Nivel de Desempeño de Seguridad Humana: “Desempeño de la edificación que incluye daños a los componentes estructurales durante el sismo considerado en el diseño, de tal manera que: (a) Queda al menos algún margen antes de un colapso estructural parcial o total, y (b) Se pueden producir lesiones, pero el riesgo general de lesiones fatales resultantes del daño estructural se espera que sea bajo” (Build Change, 2015).

- Nivel De Desempeño No-Estructural De Riesgos Reducidos (N-D): “se definirá como un estado de daños, post-terremoto en el que los componentes no estructurales pueden estar dañados y potencialmente en riesgo de caerse, pero los componentes no estructurales de alto riesgo están asegurados de manera que no puedan caer sobre áreas de reunión. El aseguramiento de las salidas, la protección de sistemas contra incendios, y situaciones similares de seguridad humana no están consideradas en este nivel de desempeño no estructural” (Build Change, 2015).

El procedimiento de evaluación y reforzamiento se aplica siguiendo el siguiente diagrama de flujo:

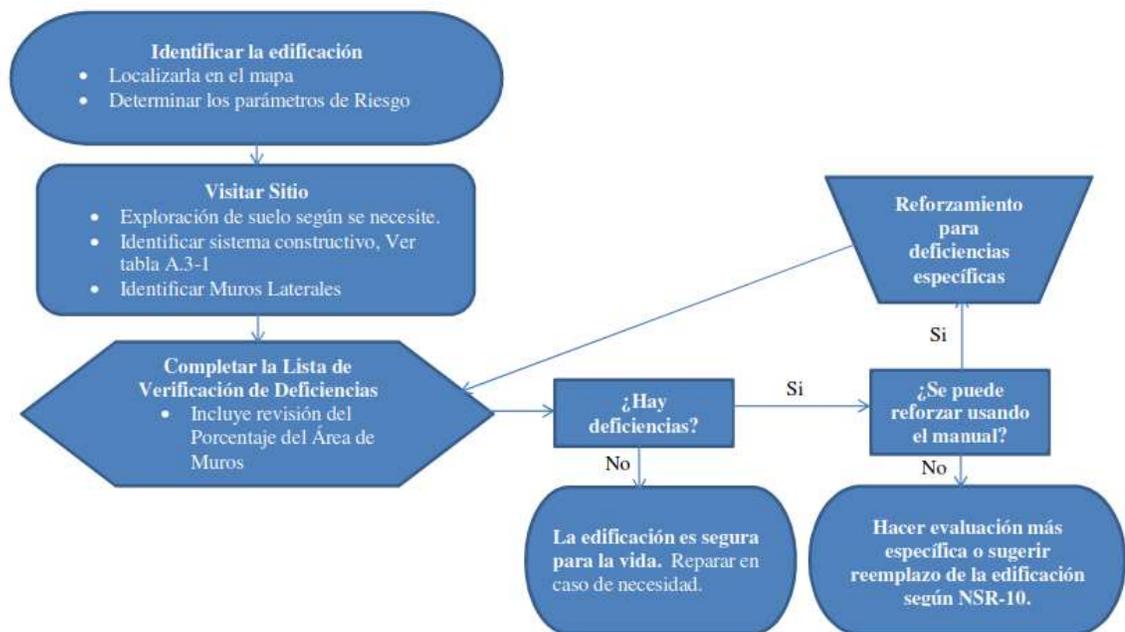


Figura 1. Síntesis del procedimiento de reforzamiento del Manual Build Change (Tomado del manual Build Change 2015, pág. 11)

El Manual Build Change “utiliza las fuerzas sísmicas (nivel de riesgo) correspondientes a los Movimientos Sísmicos de Diseño definidos en la Sección A.2.2 del Reglamento NSR-10 para una probabilidad del diez por ciento de ser excedidos en un lapso de cincuenta años. Sin embargo,

es importante aclarar que el factor de movimientos sísmicos de diseño con seguridad limitada para reforzamientos definido en la tabla A.10.3-2 del NSR-10 es equivalente aproximadamente a 0.87 de  $A_a$  para Bogotá ( $A_e=0.13$ ,  $A_a=0.15$ ), valor inferior al propuesto en el presente manual que es de 1.00 para reforzamientos haciendo este método conservador respecto a lo permitido con el espectro de seguridad limitada para casos específicos” (Build Change 2015).

### **3.4 Sistema Estructural De Mampostería No Reforzada y mampostería reforzada externamente.**

A continuación, se citan algunas definiciones de la norma NSR-10 acerca de la mampostería no reforzada, la mampostería reforzada externamente, y su uso como sistema estructural:

La norma NSR-10 define la mampostería no reforzada como “la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero que no cumple las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada. Debe cumplir con los requisitos del capítulo D.9. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (*DMI*)” (Ley 400, 1997). Del mismo modo indica, que la mampostería no reforzada, “solo puede utilizarse como sistema de resistencia sísmica en aquellas regiones de las zonas de amenaza sísmica baja donde el valor de  $A_s$  sea menor o igual a 0.05” (Ley 400, 1997).

La mampostería reforzada externamente, es aquella donde “el refuerzo consiste en mallas electrosoldadas que se colocan con concreto o revoque en ambas caras laterales de los muros fijándolas a ellos mediante conectores y/o clavos de acero con las especificaciones y procedimientos descritos” en el capítulo D.12 (Ley 400, 1997). Este tipo de mampostería puede ser usada “para efectos de diseño sismo resistentes como uno de los sistemas estructurales de resistencia sísmica con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (*DMI*)” (Ley 400, 1997).

Estas definiciones de la norma NSR -10 inhabilitan la mampostería no reforzada y la mampostería reforzada externamente como sistema de resistencia sísmica para estructuras localizadas en zonas de riesgo sísmico intermedio, y en estructuras con capacidad moderada de disipación de energía (*DMO*).

Pese a lo anterior, Quintana (2015) realiza una revisión de las aplicaciones de refuerzo de estructuras usando revoque con malla electrosoldada sobre muros de mampostería no reforzada para mejorar la vulnerabilidad sísmica de ese sistema estructural, encontrando que en países como Perú e Italia se ha utilizado este tipo de sistema de reforzamiento con buenos resultados ya que “la malla electrosoldada aporta el componente de ductilidad, mientras la adhesión y el anclaje al muro evitan el pandeo” de la pared.

Del mismo modo, Quintana (2015) relaciona un “estudio del grupo de estructuras del departamento de ingeniería civil de la universidad Javeriana de Bogotá (Ruiz, Varón, Forero, Serrano, Molano & Aycardi, 2002)”, cuyas investigaciones con muretes y bloques de arcilla reforzados con revoque con malla electrosoldada, obtuvieron resultados positivos para este tipo de reforzamiento a través de pruebas experimentales:

“el incremento de la resistencia al esfuerzo cortante del muro reforzado por una cara es de 0.42 MPa; el doble de la resistencia máxima del muro sin refuerzo alguno es de 0.21 MPa, en tanto en el reforzado por ambas caras es de 0.52 Mpa (esto es, 2.5 veces la del carente de refuerzo). Igualmente, se incrementa la ductilidad al desplazamiento que al pasar de 1.5 para el muro sin refuerzo a 4.2 para el reforzado por ambas caras, conlleva a un mejor comportamiento. La evidencia experimental sugiere también que el muro de mampostería sin refuerzo presenta daños severos con una deriva de cerca del 0.5 % de la altura del entrepiso, mientras los muros reforzados por una y dos caras ofrecen, respectivamente, incrementos en su deriva última hasta valores de 1.5 % y 2.5 % de la altura de piso” (Quintana, 2015).

De los resultados de estudios como los citados, que se han desarrollado en varios países de Latinoamérica y Europa, se cuenta con evidencias experimentales que avalan el reforzamiento por medio de malla electrosoldadas adherido a las mamposterías no reforzadas, permitiendo mejorar el comportamiento frágil de los muros y disipar energía sísmica, reduciendo los peligros de la falla frágil, el desprendimiento del bloque de mampostería y caída de muros. (Forero, G. 2015). Así

mismo, las mallas se instalan de manera fácil, ya que pueden colocarse de manera continua, adaptarse en las esquinas y en las superficies y es un método económico respecto a otros métodos de reforzamiento estructural (Forero, G. 2015).

El Manual Build Change dentro de sus recomendaciones de reforzamiento, utiliza el incremento de espesor del muro con la colocación de 60mm de concreto reforzado en una o en las dos caras del muro. De esta manera, se incrementa la sección del muro y se provee de ductilidad.

### **3.5 Levantamiento Geométrico Y Fotográfico De La Vivienda**

#### **3.5.1 Localización**

La vivienda se encuentra localizada en el municipio de Medellín, en el sector noroccidental, en el barrio Castilla. Se trata de la Comuna 5 – Castilla, de la ciudad de Medellín que “limita por el norte con el municipio de Bello; por el oriente con el río Medellín, por el sur con la comuna No. 7 Robledo, y al occidente con las comunas 6 Doce de Octubre y 7 Robledo” (Alcaldía de Medellín, 2015). Se tiene acceso a ella, a través de “la avenida regional (carrera 63), la autopista norte (carrera 64) y la carrera 65” (Alcaldía de Medellín, 2015).

“La Comuna 5 - Castilla fue fundada por trabajadores de grandes empresas de Medellín en los años cincuenta, y su distribución urbana se caracteriza por ser una formación espontánea, no planificada” que se insinuaba desde “los años treinta con los trabajadores del matadero o de las fábricas de Coltejer, Everfit y Fabricato”. “Entre 1957 y 1958 la construcción del matadero, el coliseo de ferias y la Autopista Norte, contribuyeron al poblamiento de la zona. En los años sesenta se consolidaron algunos barrios con la instalación de plantas industriales, la construcción del Hospital La María y la carrera al Volador (hoy la 65), que habilitaron estos terrenos para vivienda.” (Alcaldía de Medellín, 2015).

“Acorde con la Encuesta de Calidad de Vida ECV de 2013, la Comuna 5 – Castilla tiene una población de 148.490 habitantes, la cual representa el 6.14% de la población total del municipio de Medellín” (Alcaldía de Medellín, 2015).

**Ilustración 1:** División política y límites de la comuna

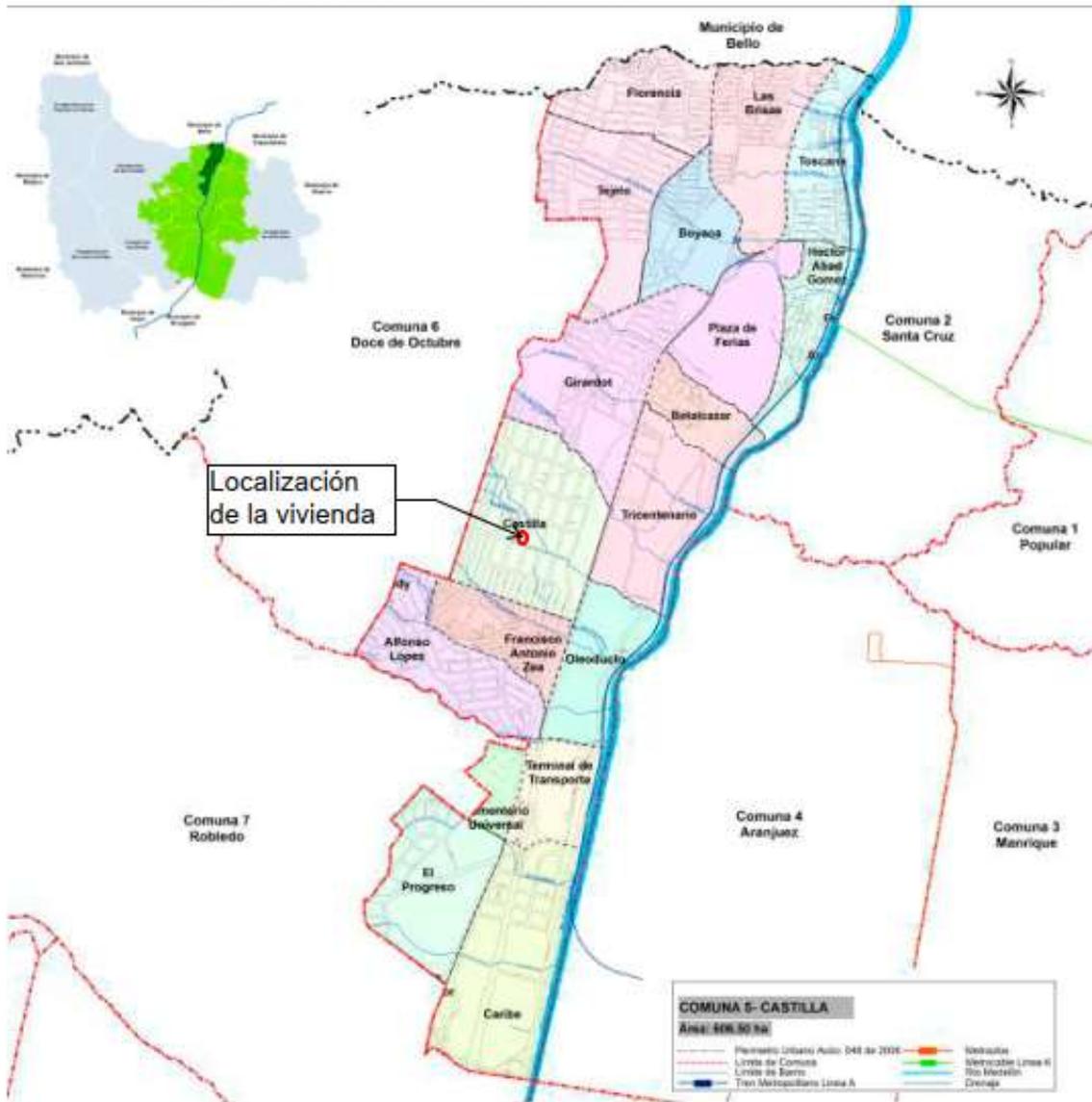


Figura 2. Zona de localización de la vivienda, en el municipio de Medellín Barrio Castilla Comuna 5 - Castilla. Fuente: Plan de Desarrollo Local/Comuna 5 Alcaldía de Medellín

### 3.5.2 Descripción General De La Vivienda

Se trata de una vivienda de 3 niveles, construida sin respetar la normatividad aplicable en Colombia (NSR 10).

El año de construcción de la vivienda del primer nivel se desconoce por los propietarios quienes presumen que puede tratarse de una construcción de los años 70's. El segundo nivel se construyó entre los años 1995 y 2002, y el tercer nivel se construyó entre los años 2008 y 2014.

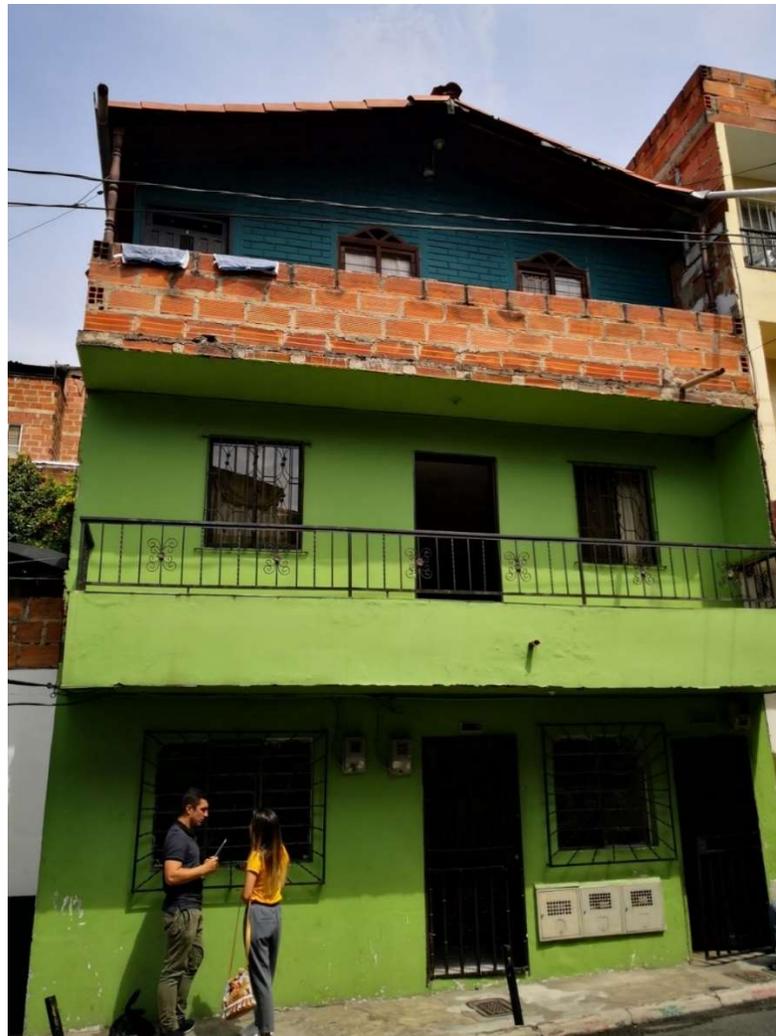


Figura 3. Fachada de la vivienda de estudio. Fuente: elaboración propia

La vivienda cuenta con tres niveles con diferentes características estructurales:

- a. **Nivel 1:** Estructura en mampostería no reforzada en ladrillo macizo tipo tolete de 150mm de espesor. Tiene una losa de cubierta en concreto reforzado de 300mm de espesor. El ancho de la vivienda en su fachada es aproximadamente de 6.30m y tiene una longitud aproximada de 10m. Sus paredes tienen una altura de 2.25m.

La vivienda cuenta con dos alcobas, una sala, un comedor, cocina, baño, patio y escaleras en concreto, con un área aproximada de 53m<sup>2</sup>.

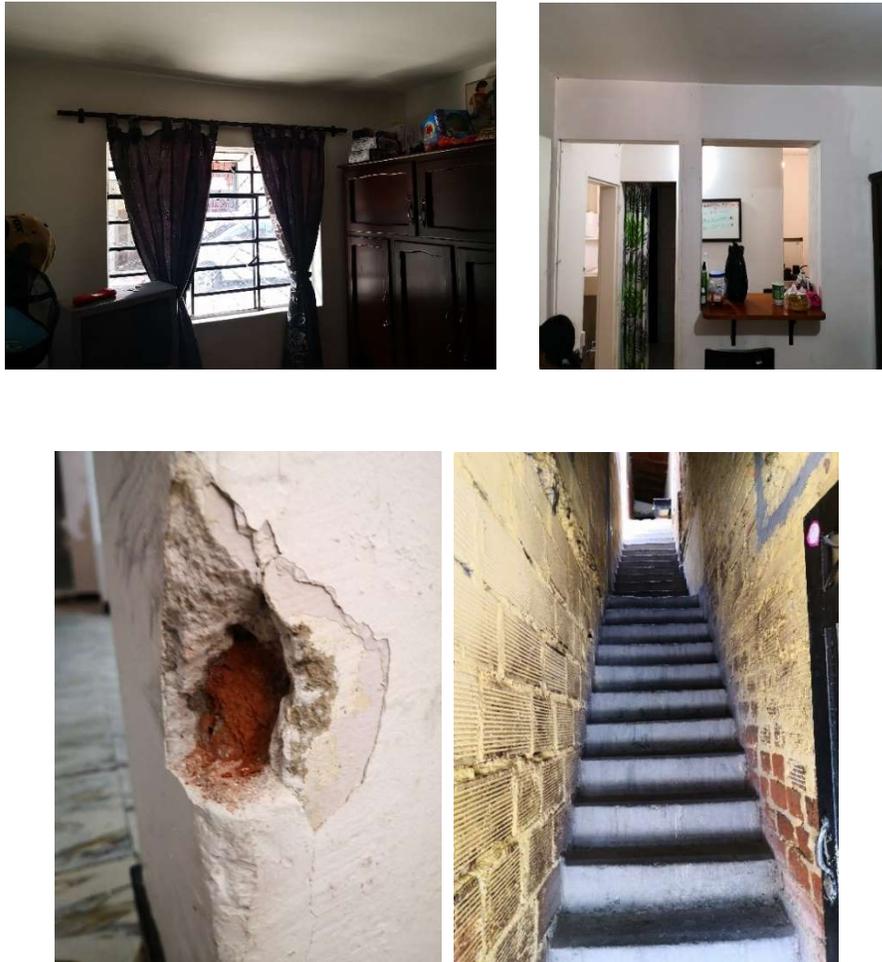


Figura 4. Fotografías vivienda Nivel. Fuente: elaboración propia

- b. **Nivel 2:** Estructura en mampostería no reforzada en ladrillo de arcilla, de 6 perforaciones horizontales, con 150mm de espesor. Tiene una losa de cubierta en concreto reforzado de 100mm de espesor. El ancho de la vivienda en su fachada es aproximadamente de 6.30m y tiene una longitud aproximada de 11.75m. Sus paredes tienen una altura de 2.40m.

La vivienda cuenta con tres alcobas, una sala, un comedor, cocina, baño, patio, balcón y escaleras en concreto, y tiene un área aproximada de 60m<sup>2</sup>.



Figura 5. Fotografías vivienda Nivel 2. Fuente: elaboración propia

- c. **Nivel 3:** El nivel 3 presenta dos sistemas estructurales diferentes. El primer sector de la vivienda corresponde a una edificación de 6.00mx6.00m construida en placas prefabricadas con espesor de pared de 70mm y altura promedio de 2.75m, con cubierta a dos aguas en machimbre y teja de barro. Está localizada hacia la fachada, y es aproximadamente el 50% de la vivienda del tercer nivel.

El otro segmento de la vivienda está localizado en la parte posterior del nivel 3; está construido en mampostería no reforzada con ladrillo de arcilla, de 3 perforaciones horizontales, con 100mm de espesor, y que soportan una extensión de la cubierta a dos aguas machimbre y teja de barro, a manera de continuación de la vivienda prefabricada descrita en el párrafo anterior.

La vivienda cuenta con tres alcobas, cocina, y balcón en sistema estructural prefabricado, y una habitación, un patio, un baño en mampostería no reforzada. Cuenta con un área total aproximada de 81m<sup>2</sup>.

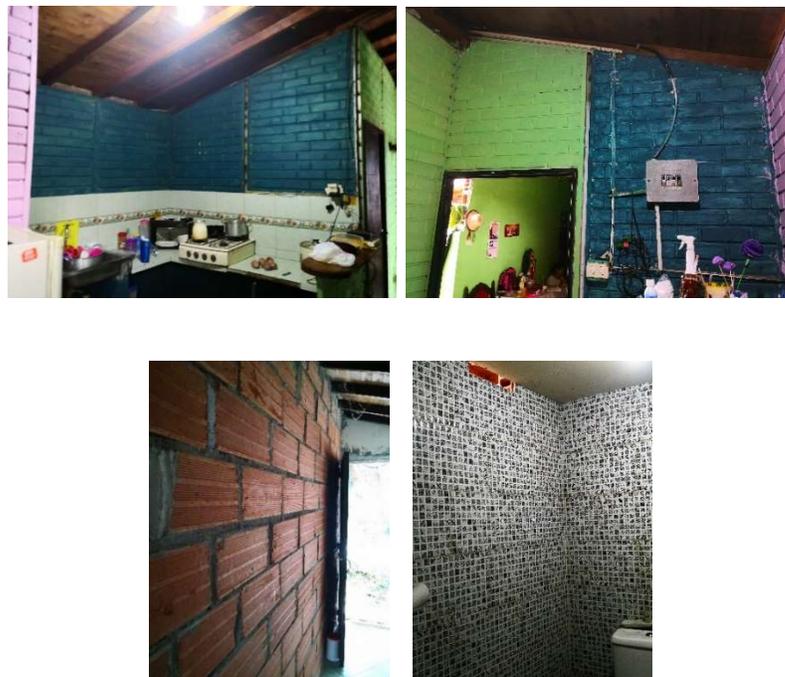


Figura 6. Fotografías vivienda Nivel 3. Fuente: elaboración propia

Los tres niveles de la edificación comparten los dos muros longitudinales perimetrales con las viviendas vecinas.



Figura 7. Muros longitudinales laterales colindantes con las edificaciones vecinas.

Fuente: elaboración propia

En la parte posterior de la vivienda se encuentra una terraza, a nivel del piso 3



Figura 8. Terraza en el Nivel 3 de la vivienda. Fuente: elaboración propia

### 3.5.3 Diseño arquitectónico de la vivienda en su estado actual

A continuación, se muestran los resultados de la modelación de la vivienda basados en las dimensiones levantadas durante la visita a sitio y utilizando el Revit 2019 en Versión del estudiante.

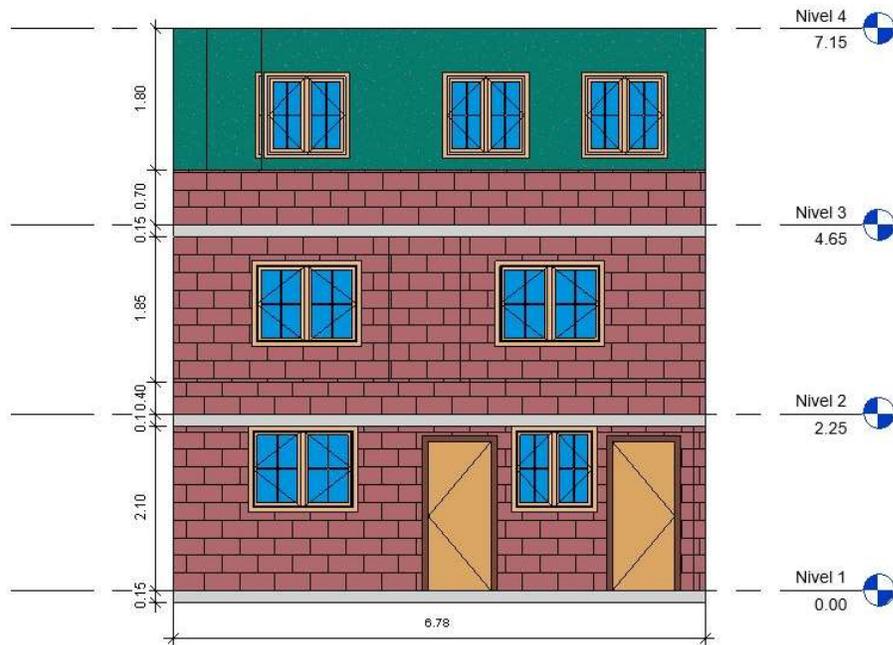


Figura 9. Modelación de Fachada. Fuente: elaboración propia

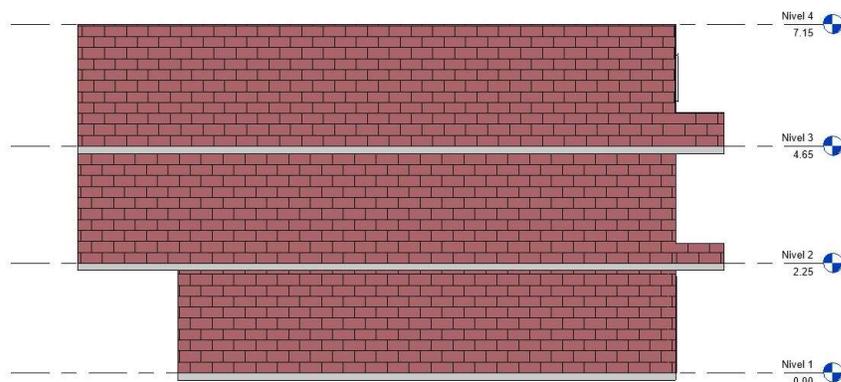


Figura 10. Vista lateral de la edificación. Fuente: elaboración propia

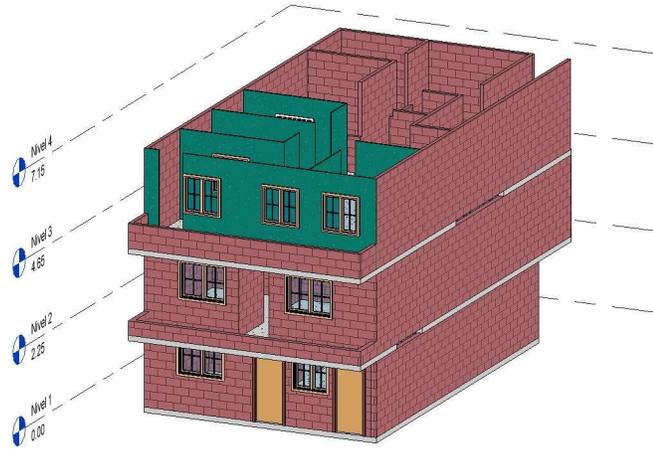


Figura 11. Vista isométrica de la edificación. Fuente: elaboración propia

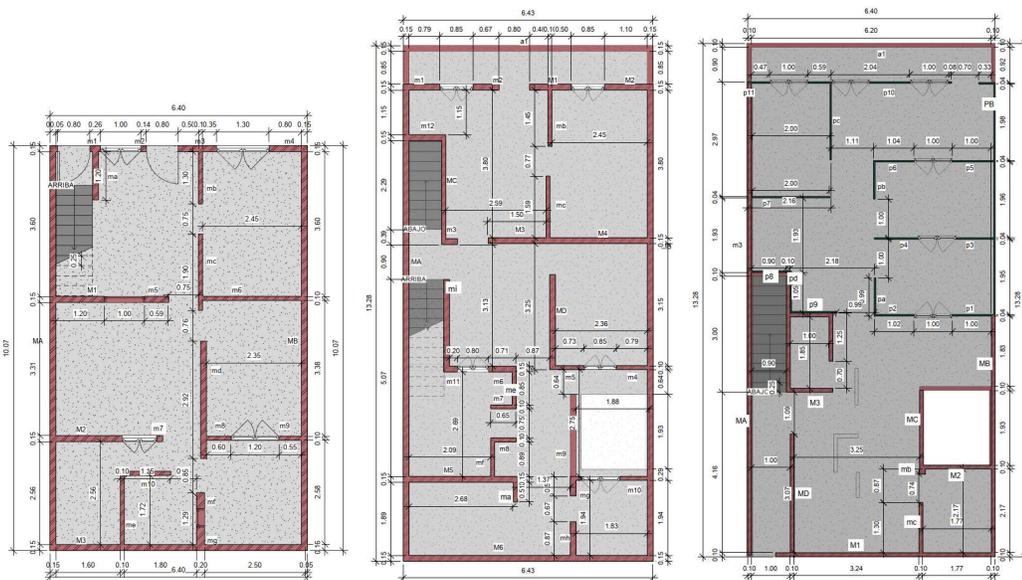


Figura 12. Vista de la planta del nivel 1 2 y3 (de izquierda a derecha). Fuente: elaboración propia

### **3.6 Análisis Diagnóstico Cualitativo De La Vivienda En Su Estado Actual**

Luego de realizar la visita a sitio y de hacer el reconocimiento de los diferentes componentes de la estructura para la vivienda en estudio se presentan las siguientes observaciones:

- a. Según evidencias fotográficas y la respectiva visita de campo se observa que la estructura posee un sistema de mampostería no reforzada bloques de arcilla común sin amarres y conexiones entre elementos para los niveles 1 y 2.
- b. La vivienda del tercer nivel muestra dos sistemas estructurales; placas de concreto prefabricado y mampostería no reforzada, ambos compartiendo una cubierta a dos aguas tipo machimbre y teja de barro.
- c. La estructura presenta discontinuidad entre muros de los niveles 1, 2 y 3.
- d. Se observa que la calidad de materiales es inadecuada, y se presenta mala calidad constructiva en general
- e. Por la edad supuesta del primer piso de la edificación, se supone que el acero de la losa y las escaleras es de tipo liso para el primer nivel. El acero de la losa del segundo nivel se supone que es acero corrugado por tratarse de una construcción del año 95 y 2002 (dos etapas de construcción, respectivamente).
- f. Las escaleras tienen huellas y contrahuella de medidas variables.
- g. Existe presencia de humedades por capilaridad del nivel freático del terreno en el nivel 1.
- h. Existe una deficiente circulación de aire en la edificación lo que favorece a la concentración de humedad, esto debido a que el patio en el tercer nivel está cubierto y a la presencia del terreno colindante en la parte posterior de la vivienda.

- i. Se reconoce una fisura en la fachada del Nivel 1, al lado inferior izquierdo de la pared, y señales de un asentamiento diferencial en el costado inferior izquierdo de la edificación. Esta fisura podría comprometer la estructura.
  
- j. Las viviendas de los niveles 2 y 3 no presentan fisuras a simple vista.

En el Anexo 1 se presenta la evidencia fotográfica de la fisura en el muro de la fachada del primer nivel y del posible asentamiento de la edificación, y las fotos que muestran la presencia de humedades en la vivienda por condiciones inadecuadas de ventilación.

### **3.7 Análisis Diagnóstico Cuantitativo Siguiendo La Metodología Del Manual Build Change**

Para realizar el análisis diagnóstico cuantitativo, se utilizará la metodología descrita en el Manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas Build Change 2015.

Esta metodología implica realizar lo siguiente:

1. Identificar la edificación: Localizar en el mapa la edificación y determinar los parámetros de riesgo.
2. Visitar el sitio: Realizar exploración de suelo según se necesite, identificar el sistema constructivo según Tabla A.3-1 del Manual e identificar los muros laterales.
3. Completar la lista de verificación de deficiencias: Incluye la revisión del porcentaje de área de muros.
4. Evaluación de deficiencias, verificar si se puede reforzar usando el Manual Build Change.
5. Realizar el reforzamiento para las deficiencias específicas siguiendo las recomendaciones que se brindan en la sección D del Manual.
6. Completar nuevamente la lista de verificación de deficiencias: Encontrar el porcentaje de área de muros provista y el porcentaje de área de muros requerida.

De esta manera, en este trabajo se implementará un paso a paso de la secuencia descrita para definir el estado de deficiencias de la vivienda en estudio y cuál es el reforzamiento que según el análisis debe implementarse en la vivienda.

Los pasos referentes 1 y 2 de Identificar la edificación (localización en el mapa) y a la Visita al sitio, se presentaron en los numerales 3.1 y 3.2 de este documento, respectivamente. Se continúa el procedimiento con el siguiente listado de verificación de deficiencias que incluye el Manual en su Anexo C, y cuya explicación para llenado, se puede consultar en su Sección D del Manual.

### 3.7.1 Lista de verificación para identificar deficiencias en la estructura analizada

Las siguientes tablas muestran en rojo las deficiencias en la estructura que fueron encontradas durante el análisis, siguiendo los parámetros de evaluación definidos por el Manual de Build Change:

LISTA DE VERIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS						
1	AMENAZA GEOLÓGICAS DEL SITIO	C	NC	N/A	NIVEL	NOTAS
1.1	LICUEFACCIÓN: No deben existir suelos sueltos, granulares, saturados, susceptibles a licuefacción porque podrían comprometer el desempeño sísmico de la edificación en los 15 metros por debajo de la cimentación.	X			-	El sitio se localiza fuera de zonas de licuefacción conocidas
1.2	FALLA DE LADERA: La pendiente de la ladera es inferior al 17%			X	-	Suposición para el estudio
1.3	MUROS DE CONTENCIÓN DEL SITIO: Los muros de contención de piedra sin refuerzo o muros de concreto ciclópeo (ambos muros de gravedad) que soporten directamente la estructura no podrán tener una elevación superior a 2.0m sin refuerzo adicional. Todos los sistemas de muros de gravedad sólidos deberán contar con perforaciones de drenaje (lloraderas).	X			-	Suposición para el estudio. No se cuenta con información al respecto. El nivel de vía está a nivel de la casa
2	CIMENTOS	C	NC	N/A		NOTAS
2.1	CIMENTACION DE MUROS: El cimiento esta hecho de piedra y mortero, concreto ciclópeo, o concreto reforzado. La cimentación es continua bajo todos los muros y en todo el perímetro. Hay una viga abajo de todos los muros cuando el sistema sea mampostería confinada o cuando la pendiente sea superior a 17%. Todas las columnas están conectadas a la cimentación y los cimientos están empotrados al menos 50cm por debajo del nivel de desplante.		X		-	Suposición para el estudio: x Aumente la dimensión del cimiento existente agregando concreto. x Rellene con cimientos nuevos en las zonas necesarias para completar el perímetro. x Descubra el refuerzo de las columnas y prolongue la conexión de acero hasta la cimentación.
2.2	DESEMPEÑO DE LOS CIMENTOS: No hay evidencias de movimientos excesivos de la cimentación, como ser asentamientos o levantamientos que afecten la integridad o Resistencia de la estructura.		X		-	Suposición para el estudio: Debe realizarse una evaluación más detallada de acuerdo al Reglamento NSR10 por un ingeniero civil facultado
2.3	VOLCAMIENTO: La altura total de la edificación (h) es inferior a tres veces la menor dimensión lateral (w).	X			-	$h=7,75$ $w=6,4$ $3w=19,2$ entonces $h<3w$
2.4	CONEXIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACIÓN: Para todos los sitios en ladera (>17% pendiente) o para Sitios con suelo blando, los elementos de la cimentación estarán interconectados por una placa de concreto reforzado, y los cimientos y vigas serán continuos bajo todos los muros.		X		-	Suposición para el estudio: Las estructuras en condición de NO CUMPLE se pueden reforzar agregando vigas corona o losas de piso de concreto reforzado.
2.5	DETERIORO: No hay evidencias de que los elementos de la cimentación tengan deterioro excesivo debido a la corrosión, ataque de sulfatos, descomposición de materiales, u otras razones que pudieran afectar la integridad o resistencia de la estructura		X		-	Suposición para el estudio: Las estructuras en condición de NO CUMPLE serán reparadas o reconstruidas para superar el deterioro.

Tabla 1 Lista de verificación de deficiencias numerales 1 y 2 Manual Build Change.

Fuente: elaboración propia

3	SISTEMA CONSTRUCTIVO	C	NC	N/A	NOTAS	
3.1	MATERIALES: Los materiales utilizados para los sistemas de cargas por gravedad y de cargas laterales son de concreto reforzado y mampostería de unidades de arcilla, o unidades de concreto. Un sistema liviano de madera y lámina metálica para la cubierta puede estar presente pero sin diseño sísmico.	X			1	Muros de mampostería no reforzada, losas de concreto reforzado y escaleras de concreto reforzado en niveles 1 y 2. En el tercer nivel se tienen plaquetas prefabricadas, mampostería no reforzada y cubierta en machimbre y teja de barro
		X			2	
		X			3	
3.2	TRAYECTORIA DE LAS CARGAS:  x Es necesario un mínimo de dos ejes distintos de muros en cada dirección.	Dir. Transv.			Dirección Transversal:	
		X			1	3 muros
		X			2	6 muros
		X			3	3 muros
		Dir. Longit.			Dirección Longitudinal:	
		X			1	2 muros
		X			2	4 muros
		X			3	4 muros
		x Un eje adicional de muro es necesario por cada 4.0 m de espacio.	Dir. Transv.			Dirección Transversal:
	X				1	3 muros
	X				2	6 muros
			X		3	3 muros la estructura puede ser reforzada con nuevos muros para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.
	Dir. Longit.			Dirección Longitudinal: la estructura puede ser reforzada con nuevos muros para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.		
			X		1	2 muros
			X		2	4 muros
			X		3	4 muros
	x Los muros a los que se les atribuya resistencia lateral deberán tener una longitud de al menos 1.0 m.		Dir. Transv.			Dirección Transversal:
		X			1	3 muros
		X			2	6 muros
		X			3	3 muros
		Dir. Longit.			Dirección Longitudinal:	
		X			1	2 muros
		X			2	4 muros
		X			3	4 muros
		x Los muros paralelos no tendrán más de 4.0m de distancia entre ellos.	Dir. Transv.			Dirección Transversal:
	X				1	3 muros
	X				2	6 muros
	X			3	3 muros la estructura puede ser reforzada con nuevos muros para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.	
Dir. Longit.			Dirección Longitudinal: la estructura puede ser reforzada con nuevos muros para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.			
	X			1	2 muros	
	X			2	4 muros	
	X			3	4 muros	
x Los muros estarán conectados al diafragma de arriba y de abajo por vigas reforzadas continuas y centradas en el eje del muro.	Dir. Transv.			Dirección Transversal:		
		X		1	La estructura puede ser reforzada con nuevos muros para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.	
		X		2		
		X		3		
	Dir. Longit.			Dirección Longitudinal:		
		X		1	La estructura puede ser reforzada con nuevos muros para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.	
x La viga de cimentación deberá ser contigua a la placa de contra-piso.	Dir. Transv.			Dirección Transversal:		
		X		1	La estructura puede ser reforzada con nuevos muros para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.	
	Dir. Longit.			Dirección Longitudinal:		
	X		1	La estructura puede ser reforzada con nuevos muros para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.		

Tabla 2 Lista de verificación de deficiencias el numeral 3.1 y 3.2 Manual Build Change.

Fuente: elaboración propia

3.3	CANTIDAD DE PISOS: La cantidad máxima de pisos es de tres, y de un solo nivel en zona sísmica alta.	X				3 Pisos zona amenaza sísmica intermedia $A_a=0,15g$
3.4	ALTURA DE PISOS: La altura máxima no es mayor a 25 veces el espesor mínimo de los muros en ese piso (NSR-10, 0.3.3). No se recomienda que en ningún caso la altura libre exceda los 3.0 metros en planta baja, o 2.75 metros en los pisos superiores.	X			1	$h=2,25m$ Espesor mínimo de muros en ese piso $e=0,15m$ ; $25e=3,75m$ , por lo que $h<3,75m$
		X			2	$h=2,40m$ Espesor mínimo de muros en ese piso $e=0,15m$ ; $25e=3,75m$ , por lo que $h<3,75m$
			X		3	$h=2,75m$ Espesor mínimo de muros en ese piso $e=0,10m$ ; $25e=2,5m$ , por lo que $h>2,5m$ (Se requiere una evaluación más detallada según lo indicado en el reglamento NSR10)
3.5	CARGA: El peso promedio (1.0xD) de cada nivel, incluyendo la carga aferente de paredes y contenidos (cargas vivas y muertas), no excede 4.8kPa (0.480 tonf/m <sup>2</sup> , 100 psf, libras por pie cuadrado). Ese es el peso correspondiente a una edificación típica con pocos o ningún recubrimiento sobre los muros.					Quando el peso sísmico promedio del nivel sea mayor debido a los recubrimientos de los muros, u otras causas, se puede hacer uso del factor de peso sísmico de acuerdo a las indicaciones descritas en el Anexo B y lograr el cumplimiento del inciso. Quando se encuentren distribuciones muy irregulares de carga, se requiere una evaluación más detallada.
			X		1	1,18 ton/m <sup>2</sup> Supera el peso recomendado.
			X		2	0,84ton/m <sup>2</sup> Supera el peso recomendado
			X		3	0,49 ton/m <sup>2</sup> Supera el peso recomendado
3.6	SISTEMA DE PISO Y CUBIERTA: Los sistemas de pisos elevados y de cubierta son del tipo común en Colombia aproximadamente entre 10 y 15cm de espesor de concreto armado). Las cubiertas también pueden ser de materiales livianos, como son perfiles metálicos y lámina de techo.	X			1	Piso 10cm (Valor supuesto); Cubierta: 30cm; en concreto reforzado
		X			2	Piso 30cm; Cubierta: 10cm; en concreto reforzado
		X			3	Piso 10cm en concreto reforzado; Cubierta: teja de barro
3.7	MUROS: Los muros estructurales están compuestos de unidades de mampostería de arcilla cocida, ladrillos y bloques cerámicos y mortero. Las unidades de mampostería y las juntas están en condiciones aceptables. Puede ser que los muros estén recubiertos de pañete, pero eso no se toma en cuenta para el espesor ni para la Resistencia a menos de que se tenga la certeza de que se trata de pañete con características estructurales específicas. En ningún caso deberán los muros tener un espesor nominal (incluyendo el pañete estructural) menor a lo indicado en NSR-10 D.9.1.3 para MNR, o en D.10.3.3 para MC, o en la Tabla E.3.5-1 para vivienda de uno y dos niveles.	X			1	Para las estructuras con muros de un espesor inferior al requerido, se puede incrementar el espesor de los muros con pañete estructural, o recubrimiento de concreto reforzado
		X			2	
		X			3	
3.8	VOLADIZOS: Los muros perimetrales de los niveles superiores no están soportados por voladizos o aleros que se extiendan es de las paredes exteriores inferiores más allá del 50% del espesor de la pared. Este enunciado no aplica a edificaciones de un solo nivel.	X			1	La estructura no tiene daños producidos por sismos ni eventos climáticos, ni en las paredes de mampostería ni en el sistema de cubierta. Las edificaciones con daños se consideran en condición NO CUMPLE pero pueden ser reparados siguiendo la normativa aplicable, para poder ser considerados en condición CUMPLE
		X			2	
		X			3	
3.9	DAÑOS: La estructura no tiene daños producidos por sismos ni eventos climáticos, ni en las paredes de mampostería ni en el sistema de cubierta. Las edificaciones con daños se consideran en condición NO CUMPLE pero pueden ser reparados siguiendo la normativa aplicable, para poder ser considerados en condición CUMPLE.		X		1	Las edificaciones con daños se consideran en condición NO CUMPLE pero pueden ser reparados siguiendo la normativa aplicable, para poder ser considerados en condición CUMPLE. En este caso el muro de fachada del primer nivel muestra un asentamiento de tipo diferencial en la parte inferior izquierda de la fachada y una fisura a lo largo del eje transversal del muro como resultado de movimientos sísmicos ocurridos y los niveles de carga a los que está exigido. Se deberá entonces realizar una intervención
		X			2	
		X			3	

Tabla 3 Lista de verificación de deficiencias numerales 3.3 al 3.9 Manual Build Change.

Fuente: elaboración propia

4	MUROS DE MAMPOSTERÍA	C	NC	N/A	NOTAS		
4.1	CONFINAMIENTO: Los muros están ajustados a las vigas superiores de amarre (conocidas comúnmente como viga cinta) a las placas de entrepiso y a las columnas si es que éstas existen. No hay elementos de encofrado presentes en las caras inferiores de las placas ni en las vigas.		X		1	Los muros de mampostería que estén en condición de NO CUMPLE pueden ser reparados siguiendo las indicaciones contempladas en el presente Manual	
			X		2		
			X		3		
4.2	VANOS: Las puertas, ventanas, y otras aberturas mayores a 0.5m deberán extenderse hasta la viga de amarre, o deberán contar con un dintel de concreto reforzado. Los dinteles deben extenderse como mínimo 20 cm dentro de la mampostería adyacente, o estar conectados a un elemento vertical de concreto		X			Los vanos que estén en condición de NO CUMPLE pueden ser rellenados, modificados para pasar a CUMPLE, o se les puede agregar un dintel según las especificaciones requeridas.	
			X				
			X				
4.3	VIGA DE AMARRE: Las edificaciones con techo en cubierta liviana cuentan con un elemento de concreto continuo, y con refuerzo de acero en la parte superior de las paredes para transferir fuerzas laterales a las paredes transversales. Las vigas de amarre pasan sobre los vanos de las puertas. El sistema de cubierta está firmemente anclado a la viga de amarre			X	1	Para las estructuras en condición NO CUMPLE en este ítem, se agregarán vigas o se hará una evaluación más detallada fuera del alcance de este manual.	
				X	2		
			X		3		
4.4	PORCENTAJE DE ÁREA DE MUROS: El porcentaje de Área de muros es superior al porcentaje de Área de muros existente (ver tabla abajo) en cada nivel y en cada dirección. Anote el Porcentaje de Área de Muros Requerido a la derecha, y C, NC, o N/A en la columna de la izquierda.					<b>Dirección Transversal</b> Si la densidad de muros cortantes existente es menor que la densidad de muros cortantes requerida la edificación necesita ser reforzada. Escoja entre las alternativas en la Sección D para incrementar la densidad o reducir la demanda.	
			X		1	10% < 21,3%	
			X		2	4% < 14,1%	
			X		3	2% < 7,35%	
							<b>Dirección Longitudinal</b> Si la densidad de muros cortantes existente es menor que la densidad de muros cortantes requerida la edificación necesita ser reforzada. Escoja entre las alternativas en la Sección D para incrementar la densidad o reducir la demanda.
			X		1	20% < 21,3%	
			X		2	8% < 14,1%	
	X		3	5% < 7,35%			

Tabla 4 Lista de verificación de deficiencias numerales 4 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia

5	CONFIGURACIÓN	C	NC	N/A	NOTAS	
5.1	TORSION: 1. Hay muros en todos los lados exteriores de la edificación, a no más de un 25% de la cota en planta del borde de la edificación, incluyendo plantas en Longitud y en Transversal. O 2. Alternativamente, la distancia estimada entre el centro de inercia y el centro de rigidez, para cada dirección ortogonal, calculada en cumplimiento de la ecuación E.3.6-2 de NSR-10 Capítulo E.3, será menor al 15% de la mayor cota de la edificación en planta.		X			Las estructuras que estén en condición de NO CUMPLE requieren atención. Recomiende agregar muros a la edificación para mitigar la condición. Ver sección D. <b>En este caso los muros de fachada para los niveles 1 y 2 no proporcionan el soporte esperado para la edificación, pues son muros perimetrales. Esto se concluye debido a que presentan longitudes menores a 1m lo que ocasiona que no puedan considerarse como muros estructurales de acuerdo a las exigencias del Manual, por tal motivo deben intervenirse</b>
	5.2	JUNTA SÍSMICA EDIFICACIONES ADYACENTES: Si la Junta Sísmica cumple lo dispuesto en el Capítulo A.6 del Reglamentos NSR10 (Figura A.6.5-1), se puede considerar que CUMPLE. Si las placas de cubierta y entrepisos de las edificaciones vecinas no están alineadas verticalmente debe haber una distancia de contacto superior a 3cm para estructuras de un solo nivel, 6cm para dos niveles, y de 9cm para tres niveles. Si las losas de entrepiso y de cubierta están alineadas el ítem se puede considerar como una buena práctica de carácter no obligatorio.		X		
5.3	DISCONTINUIDADES VERTICALES: En general, los muros del Segundo nivel están ubicados sobre los del primer nivel. Los muros del segundo nivel que no estén alineados con los del nivel inferior, estarán soportados por alguna de las siguientes, y no tendrán más de 3.0m sin apoyo: x Columnas aisladas competentes, ver lista de verificación específica para los requerimientos de este ítem. x Muros perpendiculares que se prolonguen al menos 60cm a cada lado de la pared de arriba. x Muros paralelos con por lo menos ¼ de la longitud del muro superior (30cm como mínimo) de traslapo con la pared de abajo. Este enunciado no aplica a edificaciones de una sola planta.		X			Las estructuras en condición de NO CUMPLE en este ítem pueden ser reforzadas suprimiendo muros en un nivel superior, agregando muros de carga y cimientos abajo, o construyendo columnas adecuadas. Ver la Sección D para los requerimientos. <b>En este caso, el segundo y el tercer nivel muestran diferencias respecto a la alineación con los muros del primer nivel, por tal motivo se requiere una intervención</b>

Tabla 5 Lista de verificación de deficiencias numerales 5 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia

6	ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	C	NC	N/A	NOTAS
6.1	COLUMNAS DE CONCRETO AISLADAS O DISCONTINUAS: Las columnas aisladas que estén soportando placas de concreto o los tramos de muros de mampostería discontinuos deberán cumplir los siguientes requerimientos mínimos:		X		Si la columna NO CUMPLE: x Se puede reforzar "in situ". x La columna que no cumple se puede substituir por una que si cumple. x Se pueden agregar paredes y cimientos de carga a los lados de la columna en cada dirección horizontal.
	x Las columnas estarán construidas de concreto reforzado, y en buen estado con una altura libre mínima de 1.5m.		X		
	x La base de la columna estará conectada al resto de la edificación mediante un cimiento corrido o una placa de concreto reforzado.		X		
	x Las columnas tendrán una dimensión mínima de 15cm en caso de soportar una placa de techo o terraza, de 20cm si soporta un muro discontinuo de un nivel, y 33cm si el muro es de dos niveles sobre ella.		X		
6.2	VANOS EN PLACAS CERCA DE MUROS CORTANTES: Las aberturas en las placas adyacentes a los muros cortantes deberán cumplir los siguientes requerimientos:				Si la estructura NO CUMPLE requerirá atención. Considere las siguientes soluciones: x Rellene parcial o totalmente la abertura con un diafragma con una rigidez similar a la existente. x Agregue una viga de refuerzo a lo largo de la abertura.
	x Las aberturas adyacentes a los muros cortantes deben medir menos del 25% de la longitud del muro. x Las aberturas cercanas a las paredes de mampostería no serán mayores a 2.5m en su longitud, y existirá una viga de concreto reforzado en toda la longitud del muro adyacente.		X		
6.3	PARAPETOS (cornisas): No habrá parapetos ni cornisas sin soporte lateral que tengan una relación de espesor-altura superior a 1.5. Los parapetos de mampostería deberán estar en buenas condiciones con sus elementos bien adheridos a la estructura que los soporta.		X		Si la estructura NO CUMPLE para este ítem requerirá de atención. Considere las siguientes soluciones: x Suprima o reduzca de altura el parapeto o la cornisa. x Agregue soportes adicionales o elementos de concreto reforzado para proporcionar soporte lateral para los antepechos o muros.
6.4	ESCALERAS Y DESCANSOS: Las escaleras deberán cumplir todos los requisitos siguientes:				Si la estructura NO CUMPLE para este ítem requerirá de atención. Considere las siguientes soluciones: x Conectar estructuralmente la escalera con el entrepiso x Apoyar la escalera verticalmente sobre muros o columnas x Extender y conectar la cimentación, en caso de necesidad.
	xLas escaleras estarán conectadas al entrepiso de concreto en cada nivel elevado de la edificación por un descanso continuo de concreto reforzado. Las escaleras no dependerán de las paredes o muros de la edificación como forma de apoyo vertical.		X		
	xEl apoyo vertical de las escaleras y descansos será provisto por columnas aisladas competentes, o muros de mampostería de por lo menos 60cm de longitud. xLa cimentación de las escaleras deberá estar edificada con concreto ciclópeo o concreto reforzado con un empotramiento en el suelo de por lo menos 30cm. En sitios con una pendiente superior al 17% o en suelos blandos la cimentación de las escaleras deberá ser continua con la del resto de la edificación.		X		

Tabla 6 Lista de verificación de deficiencias numeral 6 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia

### **3.8 Evaluación De Deficiencias Encontradas**

De la totalidad de deficiencias encontradas para la edificación presentadas en tablas del numeral 3.7.1, se señalan las siguientes como las principales causas de vulnerabilidad estructural en la vivienda:

#### **a. Cimentación de muros y desempeño de los cimientos**

Al suponerse que la cimentación es una prolongación de los muros, que es lo informado por las personas del lugar, se identifica que la edificación requiere la incorporación de un sistema de cimentación competente.

#### **b. Trayectoria de cargas y configuración**

En los niveles 1, 2 y 3 de la vivienda, para la trayectoria de cargas en dirección longitudinal, los ejes entre los muros con condición de carga presentan una separación superior a 4m, que es la recomendada por el Manual como separación mínima entre ejes y muros paralelos, por tal motivo la edificación debe ser reforzada en esa dirección con nuevos muros que permitan una trayectoria adecuada de cargas. Asociado a esto, existen muros en esta dirección, que no superan 1.0m de longitud, lo cual es un requisito mínimo para considerar que pueden proporcionar resistencia lateral.

En la dirección transversal, la mayoría de los muros de la fachada en los pisos 1 y 2, no presentan una longitud mínima de 1.0m. Por ser muros perimetrales, éstos deben poder asumir cargas laterales, por lo que es necesario realizar una intervención importante en las fachadas, disminuyendo los vanos. En el caso del nivel 3, en la dirección transversal de cargas, no se está respetando la separación máxima entre ejes y muros paralelos de 4m.

Por último, la edificación en los niveles 1, 2 y 3, presenta discontinuidades verticales en la disposición de muros que deben ser corregidas.

**c. Altura de pisos**

Según la recomendación del Manual, la altura máxima de pisos no debe ser mayor a 25 veces el espesor mínimo de los muros en ese piso. Para el nivel 3, se tiene una altura de 2.75m, con espesor de muro de 100mm, y según la calculación, debe ser como máximo 2.5m de altura. Es necesario realizar una corrección referente a este aspecto.

**d. Porcentaje de área de muros**

Los porcentajes de áreas de muros (PAM) en la dirección transversal y longitudinal son inferiores a los requeridos (ver Tabla 4). El Manual recomienda realizar una corrección en los muros a cortante de la edificación ajustando el área de muros totales en las dos direcciones.

**e. Parapetos**

Los balcones de los pisos 2 y 3 no presentan soporte lateral; la relación espesor-altura indicada por el Manual debe ser superior a 1.5, lo cual en este caso no se cumple para el nivel 3. Debe agregarse soporte lateral para los antepechos y muros no confinados de la estructura en general.

**f. Escaleras y descansos**

La escalera que va del nivel 1 al nivel 2 no presenta conexión con el contrapiso, ni tampoco cuenta con cimentación. La escalera en el nivel 2 está soportada por un muro de 15mm de espesor, lo cual está aportando a su estabilidad.

La escalera que va del nivel 2 al nivel 3, presenta irregularidades en sus peldaños y está apoyada directamente en la losa del nivel 3 de 100mm de espesor.

Se requiere entonces para las escaleras añadir una cimentación, conectar la escalera al entrepiso en el nivel 1, incrementar el espeso del muro de apoyo de la escalera en el nivel 1, pues debe ser de 60mm como mínimo según la recomendación del Manual, o utilizar columnas. Del mismo modo, se debe generar apoyo en la escalera al llegar al nivel 3, ya sea colocando un muro de apoyo o colocando dos columnas que la soporten.

### **g. Cantidad de pisos**

De las recomendaciones del Manual Build Change se interpreta que, para viviendas con más de dos pisos, es necesario que la edificación cuente con un sistema estructural de mampostería confinada o mampostería reforzada. Según esta recomendación, la estructura evaluada en sus niveles 1, 2 y 3, debe contar con elementos de confinamiento y/o con mampostería reforzada, lo que indica que se debe reconvertir el sistema de mampostería no reforzada (MNR) a mampostería confinada (MC).

#### **3.8.1 Resultado del análisis de deficiencias de la vivienda en estado actual**

Cómo resultado del análisis del conjunto de deficiencias identificadas, el incorporar más muros a la edificación o incrementar la longitud de los existentes ayuda a mejorar su condición de vulnerabilidad; sin embargo, una intervención sólo de muros no sería suficiente para calificarse como mejoramiento del nivel de desempeño de seguridad humana de la edificación bajo lo establecido en el Manual Build Change, pues de este se interpreta que no es aceptable que una vivienda de tres niveles tenga un sistema estructural de mampostería no reforzada.

Con base en esta recomendación, la intervención principal en la edificación es el cambio de su sistema estructural que debe pasar de ser en mampostería no reforzada (MNR) a mampostería confinada (MC).

Se decide para este estudio realizar un mejoramiento de la capacidad de carga de los muros e incorporar elementos de mampostería confinada (MC) a la estructura, agregando diferentes detalles de este tipo de configuración, pero no realizar la reconversión completa del sistema estructural, dado a que no es una posibilidad realista para la familia que habita la vivienda. Con esto se pretende mejorar la condición de desempeño de seguridad humana.

### **3.8.2 Cálculo Del Reforzamiento De Muros Según Las Deficiencias Específicas Detectadas**

El Manual Build Change en su Anexo A: Porcentaje de Área de Muros Provista, describe el procedimiento que debe seguirse para realizar el cálculo del reforzamiento de los muros existentes.

Como el porcentaje de área de muros (PAM) existentes es inferior al porcentaje requerido (ver Tabla 4), entonces la edificación debe ser reforzada. Para ello, se debe incrementar el PAM, y recalcular las áreas de muros con el fin de incluir lo previsto en el plan de reforzamiento (Build Change, 2015).

En los siguientes numerales, se describe la metodología que se seguirá para realizar todas las calculaciones y se presenta nuevamente la tabla de verificaciones sísmicas luego de los cálculos de reforzamiento.

### **3.8.3 Técnicas de reforzamiento según Manual Build Change**

El análisis cuantitativo de deficiencias en la edificación siguiendo la metodología del Manual Build Change, arroja que se requiere una intervención importante para poder mejorar su nivel de desempeño de seguridad humana. Como medida principal de reforzamiento, se debe incrementar el porcentaje de muros cortantes.

De la sección D del Manual Build Change, se extraen las siguientes recomendaciones de de reforzamiento que inicialmente se plantean:

- Agregar muros cortantes adicionales o incrementar la longitud de aquellos que son inferiores a 1.0m.
- Redoblar el espesor de los muros cortantes existentes.
- Incrementar la superficie efectiva de los muros existentes con revoque o pañete de mortero estructural.

- Incrementar la superficie efectiva de los muros existentes con recubrimientos de concreto reforzado.
- Rellenar vanos de puertas y ventanas.
- Mejorar la calidad de las paredes existentes reparándolas, aunque si el material es de muy baja Resistencia, se pueden reemplazar con paredes nuevas.
- Agregar apoyo bajo una pared discontinua para que pueda ser incluida en el cálculo de porcentaje de superficie de muros.
- Reconvertir el sistema de mampostería no reforzada a mampostería confinada agregando los de talles de mampostería confinada requeridos.

Estas recomendaciones son generales, y se aplican según la deficiencia particular. Para definir cuáles son las medidas de reforzamiento aplicables, se deben determinar dos parámetros muy importantes en la metodología de reforzamiento: El porcentaje de área efectiva de muros, y el porcentaje de área requerida de muros.

### **3.8.3.1 Cálculos del porcentaje de área efectiva**

De acuerdo con el Manual, el porcentaje de área efectiva debe calcularse como sigue:

“La incorporación de nueva mampostería, pañete, o concreto proporciona un incremento a la superficie de muros que se calculó en la evaluación de las condiciones existentes de la edificación. La resistencia de los nuevos materiales se normaliza a la resistencia del bloque típico #4. Los factores ‘K’ se proporcionan para poder relacionar la resistencia de los materiales nuevos a la resistencia del material tipo, obteniendo la pared efectiva” (Build Change, 2015).

**Factor de ajuste para Muros Nuevos en Mampostería,  $K_m$**

El bloque Nuevo probablemente sea más resistente que el existente; Entonces se le adjudica un incremento a su uso en el reforzamiento. Agregar una pared de mampostería nueva con un factor  $K_m$  de 1.6 se considera equivalente a agregar 1.6 veces la longitud del muro existente.

mampostería nueva <sup>2</sup>	mampostería existente <sup>1</sup>					
	f'cu MPa					
	1.5	2.0	3.0	8.0	12.0	15.0
Ladrillo Portante (>15MPa, 67% Sólido)	6.0	6.0	5.0	3.0	2.5	2.0
Ladrillo Estructural PV (>15MPa, 55% Sólido)	5.0	4.0	3.5	2.0	1.8	1.6
Bloque 5 PH (>3 MPa, 26% Sólido)	1.4	1.2	1.0	0.6	0.5	0.5
Relleno de Vanos, Mismo material que el existente (>2Mpa)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

<sup>1</sup> Para poder justificar valores de f'cu superiores a 2 MPa para los bloques existentes, es necesario realizar pruebas del bloque que existe en la edificación.

<sup>2</sup> Cuando se agreguen muros nuevos como parte del reforzamiento, la mampostería debería construirse cumpliendo los requerimientos de muros nuevos indicados en el reglamento NSR-10.

Si  $K_m = 1.6$ :

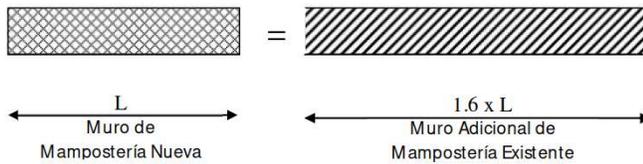
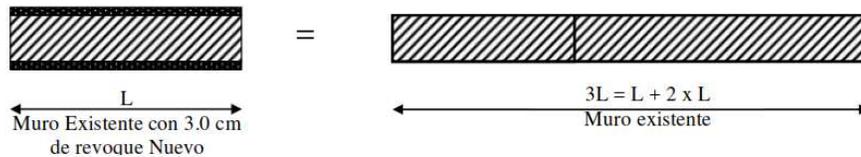


Figura 13 Factor de ajuste para muros nuevos en mampostería  $K_m$  Fuente Manual Build Change 2015

**Factor de ajuste para pañete nuevo,  $K_p$**

$K_p = 1.0$ (1.5 cm de revoque a un lado de la muro) $K_p = 2.0$ (1.5 cm de revoque a cada lado del muro, un total de 3.0cm)
---

Agregar pañete a un muro de mampostería con un factor  $K_p$  de 1 puede considerarse equivalente a agregar 1 vez la longitud del muro existente. Para efectos del cálculo el diseñador puede considerar que incorporar 3.0 cm de pañete es igual a incrementar la longitud del muro en un 200%.



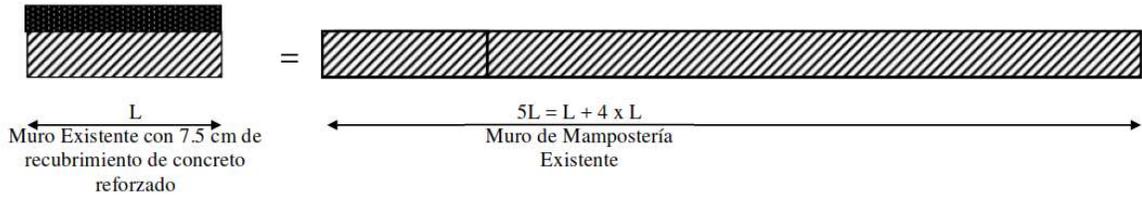
**IMPORTANTE:** Cuando la resistencia del bloque existente exceda un f'cu de 3.0 MPa, no se permite la utilización de los factores  $K_p$  de arriba. Agregar pañete estructural a una edificación que ya está construida con bloques de alta resistencia no incrementa significativamente la resistencia de la estructura a las cargas laterales, y por lo tanto se requieren valores menores de  $K_p$ .

Figura 14 Factor de ajuste para pañete nuevo  $K_p$  Fuente Manual Build Change 2015

**Factor de Ajuste de Recubrimiento de Concreto reforzado Nuevo  $K_c$**

= 4 al agregar 6.0 cm de recubrimiento de concreto reforzado Nuevo a una pared de 9 cm (en una sola cara).

Agregar un recubrimiento de concreto reforzado a un muro de mampostería con un factor  $K_c$  de 4 se puede considerar equivalente a agregar 4 veces la longitud del muro existente. Para efectos de cálculo, el diseñador puede considerar que la incorporación de 6cm de recubrimiento de concreto reforzado es igual a incrementar la longitud del muro existente en 400%.



**IMPORTANTE:** Cuando la resistencia del bloque existente exceda un  $f'_{cu}$  de 3.0 MPa, no se permite la utilización de los factores  $K_p$  de arriba. Agregar recubrimiento de concreto reforzado a una edificación que ya está construida con bloques de alta resistencia no incrementa significativamente la resistencia de la estructura a las cargas laterales, y por lo tanto se requieren valores menores de  $K_c$ .

Figura 15 Factor de ajuste de recubrimiento de concreto reforzado nuevo  $K_c$  Fuente Manual Build Change 2015

Habiéndose definido los parámetros  $K_m$ ,  $K_p$ , y  $K_c$ , se procede con el cálculo del porcentaje de áreas efectiva de muros después de reforzar ( $PAM_{efectiva}$ ) siguiendo la siguiente ecuación:

**Calcule el Área Efectiva de Muros después de reforzar**

$$PAM_{efectiva} = \underbrace{\frac{A_{murosexistentes}}{A_b}}_{PAM_{actual}} + \underbrace{\frac{0.095 \times (\sum K_m L_m + \sum K_p L_p + \sum K_c L_c)}{A_b}}_{PAM_{reforzado}}$$

Calcule el  $PAM_{efectivo}$  en cada dirección primaria y coteje contra el  $PAM_{requerido}$  en el Anexo B.

Figura 16 Cálculo del porcentaje de área efectiva de muros después de reforzar. Fuente Manual Build Change 2015

### 3.8.3.2 Cálculos del porcentaje de área requerida

El Manual Build Change en su Anexo B: Material de referencia para el porcentaje de área de muros requerido, describe cómo se debe realizar el cálculo del Porcentaje de Área de Muros

Requerido ( $PAM_{req}$ ). Debe utilizarse la siguiente ecuación y realizar el cálculo de los factores que se describen:

$$PAM_{requerido} = (bPAM_{requerido} \times C_B \times C_Q \times C_R \times C_P \times C_W \times 1/R), \geq 8\% \text{ (para MNR)}, \geq 4\% \text{ (para MC)}$$

Dónde:

$C_B$	Factor de resistencia del bloque de 1.13 a 0.40
$C_Q$	Factor de calidad de obra de 1.00 a 1.70
$C_R$	Factor de vulnerabilidad para el análisis (0.75 para vulnerabilidad, 1.00 para reforzamientos)
$C_P$	Factor de piso de 0.39 a 1.00
$C_W$	Factor de peso sísmico de 1.00 a 2.03
$R$	Factor de Reducción de la fuerza sísmica de 1.0 a 2.0, ver Tabla A.3.1
MNR	Mampostería No Reforzada
MC	Mampostería Confinada

Figura 17 Cálculo del porcentaje de área requerida de muros para reforzar la vivienda.

Fuente Manual Build Change 2015

A continuación, se describe cómo calcular cada uno de los factores de la ecuación:

a. Sismicidad  $S_a$ :

Corresponde al cálculo de  $S_a$  parámetro de aceleración espectral de respuesta de periodo corto.

Este valor debe ser calculado de acuerdo con lo indicado por el título A (A2.6.1.2)

$S_a =$  Parámetro de Aceleración Espectral de Respuesta de Período Corto.

$S_a = 2.5 \times A_a \times F_a \times I$  Ver NSR-10 Título A (A2.6.1.2)

b. Factor de resistencia de bloque  $C_B$ :

Corresponde a la resistencia del bloque de mampostería que se va a utilizar para los análisis de reforzamiento. El Manual lo describe de la siguiente manera y facilita su cálculo según lo siguiente:

**$C_B$  = Factor de Resistencia del Bloque.** La resistencia del bloque puede ser cuantificada mediante pruebas de laboratorio o pruebas de campo equivalentes. Se puede asumir una resistencia conservadora de 2.0 MPa (290 psi) para bloque 4 y 5, ante la ausencia de información.

Bloque 4 y Bloque 5

$C_B = 1.0$  para  $f_{cu} = 2.0$  MPa (290 psi)

$C_B = 1.05 / \sqrt{0.195 + 0.45 f_{cu}}$  para otras resistencias del bloque,  $f_{cu}$  en MPa (Mega Pascales) (5MPa mortero asumido)

Tolete (ladrillo sólido)

$C_B = 1.0$  para  $f_{cu} = 1.5$  MPa (218 psi)

$C_B = 1.05 / \sqrt{0.62 + 0.35 f_{cu}}$  para otras resistencias del bloque,  $f_{cu}$  en MPa (Mega Pascales) (5MPa mortero asumido)

Factor de Resistencia del bloque, $C_B$		
f <sub>cu</sub> de la mampostería MPa (psi) <sup>1</sup>	Factor $C_B$	
	Bloque 4 y 5	Tolete <sup>2</sup>
1.5 (218)	1.13	1.00
2.0 (290)	1.00	0.91
3.0 (436)	0.74	0.74
8.0 (1160)	0.54	0.57
12.0 (1740)	0.44	0.48
>15 (2750)	0.40	0.43

El factor se puede utilizar para ajustar el PAM requerido para las diferentes resistencias, y también en el caso de las propuestas de reforzamiento para ajustar las longitudes de los muros nuevos cuando el bloque Nuevo tiene una Resistencia distinta al existente.

El factor se puede modificar realizando pruebas con el bloque existente.

<sup>1</sup> Para justificar el uso de valores  $f_{cu}$  mayores a 2.0MPa, para los bloques existentes es necesario hacer pruebas del material de la edificación.

<sup>2</sup> Use los valores  $C_B$  para tolete solamente cuando TODOS los muros de la edificación en planta baja estén construidos con ese material, de lo contrario use los valores de bloque 4 y 5.

Figura 18 Cálculo del factor de resistencia del bloque. Fuente Manual Build Change 2015

c. Factor de Calidad de la obra  $C_Q$ :

Este factor corresponde a la calidad de la mampostería y de los detalles constructivos de la vivienda y se calcula teniendo en cuenta lo siguiente:

**$C_Q$  = Factor de Calidad de Obra**, su intención es plasmar los detalles de mala calidad de obra en Mampostería No reforzada, o Confinada. No es para plasmar mampostería frágil (Ver factor  $C_B$ )

$C_Q = 1.0$  para calidad común

$C_Q = 1.35$  para mala calidad

$C_Q = 1.70$  si se observa que una mayoría de las juntas verticales de la mampostería no tienen mortero.

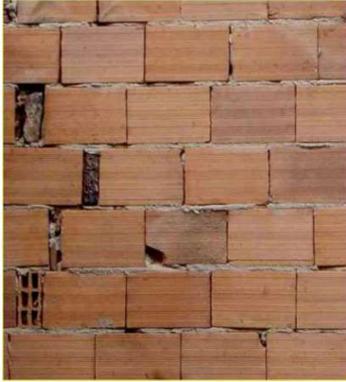
Se pueden utilizar valores intermedios basándose en la seriedad de los problemas de calidad de obra. Se podrá requerir demolición selectiva en algunos casos para confirmar detalles de refuerzo. Esperas de acero u otras condiciones expuestas visibles se pueden también utilizar como indicios del refuerzo presente en la edificación.

Se muestran ejemplos fotográficos de mala calidad de obra, en la página siguiente.

Se puede reducir el factor aplicando técnicas de reparación aceptadas en la normativa vigente.

Figura 19 Cálculo del factor de calidad de obra. Fuente Manual Build Change 2015

Ejemplos de mala calidad de obra:



Juntas con relleno incompleto o vacío.



Hilada superior de mampostería sin contacto con la losa o viga superior.



Obra en ejecución que muestra detalles mal hechos



2015

Figura 20 Ejemplos para seleccionar el factor de calidad de obra. Fuente Manual Build Change 2015

d. Factor de Vulnerabilidad para análisis  $C_R$ :

Este factor se define de acuerdo con el tipo de estudio que se va a realizar, y se le asigna un valor según se trate de un estudio de vulnerabilidad o un estudio de reforzamiento según lo siguiente:

0.75 para vulnerabilidad,

1.00 para reforzamientos

e. Factor de Piso  $C_P$ :

Este factor es para considerar en los análisis las demandas sísmicas de los diferentes niveles y se selecciona según lo siguiente:

$C_P$ = **Factor de Piso** requerido para considerar las diferentes demandas sísmicas en los distintos niveles. Una evaluación diferenciada se requiere para cada nivel (piso) de la edificación. Los pisos superiores en voladizo sobre niveles inferiores deberán ser reforzados según los requerimientos de la lista de verificación.

*Para edificaciones con pisos y cubiertas pesadas compuestas por entrepisos y cubiertas de concreto reforzado macizas.*

Nivel	# de pisos		
	1 piso	2 pisos	3 pisos
3	-	-	0.39
2	-	0.57	0.65
1	1.00	0.86	0.79

*Para edificaciones con entrepisos de concreto y cubierta liviana:*

Nivel	# de pisos		
	1-Piso	2-Pisos	3-pisos
3	-	-	0.14
2	-	0.19	0.46
1	1	0.57	0.61

Nota: Los factores se han derivado de una combinación de ASCE-31 esfuerzos cortantes por nivel (3.5.2.2) y el Factor de Modificación C (Cuadro 3-4) para edificaciones de Mampostería No Reforzada (MNR) de varios niveles. Los factores han sido normalizados a 1.0 para un piso con cubierta pesada al incluir el factor de 1.4 en la evaluación del área de muros base.

- *Si se prevé la posibilidad de que se adicione un piso posteriormente, no utilice los factores de cubierta liviana, utilice los de cubierta pesada en su lugar.*

Figura 21 Información de referencia para el factor de Piso. Fuente Manual Build Change 2015

f. Factor de Piso  $C_W$ :

Este factor es para considerar la variación del peso sísmico por el reforzamiento y para su selección se debe tener en cuenta la siguiente tabla con los valores propuestos por el Manual Build Change:

**C<sub>w</sub> = Factor de Peso Sísmico**

Se debe considerar la variación de peso entre las condiciones existentes y las de la edificación reforzada, así como los pesos de los diferentes revoques de los muros.

$$C_w = (\text{Peso sísmico tributario distribuido para un piso medianero})/4.8 \text{ kPa}$$

Se muestran los valores C<sub>w</sub> para los revoques comunes:

Factor de Peso Sísmico, C <sub>w</sub> = (Peso Sísmico real distribuido a medio nivel)/4.8kPa			
Revoque de muros (Bloque 4 o 5)	Revoques en los otros muros		
	Ninguno		
Ninguno	1.00		
1-capa de pañete (1.5cm) <50% de los muros	1.07		
1- capa de pañete (1.5cm) >50% de los muros	1.14	<b>1-Capa de pañete (1.5cm)</b>	
2- capas de pañete (3cm) <50% de los muros	1.14	1.20	
2- capas de pañete (3cm) >50% de los muros	1.27	1.27	<b>2- Capas de pañete (3cm)</b>
Recubrimiento de concreto reforzado <50% de los muros	1.32	1.38	1.45
Recubrimiento de concreto reforzado >50% de los muros	1.63	1.63	1.63
Revoque de muros (Tolete)	Revoques en los otros muros		
	Ninguno		
Ninguno	1.40		
1-capa de pañete (1.5cm) <50% de los muros	1.46		
1- capa de pañete (1.5cm) >50% de los muros	1.53	<b>1-Capa de pañete (1.5cm)</b>	
2- capas de pañete (3cm) <50% de los muros	1.53	1.60	
2- capas de pañete (3cm) >50% de los muros	1.66	1.66	<b>2- Capas de pañete (3cm)</b>
Recubrimiento de concreto reforzado <50% de los muros	1.71	1.78	1.85
Recubrimiento de concreto reforzado >50% de los muros	2.03	2.03	2.03

Figura 22 Selección del factor de Peso Sísmico. Fuente Manual Build Change 2015

g. Factor de Reducción de la fuerza sísmica:

Este factor es usado para la reducción de la fuerza sísmica según el sistema estructural y se calcula según lo indicado en Tabla A.3.1 del Manual Build Change:

Tabla A.3.1. Sistemas estructurales de muros de carga										
Sistema de Muros de Carga		R	C <sub>R</sub> <sup>(1)</sup>	Zonas de Amenaza Sísmica						
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta		Intermedia		Baja		
				Uso permitido	Altura máxima	Uso permitido	Altura máxima	Uso permitido	Altura máxima	
1. Muros estructurales										
VULNERABILIDAD	a. Muros de mampostería no reforzada (MNR)	El mismo	1	0.75	Grupo I	1 piso máximo (2)	Grupo I	2 pisos máximo (2)	Grupo I	2 pisos máximo
	b. Muros de mampostería confinada (MC) (3)	El mismo	2	0.75	Grupo I	2 pisos Máximo	Grupo I	3 pisos máximo	Grupo I	3 pisos máximo
REFORZAMIENTO	c. Muros de mampostería no reforzada o con algunos confinados	El mismo	1	1.0	Grupo I	1 piso máximo (2)	Grupo I	2 pisos máximo (2)	Grupo I	2 pisos máximo
	d. Muros de mampostería confinada (MC)	Muros de mampostería confinados	2	1.0	Grupo I	2 pisos Máximo	Grupo I	3 pisos máximo	Grupo I	3 pisos máximo
	e. Muros de mampostería reforzada externamente (1 cara) (2)	Muros de mampostería no reforzada y algunos reforzados externamente (2)	1	1.0	Grupo I	1 piso máximo	Grupo I	2 pisos máximo	Grupo I	2 pisos máximo
	f. Muros de mampostería reforzada externamente (1 cara) (2)	Muros de mampostería confinados y algunos reforzados externamente (2)	2	1.0	Grupo I	2 pisos Máximo	Grupo I	3 pisos máximo	Grupo I	3 pisos máximo

(1) C<sub>R</sub> es Factor de Vulnerabilidad descrito en la Sección A.4. de este manual.

(2) Varía de lo establecido para edificación nueva en NSR-10 para obras nuevas.

(3) Para Muros confinados ver D.10 NSR-10 y para muros diafragma si están totalmente confinados se pueden considerar como muros confinados y si solo lo están parcialmente deben cumplir las condiciones de D.11 NSR-10

Figura 23 Selección del factor de Reducción Sísmica según el sistema estructural. Fuente Manual Build Change 2015

### 3.8.3.3 Resultado de los cálculos de Porcentaje de Área Efectiva ( $PAM_{efectiva}$ ) y de Porcentaje de área requerida ( $PAM_{req}$ ).

A continuación, se muestran los resultados de los cálculos realizados para el porcentaje de área efectiva ( $PAM_{efectiva}$ ) y el porcentaje de área requerida ( $PAM_{req}$ ), según lo dispuesto en el Manual Build Change.

Para el cálculo de la Sismicidad  $S_a$ , se supuso que el perfil de suelo donde se encuentra ubicada la vivienda es de tipo D, con los parámetros para el cálculo del espectro que se muestran a continuación.

Se ha considerado el valor de  $S_a$  en la meseta, por tal motivo  $S_a=0.45g$  para los cálculos aquí presentados.

<b>Aa</b>	0,15	Aceleración horizontal pico efectiva
<b>Av</b>	0,2	Velocidad horizontal pico efectiva
<b>Fa</b>	1,2	Coefficiente de amplificación para periodos cortos
<b>Fv</b>	1,6	Coefficiente de amplificación para periodos intermedios
<b>I</b>	1	Factor de importancia

	<b>T (seg)</b>	<b>Sa (g)</b>
	0,000	0,450
<b>To</b>	0,178	0,450
<b>Tc</b>	0,853	0,450
	0,953	0,403
	1,053	0,365
	1,153	0,333
	1,253	0,306
	1,353	0,284
	1,453	0,264
	1,553	0,247
	1,653	0,232
	1,753	0,219
	1,853	0,207
	1,953	0,197
	2,053	0,187
	2,153	0,178
	2,253	0,170
	2,353	0,163
	2,453	0,157
	2,553	0,150
	2,653	0,145
	2,753	0,139
	2,853	0,135
	2,953	0,130
	3,053	0,126
	3,153	0,122
	3,253	0,118
	3,353	0,115
	3,453	0,111
	3,553	0,108
	3,653	0,105
	3,753	0,102
<b>TL</b>	3,840	0,100
	3,940	0,097
	4,040	0,095
	4,140	0,093
	4,240	0,091
	4,340	0,088
	4,440	0,086
	4,540	0,085
	4,640	0,083
	4,740	0,081
	4,840	0,079
	4,940	0,078
	5,040	0,076
	5,140	0,075
	5,240	0,073
	5,340	0,072
	5,440	0,071

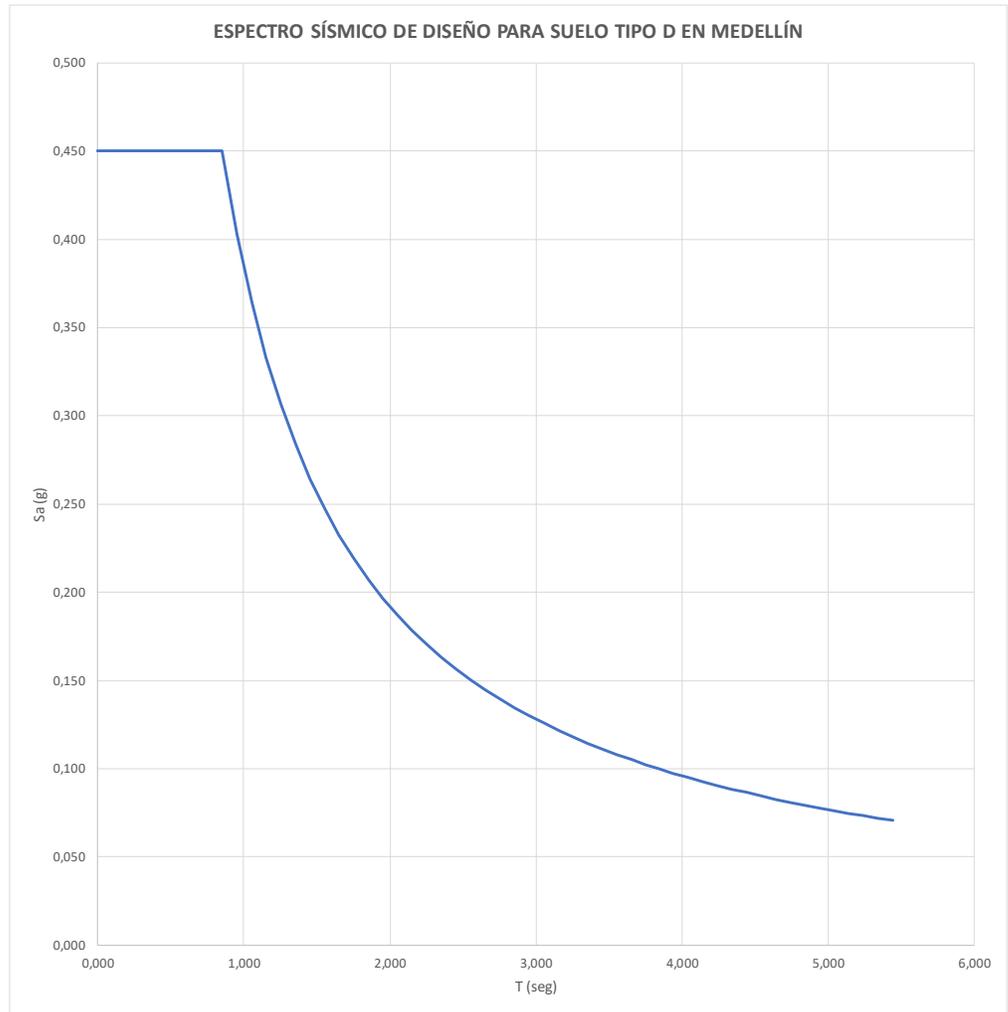


Figura 24 Sa para el cálculo de *PAM req*. Fuente Elaboración propia

**CÁLCULO DEL PAMreq**

**PAM requerido:**  $(bPAM_{requerido} \times C_B \times C_Q \times C_R \times C_P \times C_W \times 1/R) \geq 8\%$  (para MNR),  $\geq 4\%$  (para MC)

FACTORES PARA % ÁREA REQUERIDA	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
CB	0,91	1	1
CQ	1,35	1,35	1,35
CR	1	1	1
CP	0,79	0,65	0,39
CW	1,66	1,14	1,14
R	2	2	2
<b>PAMrequerido</b>	<b>36%</b>	<b>23%</b>	<b>14%</b>

Dónde:

- C<sub>B</sub> Factor de resistencia del bloque de 1.13 a 0.40
- C<sub>Q</sub> Factor de calidad de obra de 1.00 a 1.70
- C<sub>R</sub> Factor de vulnerabilidad para el análisis (0.75 para vulnerabilidad, 1.00 para reforzamientos)
- C<sub>P</sub> Factor de piso de 0.39 a 1.00
- C<sub>W</sub> Factor de peso sísmico de 1.00 a 2.03
- R Factor de Reducción de la fuerza sísmica de 1.0 a 2.0, ver Tabla A.3.1
- MNR Mampostería No Reforzada
- MC Mampostería Confinada

**VALORES TOMADOS PARA LA CALCULACIÓN**

Factor de Resistencia del bloque, C<sub>B</sub>

f <sub>cu</sub> de la mampostería MPa (psi) <sup>1</sup>	Factor C <sub>B</sub>	
	Bloque 4 y 5	Tolete <sup>2</sup>
1.5 (218)	1.13	1.00
2.0 (290)	1.00	0.91
3.0 (436)	0.74	0.74
8.0 (1160)	0.54	0.57
12.0 (1740)	0.44	0.48
>15 (2750)	0.40	0.43

C<sub>Q</sub> = 1.35 para mala calidad

C<sub>R</sub> = Factor de vulnerabilidad para el análisis

0.75 para vulnerabilidad,

1.00 para reforzamientos

C<sub>P</sub> = Factor de Piso requerido para considera diferenciada se requiere para cada nivel (piso) de ser reforzados según los requerimientos de la lista **Para edificaciones con pisos y cubiertas pesadas**

Nivel	# de pisos		
	1 piso	2 pisos	3 pisos
3	-	-	0.39
2	-	0.57	0.65
1	1.00	0.86	0.79

Factor de Peso Sísmico, C<sub>W</sub> = (Peso Sísmico real distribuido a medio nivel)/4.8kPa

Revoque de muros (Bloque 4 o 5)	Revoques en los otros muros		
	Ninguno		
Ninguno	1.00		
1-capa de pañete (1.5cm) <50% de los muros	1.07		
1-capa de pañete (1.5cm) >50% de los muros	1.14		<b>1-Capa de pañete (1.5cm)</b>
2-capas de pañete (3cm) <50% de los muros	1.14	1.20	
2-capas de pañete (3cm) >50% de los muros	1.27	1.27	<b>2-Capas de pañete (3cm)</b>
Recubrimiento de concreto reforzado <50% de los muros	1.32	1.38	1.45
Recubrimiento de concreto reforzado >50% de los muros	1.63	1.63	1.63

Revoque de muros (Tolete)	Revoques en los otros muros		
	Ninguno		
Ninguno	1.40		
1-capa de pañete (1.5cm) <50% de los muros	1.46		
1-capa de pañete (1.5cm) >50% de los muros	1.53		<b>1-Capa de pañete (1.5cm)</b>
2-capas de pañete (3cm) <50% de los muros	1.53	1.60	
2-capas de pañete (3cm) >50% de los muros	1.66	1.66	<b>2-Capas de pañete (3cm)</b>
Recubrimiento de concreto reforzado <50% de los muros	1.71	1.78	1.85
Recubrimiento de concreto reforzado >50% de los muros	2.03	2.03	2.03

Tabla A.3.1. Sistemas estructurales de muros de carga

Sistema de Muros de Carga		R	C <sub>u</sub>	Zonas de Amenaza Sísmica						
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			Alta	Intermedia	Baja	Uso permitido	Altura máxima	Uso permitido	Altura máxima
1. Muros estructurales										
VULNERABILIDAD	a. Muros de mampostería no reforzada (MNR)	El mismo	1	0.75	Grupo I	1 piso máximo (2)	Grupo I	2 pisos máximo (2)	Grupo I	2 pisos máximo
	b. Muros de mampostería confinada (MC) (3)	El mismo	2	0.75	Grupo I	2 pisos Máximo	Grupo I	3 pisos máximo	Grupo I	3 pisos máximo
REFORZAMIENTO	c. Muros de mampostería no reforzada o con algunos confinados	El mismo	1	1.0	Grupo I	1 piso máximo (2)	Grupo I	2 pisos máximo (2)	Grupo I	2 pisos máximo
	d. Muros de mampostería confinada (MC)	Muros de mampostería confinados	2	1.0	Grupo I	2 pisos Máximo	Grupo I	3 pisos máximo	Grupo I	3 pisos máximo
	e. Muros de mampostería reforzada externamente (1 cara)	Muros de mampostería no reforzada y algunos reforzados externamente (2)	1	1.0	Grupo I	1 piso máximo	Grupo I	2 pisos máximo	Grupo I	2 pisos máximo
	f. Muros de mampostería reforzada externamente (1 cara) (2)	Muros de mampostería confinados y algunos reforzados externamente (2)	2	1.0	Grupo I	2 pisos Máximo	Grupo I	3 pisos máximo	Grupo I	3 pisos máximo

(1) C<sub>u</sub> es Factor de Vulnerabilidad descrito en la Sección A.4. de este manual.  
 (2) Vanía de lo establecido para edificación nueva en NSR-10 para obras nuevas.  
 (3) Para Muros confinados ver D.10 NSR-10 y para muros diafragma si están totalmente confinados se pueden considerar como muros confinados y si solo lo están parcialmente deben cumplir las condiciones de D.11 NSR-10

Figura 25 Cálculo del Porcentaje de Área Requerido (PAMreq). Fuente Elaboración propia

VALORES TOMADOS PARA LA CALCULACIÓN																																													
$K_m$	1	Mismo bloque existente	$K_m$ : <table border="1"> <tr> <th colspan="2">mampostería nueva</th> <th colspan="4">mampostería existente</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="4">f<sub>cu</sub> MPa</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>3.0</td> <td>8.0</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo Portante (&gt;15MPa, 67% Sólido)</td> <td></td> <td>6.0</td> <td>6.0</td> <td>5.0</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo Estructural PV (&gt;15MPa, 55% Sólido)</td> <td></td> <td>5.0</td> <td>4.0</td> <td>3.5</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>Bloque 5 PH (&gt;3 MPa, 26% Sólido)</td> <td></td> <td>1.4</td> <td>1.2</td> <td>1.0</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>Relleno de Vanos, Mismo material que el existente (&gt;2Mpa)</td> <td></td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> </tr> </table>	mampostería nueva		mampostería existente						f <sub>cu</sub> MPa						1.5	2.0	3.0	8.0	Ladrillo Portante (>15MPa, 67% Sólido)		6.0	6.0	5.0	3.0	Ladrillo Estructural PV (>15MPa, 55% Sólido)		5.0	4.0	3.5	2.0	Bloque 5 PH (>3 MPa, 26% Sólido)		1.4	1.2	1.0	0.6	Relleno de Vanos, Mismo material que el existente (>2Mpa)		1.0	1.0	1.0	1.0
mampostería nueva		mampostería existente																																											
		f <sub>cu</sub> MPa																																											
		1.5		2.0	3.0	8.0																																							
Ladrillo Portante (>15MPa, 67% Sólido)		6.0		6.0	5.0	3.0																																							
Ladrillo Estructural PV (>15MPa, 55% Sólido)		5.0	4.0	3.5	2.0																																								
Bloque 5 PH (>3 MPa, 26% Sólido)		1.4	1.2	1.0	0.6																																								
Relleno de Vanos, Mismo material que el existente (>2Mpa)		1.0	1.0	1.0	1.0																																								
$K_p$	1	revoque en un lado																																											
$K_p$	2	revoque en dos lados																																											
$K_c$	4	revoque + malla en un lado																																											
$K_c$	8	revoque + malla en un lado																																											
$K_c$ : = 4 al agregar 6.0 cm de recubrimiento de concreto reforzado Nuevo a una pared de 9 cm (en una sola cara). $K_p$ : = 1.0 (1.5 cm de revoque a un lado de la muro) $K_p$ : = 2.0 (1.5 cm de revoque a cada lado del muro, un total de 3.0cm)																																													
CÁLCULO DE $PAM$ Efectiva																																													
Calcule el Área Efectiva de Muros después de reforzar																																													
$PAM$ efectiva	$= \underbrace{\frac{A_{muro\;existente}}{A_b}}_{PAM\;actual} + \underbrace{\frac{0.095 \times (\sum K_m L_m + \sum K_p L_p + \sum K_c L_c)}{A_b}}_{PAM\;reforzado}$																																												
<b>NIVEL</b>	<b><math>PAM</math> Existente</b>	<b><math>PAM</math> Efectiva (dirección Transversal)</b>	<b><math>PAM</math> Efectiva (dirección Longitudinal)</b>																																										
1	20%	36%	36%																																										
2	4%	24%	24%																																										
3	7%	14%	20%																																										

Figura 26 Cálculo del Porcentaje de Área Efectiva ( $PAM$  Efectiva). Fuente Elaboración propia

### 3.8.4 Resultado de los reforzamientos realizados utilizando según la metodología Build Change

Se presentan a continuación los resultados de reforzamiento de cada uno de los niveles de la vivienda, dando cumplimiento a la metodología del Manual Build Change, con los porcentajes de áreas efectivas y las áreas requeridas para reforzar la estructura.

En las tablas se señalan el tipo de reforzamiento que debe llevar cada muro por piso, en la dirección longitudinal y transversal.

Todos los muros deberán ser revocados con 15mm de espesor en una sola cara. Algunos muros requieren un reforzamiento de 60mm de revoque o concreto lanzado con malla electrosoldada por una o por dos caras.

En general se observa que los muros de la dirección transversal en los tres niveles de la edificación son los que requieren el tratamiento de revoque o concreto lanzado con malla electrosoldada. En la dirección longitudinal se observa que solo se requiere tratamiento por una cara en casos puntuales.

Para la realización de los cálculos, los muros longitudinales perimetrales que están adosados a las viviendas vecinas se contemplaron con su espesor real efectivo (alrededor de 70mm), por tal motivo en todos los pisos es necesario incrementar su espesor con 60mm de revoque o concreto lanzado con malla electrosoldada.

En el Nivel 1 los muros de la fachada requieren ser alargados, por tal motivo es necesario rellenar algunos vanos de ventanas e instalar ventanas de menor dimensión. Del mismo modo, es necesario rellenar algunos vanos de ventanas en muros interiores, por tal motivo se ha alargado la longitud de algunos muros y se han demolido otros muros cortos que para generar ingreso de luz y ventilación a la vivienda.

En el Nivel 2 es necesario construir un muro de soporte de la escalera. Esta construcción implica que se requiera demoler un muro y reconstruirlo en otra posición.

En el Nivel 3 es necesario construir una viga de amarre superior para generar una mejor distribución de las cargas.

NIVEL 1								
DIRECCIÓN TRANSVERSAL								
MURO	Esesor de revoque (m)	0,025	Kmxlm	Kpxlp	Kcxlc	MUROS DESPUÉS DE REFORZAR		
	Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				ESPEJOR FINAL (m)	LONGITUD FINAL	TIPO DE REFORZAMIENTO
M1	1,975	0,15	1,975	1,975	15,8	0,27	2,00	60mm de revoque + malla en dos lados
M2	1,975	0,15	1,975	1,975	15,8	0,27	2,00	60mm de revoque + malla en dos lados
M3	6,375	0,15	6,375	6,375	25,5	0,21	6,40	60m de revoque + malla en un lado
m1	0,935	0,15	0,935	0,935	7,48	0,27	0,96	60mm de revoque + malla en dos lados
m2	0,115	0,15	0,115	0,115	0,46	0,21	0,14	60mm revoque y malla en un lado
m3	0,925	0,15	0,925	0,925	3,7	0,27	0,95	60mm de revoque + malla en dos lados
m4	1,775	0,15	1,775	1,775	14,2	0,27	1,80	60mm de revoque + malla en dos lados
m5	0	0,15	0	0	0			Se demuele
m6	2,325	0,1	2,325	2,325	18,6	0,22	2,35	60mm de revoque + malla en dos lados
m7	0	0,15	0	0	0			Se demuele
m8	0,575	0,1	0,575	0,575	2,3	0,16	0,60	60m de revoque + malla en un lado
m9	0,525	0,1	0,525	0,525	2,1	0,16	0,55	60m de revoque + malla en un lado
m10	1,125	0,1	1,125	1,125	4,5	0,16	1,15	60m de revoque + malla en un lado
			18,625	18,625	110,44			

Ac (m2)	54,965
PMA (%)	10%
PAM efectiva (%)	36%
PAM requerido	36%

Cumple

DIRECCIÓN LONGITUDINAL								
MURO	Esesor de revoque (m)	0,025	Kmxlm	Kpxlp	Kcxlc	MUROS DESPUÉS DE REFORZAR		
	Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				ESPEJOR FINAL (m)	LONGITUD FINAL	TIPO DE REFORZAMIENTO
MA	10,045	0,075	10,045	10,045	10,045	0,14	10,07	60mm de revoque + malla en un lado
MB	10,045	0,075	10,045	10,045	10,045	0,14	10,07	60mm de revoque + malla en un lado
ma	1,175	0,1	1,175	1,175	1,175	0,16	1,2	15mm de revoque en un lado
mb	1,275	0,1	1,275	1,275	5,1	0,12	1,3	60mm de revoque + malla en un lado
mc	1,875	0,1	1,875	1,875	7,5	0,12	1,9	60mm de revoque + malla en un lado
md	2,895	0,15	2,895	2,895	2,895	0,27	2,92	60mm de revoque + malla en dos lados
me	1,695	0,1	1,695	1,695	1,695	0,22	1,72	60mm de revoque + malla en dos lados
			29,005	29,005	38,455			

Ac (m2)	54,965
PMA (%)	20%
PAM efectiva (%)	36%
PAM requerido	36%

Cumple

Figura 27 Porcentaje de Área Efectiva (PAM Efectiva) Nivel 1. Fuente Elaboración propia

NIVEL 2								
DIRECCIÓN TRANSVERSAL								
MURO	Espesor de revoque (m) Longitud lmi (m)	0	Kmxlm	Kpxlp	Kcxlc	MUROS DESPUÉS DE REFORZAR		
		Espesor tmi (m)				ESPEJOR FINAL (m)	LONGITUD FINAL	TIPO DE REFORZAMIENTO
M1	0,89	0,15	0,89	0,89	7,12	0,27	0,89	60mm de revoque + malla en dos lados
M2	1,1	0,15	1,1	1,1	8,8	0,27	1,10	60mm de revoque + malla en dos lados
M3	1,5	0,15	1,5	1,5	12	0,27	1,50	60mm de revoque + malla en dos lados
M4	2,36	0,15	2,36	2,36	18,88	0,27	2,36	60mm de revoque + malla en dos lados
M5	2,68	0,15	2,68	2,68	21,44	0,27	2,68	60mm de revoque + malla en dos lados
M6	6,43	0,15	6,43	6,43	25,72	0,21	6,43	60mm de revoque + malla en un lado
m1	0,79	0,15	0,79	0,79	6,32	0,17	0,79	60mm de revoque + malla en un lado
m2	0,67	0,15	0,67	0,67	5,36	0,17	0,67	60mm de revoque + malla en un lado
m3	0,3	0,15	0,3	0,3	0,3	0,17	0,30	15mm de revoque en un lado
m4	0,79	0,15	0,79	0,79	6,32	0,27	0,79	60mm de revoque + malla en dos lados
m5	0,73	0,15	0,73	0,73	5,84	0,27	0,73	60mm de revoque + malla en dos lados
m6	0,71	0,15	0,71	0,71	0,71	0,17	0,71	15mm de revoque en un lado
m7	0,65	0,10	0,65	0,65	0,65	0,12	0,65	15mm de revoque en un lado
m8	0	0,10	0	0	0	0,00	0,00	Se demuele
m9	0,6	0,15	0,6	0,6	0,6	0,17	0,60	15mm de revoque en un lado
m10	0,3	0,15	0,3	0,3	0,3	0,17	0,30	15mm de revoque en un lado
m11	0,2	0,15	0,2	0,2	0,2	0,17	0,20	15mm de revoque en un lado
m12	0,9	0,15	0,9	0,9	0,9	0,17	0,90	15mm de revoque en un lado
m13 (nuevo)	1	0,15	1	1	1	0,17	1,00	Muro nuevo para soporte de escalera
			22,6	21,6	119,46			

Ac (m2)	79,33
PMA (%)	4%
PAM efectiva (%)	24%
PAM requerido	23%

Cumple

DIRECCIÓN LONGITUDINAL								
MURO	Espesor de revoque (m) Longitud lmi (m)	0	Kmxlm	Kpxlp	Kcxlc	MUROS DESPUÉS DE REFORZAR		
		Espesor tmi (m)				ESPEJOR FINAL (m)	LONGITUD FINAL	TIPO DE REFORZAMIENTO
MA	13,28	0,075	13,28	13,28	13,28	0,14	13,28	60mm de revoque + malla en un lado
MB	13,28	0,075	13,28	13,28	13,28	0,14	13,28	60mm de revoque + malla en un lado
MC	2,26	0,15	2,26	2,26	2,26	0,17	2,26	15mm de revoque en un lado
MD	2,4	0,15	2,4	2,4	9,6	0,21	2,40	60mm de revoque + malla en un lado
ma	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,12	0,50	15mm de revoque en un lado
mb	1,55	0,1	1,55	1,55	6,2	0,16	1,55	60mm de revoque + malla en un lado
mc	1,53	0,1	1,53	1,53	6,12	0,16	1,53	60mm de revoque + malla en un lado
md	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,12	0,20	15mm de revoque en un lado
me	1	0,1	1	1	1	0,12	1,00	15mm de revoque en un lado
mf	0,9	0,1	0,9	0,9	0,9	0,12	0,90	Se demuele y se reconstruye
mg	0,5	0,15	0,5	0,5	0,5	0,17	0,50	15mm de revoque en un lado
mh	0,87	0,15	0,87	0,87	0,87	0,21	0,87	60mm de revoque + malla en un lado
mi	2,23	0,15	2,23	2,23	2,23	0,21	2,23	60mm de revoque + malla en un lado
			40,5	40,5	56,94			

Ac (m2)	79,332
PMA (%)	7%
PAM efectiva (%)	24%
PAM requerido	23%

Cumple

Figura 28 Porcentaje de Área Efectiva (PAM Efectiva) Nivel 2. Fuente Elaboración propia

NIVEL 3								
DIRECCIÓN TRANSVERSAL								
MURO	Esesor de revoque (m)	0	Kmxlm	Kpxlp	Kcxlc	MUROS DESPUÉS DE REFORZAR		
	Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				ESPESOR FINAL (m)	LONGITUD FINAL	TIPO DE REFORZAMIENTO
M1	4,68	0,10	4,68	4,68	37,44	0,22	4,68	60mm de revoque + malla en dos lados
M2	1,77	0,10	1,77	1,77	7,08	0,16	1,77	60mm de revoque + malla en un lado
M3	1	0,10	1	1	4	0,16	1,00	60mm de revoque + malla en un lado
p1	1	0,07	1	1	1	0,19	1,00	60mm de revoque + malla en dos lados
p2	1	0,07	1	1	1	0,19	1,00	15mm de revoque en un lado
p3	1	0,07	1	1	1	0,13	1,00	15mm de revoque en un lado
p4	2	0,07	2	2	2	0,19	2,00	15mm de revoque en un lado
p5	1	0,07	1	1	1	0,19	1,00	15mm de revoque en un lado
p6	1	0,07	1	1	1	0,19	1,00	15mm de revoque en un lado
p7	2	0,07	2	2	2	0,19	2,00	15mm de revoque en un lado
p8	1	0,07	1	1	1	0,19	1,00	15mm de revoque en un lado
p9	1	0,07	1	1	1	0,19	1,00	15mm de revoque en un lado
p10	1	0,07	1	1	1	0,19	1,00	15mm de revoque en un lado
p11	1	0,07	1	1	1	0,19	1,00	15mm de revoque en un lado
			20,45	20,45	61,52			

Ac (m2)	81,31	
PMA (%)	2%	
PAM efectiva (%)	14%	Cumple
PAM requerido	14%	

DIRECCIÓN LONGITUDINAL								
MURO	Esesor de revoque (m)	0	Kmxlm	Kpxlp	Kcxlc	MUROS DESPUÉS DE REFORZAR		
	Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				ESPESOR FINAL (m)	LONGITUD FINAL	TIPO DE REFORZAMIENTO
MA	13,2	0,075	13,2	13,2	13,2	0,14	13,20	60mm de revoque + malla en un lado
MB	6,2	0,1	6,2	6,2	6,2	0,16	6,20	60mm de revoque + malla en un lado
MC	2,85	0,1	2,85	2,85	2,85	0,12	2,85	60mm de revoque + malla en un lado
MD	3,1	0,1	3,1	3,1	3,1	0,12	3,10	60mm de revoque + malla en un lado
PA	6	0,07	6	6	6	0,09	6,00	15mm de revoque en un lado
PB	6	0,07	6	6	6	0,09	6,00	15mm de revoque en un lado
ma	1,1	0,1	1,1	1,1	1,1	0,12	1,10	15mm de revoque en un lado
mb	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,12	0,50	15mm de revoque en un lado
mc	0,97	0,1	0,97	0,97	0,97	0,12	0,97	15mm de revoque en un lado
pa	1	0,07	1	1	1	0,09	1,00	15mm de revoque en un lado
pb	1	0,07	1	1	1	0,09	1,00	15mm de revoque en un lado
pc	2	0,07	2	2	2	0,09	2,00	15mm de revoque en un lado
pd	1	0,07	1	1	1	0,09	1,00	15mm de revoque en un lado
			44,92	44,92	44,92			

Ac (m2)	81,312	
PMA (%)	5%	
PAM efectiva (%)	20%	Cumple
PAM requerido	14%	

Figura 29 Porcentaje de Área Efectiva (PAM Efectiva) Nivel 3. Fuente Elaboración propia

A continuación, se presenta de manera esquemática los muros que requieren reforzamiento con malla por cada piso según los análisis. En color amarillo se presentan los muros que deben cambiar de espesor (o de longitud en algunos casos) en la dirección transversal, y el color azul representa los muros que deben cambiar de espesor en la dirección longitudinal. Los muros nuevos se presentan en color rojo.

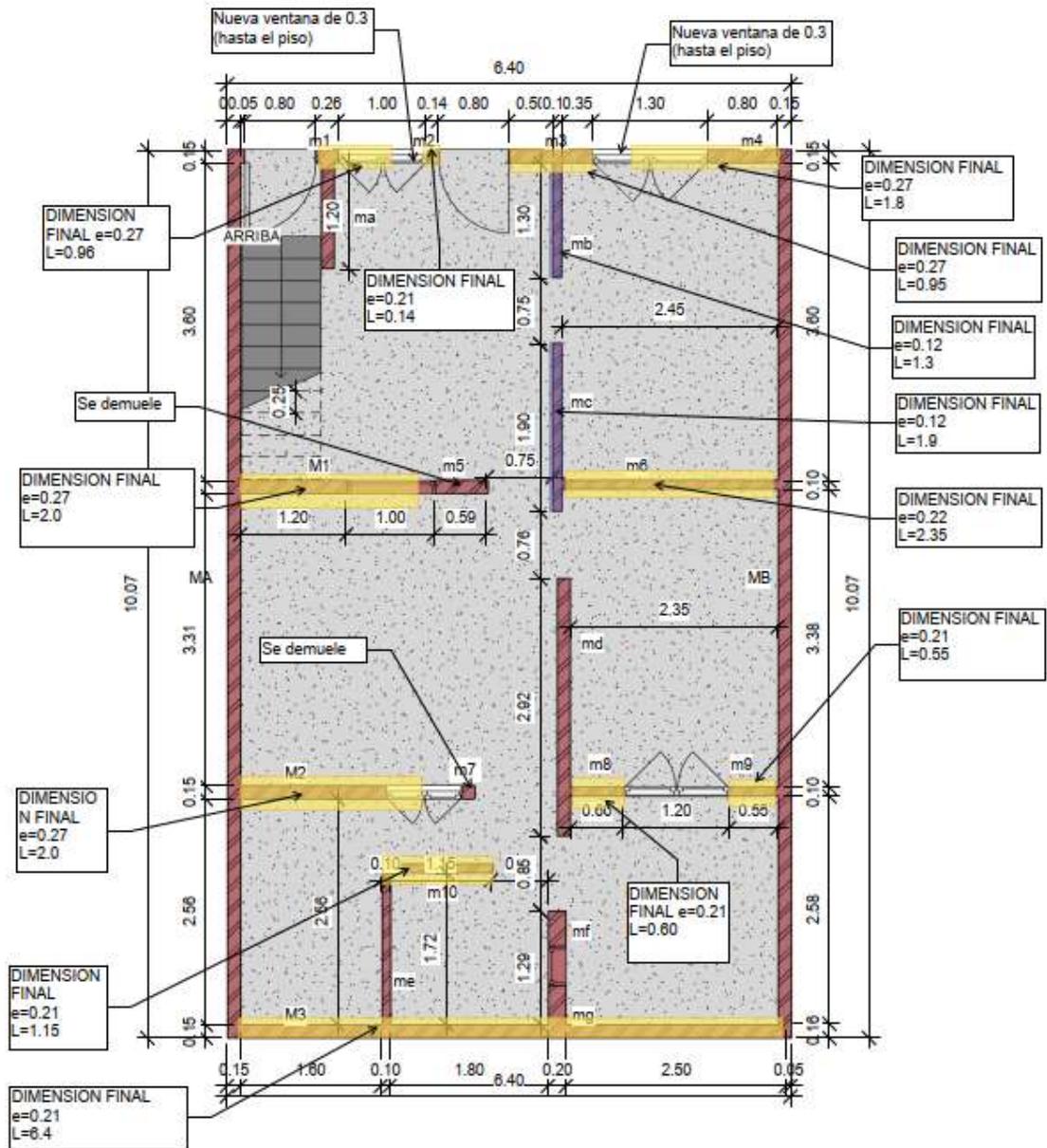


Figura 30 Representación gráfica de reforzamiento de muros en Nivel 1 (dimensiones en m). Fuente Elaboración propia

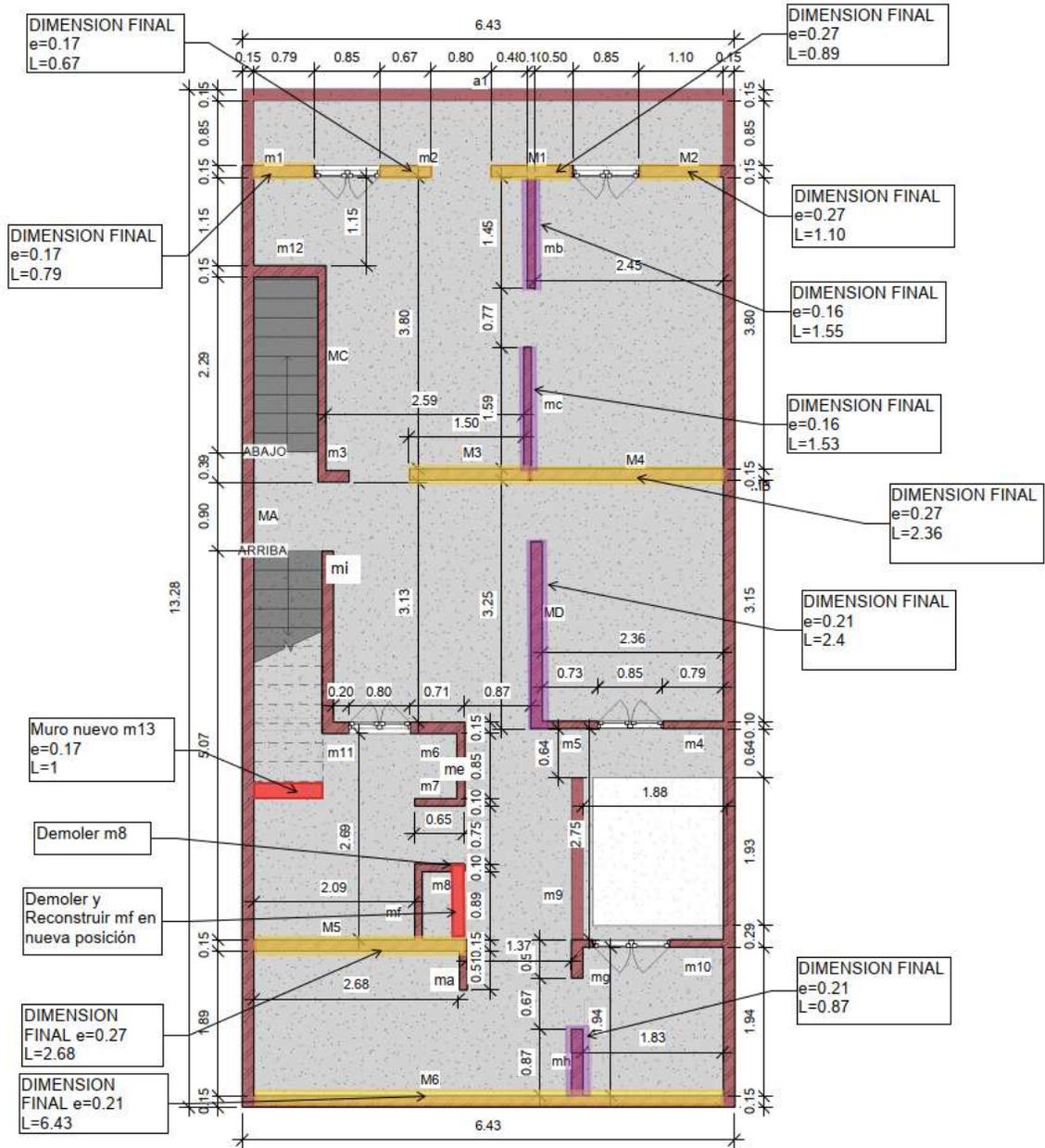


Figura 31 Representación gráfica de reforzamiento de muros en Nivel 2 (dimensiones en m). Fuente Elaboración propia

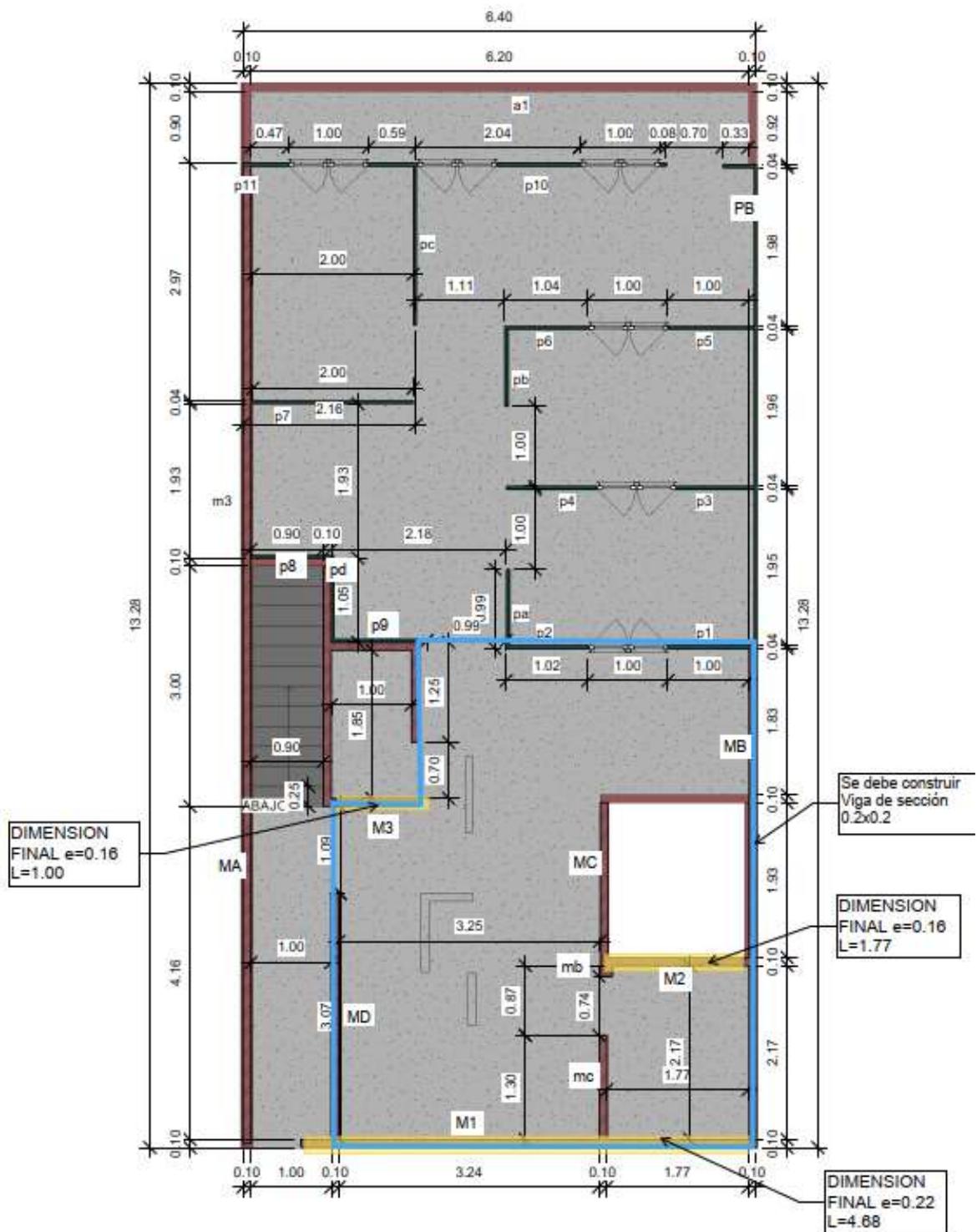


Figura 32 Representación gráfica de reforzamiento de muros en Nivel 3 (dimensiones en m). Fuente Elaboración propia

### 3.8.5 Lista de verificación para identificar deficiencias en la estructura reforzada

Luego de desarrollar la metodología de reforzamiento indicada por el Manual Build Change, se realiza nuevamente el llenado de la lista de verificación de deficiencias. Los resultados se muestran en las siguientes tablas.

LISTA DE VERIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS						
1	AMENAZA GEOLÓGICAS DEL SITIO	C	NC	N/A	NIVEL	NOTAS
1.1	LICUEFACCIÓN: No deben existir suelos sueltos, granulares, saturados, susceptibles a licuefacción porque podrían comprometer el desempeño sísmico de la edificación en los 15 metros por debajo de la cimentación.	X			-	El sitio se localiza fuera de zonas de licuefacción conocidas
1.2	FALLA DE LADERA: La pendiente de la ladera es inferior al 17%			X	-	Suposición para el estudio
1.3	MUROS DE CONTENCIÓN DEL SITIO: Los muros de contención de piedra sin refuerzo o muros de concreto ciclópeo ambos muros de gravedad) que soporten directamente la estructura no podrán tener una elevación superior a 2.0m sin refuerzo adicional. Todos los sistemas de muros de gravedad sólidos deberán contar con perforaciones de drenaje (lloraderas).	X			-	Suposición para el estudio. No se cuenta con información al respecto. El nivel de vía está a nivel de la casa
2	CIMENTOS	C	NC	N/A		NOTAS
2.1	CIMENTACION DE MUROS: El cimiento esta hecho de piedra y mortero, concreto ciclópeo, o concreto reforzado. La cimentación es continua bajo todos los muros y en todo el perímetro. Hay una viga abajo de todos los muros cuando el sistema sea mampostería confinada o cuando la pendiente sea superior a 17%. Todas las columnas están conectadas a la cimentación y los cimientos están empotrados al menos 50cm por debajo del nivel de desplante.	X			-	Suposición para el estudio: x Se aumenta la dimensión del cimiento existente agregando concreto. .
2.2	DESEMPEÑO DE LOS CIMENTOS: No hay evidencias de movimientos excesivos de la cimentación, como ser asentamientos o levantamientos que afecten la integridad o Resistencia de la estructura.	X			-	Suposición para el estudio: x Se refuerza la pared que presenta el asentamiento diferencial y la grieta, y se refuerzan los cimientos
2.3	VOLCAMIENTO: La altura total de la edificación (h) es inferior a tres veces la menor dimensión lateral (w).	X			-	$h=7,75$ $w=6,4$ $3w=19,2$ entonces $h<3w$
2.4	CONEXIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACIÓN: Para todos los sitios en ladera (>17% pendiente) o para Sitios con suelo blando, los elementos de la cimentación estarán interconectados por una placa de concreto reforzado, y los cimientos y vigas serán continuos bajo todos los muros.	X			-	Suposición para el estudio: x Se aumenta la dimensión del cimiento existente agregando concreto continuo bajo todos los muros
2.5	DETERIORO: No hay evidencias de que los elementos de la cimentación tengan deterioro excesivo debido a la corrosión, ataque de sulfatos, descomposición de materiales, u otras razones que pudieran afectar la integridad o resistencia de la estructura	X			-	Suposición para el estudio: x Se aumenta la dimensión del cimiento existente agregando concreto continuo bajo todos los muros

Tabla 7 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numerales 1 y 2

Manual Build Change. Fuente: elaboración propia

3	SISTEMA CONSTRUCTIVO	C	NC	N/A		NOTAS	
3.1	MATERIALES: Los materiales utilizados para los sistemas de cargas por gravedad y de cargas laterales son de concreto reforzado y mampostería de unidades de arcilla, o unidades de concreto. Un sistema liviano de madera y lámina metálica para la cubierta puede estar presente pero sin diseño sísmico.	X			1	Muros de mampostería no reforzada, losas de concreto reforzado y escaleras de concreto reforzado en niveles 1 y	
		X			2	2. En el tercer nivel se tienen plaquetas prefabricadas, mampostería no reforzada y cubierta en machimbre y teja de barro	
		X			3		
3.2	x Es necesario un mínimo de dos ejes distintos de muros en cada dirección.	TRAYECTORIA DE LAS CARGAS:				Dir. Transv.	Dirección Transversal:
		X			1	3 muros	
		X			2	6 muros	
		X			3	3 muros	
						Dir. Longit.	Dirección Longitudinal:
		X			1	2 muros	
		X			2	4 muros	
		X			3	4 muros	
		x Un eje adicional de muro es necesario por cada 4.0 m de espacio.					Dir. Transv.
	X				1	3 muros	
	X				2	6 muros	
	X				3	3 muros <i>Se refuerza la estructura para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.</i>	
					Dir. Longit.	Dirección Longitudinal: <i>Se refuerza la estructura para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.</i>	
	X				1	2 muros	
	X				2	4 muros	
	X				3	4 muros	
	x Los muros a los que se les atribuya resistencia lateral deberán tener una longitud de al menos 1.0 m.						Dir. Transv.
		X			1	3 muros	
		X			2	6 muros	
		X			3	3 muros	
						Dir. Longit.	Dirección Longitudinal:
		X			1	2 muros	
		X			2	4 muros	
		X			3	4 muros	
x Los muros paralelos no tendrán más de 4.0m de distancia entre ellos.						Dir. Transv.	Dirección Transversal:
	X			1	3 muros		
	X			2	6 muros		
	X			3	3 muros <i>Se refuerza la estructura para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.</i>		
					Dir. Longit.	Dirección Longitudinal: <i>Se refuerza la estructura para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.</i>	
	X			1	2 muros		
	X			2	4 muros		
	X			3	4 muros		
	x Los muros estarán conectados al diafragma de arriba y de abajo por vigas reforzadas continuas y centradas en el eje del muro.					Dir. Transv.	Dirección Transversal:
X				1	<i>Se refuerza la estructura para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.</i>		
X				2			
X				3			
				Dir. Longit.	Dirección Longitudinal:		
X				1	<i>Se refuerza la estructura para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.</i>		
X				2			
X				3			
x La viga de cimentación deberá ser contigua a la placa de contra-piso.						Dir. Transv.	Dirección Transversal:
	X			1	<i>Se refuerza la estructura para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.</i>		
					Dir. Longit.	Dirección Longitudinal:	
				X	1	<i>Se refuerza la estructura para proporcionar una trayectoria de carga adecuada.</i>	

Tabla 8 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numeral 3.1 y 3.2

Manual Build Change. Fuente: elaboración propia

3.3	CANTIDAD DE PISOS: La cantidad máxima de pisos es de tres, y de un solo nivel en zona sísmica alta.	X				3 Pisos zona amenaza sísmica intermedia Aa=0,15g
3.4	ALTURA DE PISOS: La altura máxima no es mayor a 25 veces el espesor mínimo de los muros en ese piso (NSR-10, 0.3.3). No se recomienda que en ningún caso la altura libre exceda los 3.0 metros en planta baja, o 2.75 metros en los pisos superiores.	X			1	h=2,25m Espesor mínimo de muros en ese piso e= 0,15m; 25e= 3,75m, por lo que h<3,75m
		X			2	h=2,40m Espesor mínimo de muros en ese piso e= 0,15m; 25e= 3,75m, por lo que h<3,75m
		X			3	h=2,75m Espesor mínimo de muros en ese piso e= 0,10m; 25e= 2,5m, por lo que h>2,5m Se agrega una viga superior que mejora la condición de altura a 2.4m para la transferencia de cargas
3.5	CARGA: El peso promedio (1.0xD) de cada nivel, incluyendo la carga aferente de paredes y contenidos (cargas vivas y muertas), no excede 4.8kPa (0.480 tonf/m <sup>2</sup> , 100 psf, libras por pie cuadrado). Ese es el peso correspondiente a una edificación típica con pocos o ningún recubrimiento sobre los muros.	X			1	1,18 ton/m <sup>2</sup> No se puede disminuir el peso de la vivienda. Se mejora la condición de resistencia sísmica de la vivienda y se incorpora cimentación
		X			2	0,84ton/m <sup>2</sup> No se puede disminuir el peso de la vivienda. Se mejora la condición de resistencia sísmica de la vivienda y se incorpora cimentación
		X			3	0,49 ton/m <sup>2</sup> No se puede disminuir el peso de la vivienda. Se mejora la condición de resistencia sísmica de la vivienda y se incorpora cimentación
3.6	SISTEMA DE PISO Y CUBIERTA: Los sistemas de pisos elevados y de cubierta son del tipo común en Colombia aproximadamente entre 10 y 15cm de espesor de concreto armado). Las cubiertas también pueden ser de materiales livianos, como son perfiles metálicos y lámina de techo.	X			1	Piso 10cm (Valor supuesto); Cubierta: 30cm; en concreto reforzado
		X			2	Piso 30cm; Cubierta: 10cm; en concreto reforzado
		X			3	Piso 10cm en concreto reforzado; Cubierta: teja de barro
3.7	MUROS: Los muros estructurales están compuestos de unidades de mampostería de arcilla cocida, ladrillos y bloques cerámicos y mortero. Las unidades de mampostería y las juntas están en condiciones aceptables. Puede ser que los muros estén recubiertos de pañete, pero eso no se toma en cuenta para el espesor ni para la Resistencia a menos de que se tenga la certeza de que se trata de pañete con características estructurales específicas. En ningún caso deberán los muros tener un espesor nominal (incluyendo el pañete estructural) menor a lo indicado en NSR-10 D.9.1.3 para MNR, o en D.10.3.3 para MC, o en la Tabla E.3.5-1 para vivienda de uno y dos niveles.	X			1	Para las estructuras con muros de un espesor inferior al requerido, se puede incrementar el espesor de los muros con pañete estructural, o recubrimiento de concreto reforzado
		X			2	
		X			3	
3.8	VOLADIZOS: Los muros perimetrales de los niveles superiores no están soportados por voladizos o aleros que se extiendan es de las paredes exteriores inferiores más allá del 50% del espesor de la pared. Este enunciado no aplica a edificaciones de un solo nivel.	X			1	La estructura no tiene daños producidos por sismos ni eventos climáticos, ni en las paredes de mampostería ni en el sistema de cubierta. Las edificaciones con daños se consideran en condición NO CUMPLE pero pueden ser reparados siguiendo la normativa aplicable, para poder ser considerados en condición CUMPLE.
		X			2	
		X			3	
3.9	DAÑOS: La estructura no tiene daños producidos por sismos ni eventos climáticos, ni en las paredes de mampostería ni en el sistema de cubierta. Las edificaciones con daños se consideran en condición NO CUMPLE pero pueden ser reparados siguiendo la normativa aplicable, para poder ser considerados en condición CUMPLE.	X			1	Se realiza la reparación del muro que presenta daños, se alarga su longitud y se agrega un refuerzo con malla electrosoldada y 600 mm de revoque
		X			2	
		X			3	

Tabla 9 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numerales 3.3 al 3.9 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia

4	MUROS DE MAMPOSTERÍA	C	NC	N/A		NOTAS
4.1	CONFINAMIENTO: Los muros están ajustados a las vigas superiores de amarre (conocidas comúnmente como viga cinta) a las placas de entresijo y a las columnas si es que éstas existen. No hay elementos de encofrado presentes en las caras inferiores de las placas ni en las vigas.	X			1	Se refuerzan los muros según las indicaciones de manual, agregando 600mm de revoque con malla electrosoldada para reforzamiento en una o en las dos caras de acuerdo al requerimiento de cada muro, y se incluyen algunos elementos de confinamiento en donde es necesario
		X			2	
		X			3	
4.2	VANOS: Las puertas, ventanas, y otras aberturas mayores a 0.5m deberán extenderse hasta la viga de amarre, o deberán contar con un dintel de concreto reforzado. Los dinteles deben extenderse como mínimo 20 cm dentro de la mampostería adyacente, o estar conectados a un elemento vertical de concreto	X				Se rellenan algunos vanos siguiendo los requerimientos del manual
		X				
		X				
4.3	VIGA DE AMARRE: Las edificaciones con techo en cubierta liviana cuentan con un elemento de concreto continuo, y con refuerzo de acero en la parte superior de las paredes para transferir fuerzas laterales a las paredes transversales. Las vigas de amarre pasan sobre los vanos de las puertas. El sistema de cubierta está firmemente anclado a la viga de amarre			X	1	Se agrega viga superior en el tercer nivel para mejorar la condición de transferencia de cargas
				X	2	
				X	3	
4.4	PORCENTAJE DE ÁREA DE MUROS: El porcentaje de Área de muros es superior al porcentaje de Área de muros existente (ver tabla abajo) en cada nivel y en cada dirección. Anote el Porcentaje de Área de Muros Requerido a la derecha, y C, NC, o N/A en la columna de la izquierda.					<b>Dirección Transversal</b> Se incrementa la densidad de muros a cortante para mejorar el desempeño de la vivienda y se elige agregar refuerzo en malla eslabonada con 600mm de revoque en una o dos caras de algunos muros, según requerimiento
		X			1	36 %Área Efectiva = 36% Área Requerido
		X			2	24 %Área Efectiva > 23% Área Requerido
		X			3	14 %Área Efectiva = 14% Área Requerido
						<b>Dirección Longitudinal</b> Se incrementa la densidad de muros a cortante para mejorar el desempeño de la vivienda y se elige agregar refuerzo en malla eslabonada con 600mm de revoque en una o dos caras de algunos muros, según requerimiento
		X			1	36 %Área Efectiva = 36% Área Requerido
		X			2	25 %Área Efectiva > 23% Área Requerido
X			3	20 %Área Efectiva > 14% Área Requerido		

Tabla 10 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numerales 4  
Manual Build Change. Fuente: elaboración propia

5	CONFIGURACIÓN	C	NC	N/A		NOTAS
5.1	TORSION: 1. Hay muros en todos los lados exteriores de la edificación, a no más de un 25% de la cota en planta del borde de la edificación, incluyendo plantas en Longitud y en Transversal. O 2. Alternativamente, la distancia estimada entre el centro de inercia y el centro de rigidez, para cada dirección ortogonal, calculada en cumplimiento de la ecuación E.3.6-2 de NSR-10 Capítulo E.3, será menor al 15% de la mayor cota de la edificación en planta.	X				Se mejoran las condiciones de fachada de la vivienda, incrementando la longitud de los muros a más de 1m, cerrándose algunos vanos, y reforzando los muros, <b>sin embargo, los efectos de torsión en la dirección longitudinal no se cumplen después de realizada la intervención</b>
5.2	JUNTA SÍSMICA EDIFICACIONES ADYACENTES: Si la Junta Sísmica cumple lo dispuesto en el Capítulo A.6 del Reglamentos NSR10 (Figura A.6.5-1), se puede considerar que CUMPLE. Si las placas de cubierta y entresijos de las edificaciones vecinas no están alineadas verticalmente debe haber una distancia de contacto superior a 3cm para estructuras de un solo nivel, 6cm para dos niveles, y de 9cm para tres niveles. Si las losas de entresijo y de cubierta están alineadas el ítem se puede considerar como una buena práctica de carácter no obligatorio.		X			Para cuando la estructura NO CUMPLE en este ítem, se requiere una evaluación más detallada que la contemplada en este manual. <b>En el caso de la edificación evaluada, la vivienda comparte con las vecinas los muros longitudinales perimetrales.</b> No se puede separar la vivienda por tal motivo la condición es la misma. En uno de los costados las losas de entresijo no coinciden con las losas de entresijo de la vivienda vecina.
5.3	DISCONTINUIDADES VERTICALES: En general, los muros del Segundo nivel están ubicados sobre los del primer nivel. Los muros del segundo nivel que no estén alineados con los del nivel inferior, estarán soportados por alguna de las siguientes, y no tendrán más de 3.0m sin apoyo: x Columnas aisladas competentes, ver lista de verificación específica para los requerimientos de este ítem. x Muros perpendiculares que se prolonguen al menos 60cm a cada lado de la pared de arriba. x Muros paralelos con por lo menos ¼ de la longitud del muro superior (30cm como mínimo) de traslapo con la pared de abajo. Este enunciado no aplica a edificaciones de una sola planta.	X				Se cierran algunos vanos y se incrementa el espesor de algunos muros para dar corrección

Tabla 11 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numerales 5  
Manual Build Change. Fuente: elaboración propia

6	ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	C	NC	N/A	NOTAS
6.1	COLUMNAS DE CONCRETO AISLADAS O DISCONTINUAS: Las columnas aisladas que estén soportando placas de concreto o los tramos de muros de mampostería discontinuos deberán cumplir los siguientes requerimientos mínimos:	X			Se agregan columnas en algunos sectores que se mostró necesario
	x Las columnas estarán construidas de concreto reforzado, y en buen estado con una altura libre mínima de 1.5m.	X			
	x La base de la columna estará conectada al resto de la edificación mediante un cimiento corrido o una placa de concreto reforzado.	X			
	x Las columnas tendrán una dimensión mínima de 15cm en caso de soportar una placa de techo o terraza, de 20cm si soporta un muro discontinuo de un nivel, y 33cm si el muro es de dos niveles sobre ella.	X			
6.2	VANOS EN PLACAS CERCA DE MUROS CORTANTES: Las aberturas en las placas adyacentes a los muros cortantes deberán cumplir los siguientes requerimientos:				Se cierran algunos vanos debido a que se requiere para mejorar el desempeño estructural de la vivienda
	x Las aberturas adyacentes a los muros cortantes deben medir menos del 25% de la longitud del muro.	X			
	x Las aberturas cercanas a las paredes de mampostería no serán mayores a 2.5m en su longitud, y existirá una viga de concreto reforzado en toda la longitud del muro adyacente.	X			
6.3	PARAPETOS (cornisas): No habrá parapetos ni cornisas sin soporte lateral que tengan una relación de espesor-altura superior a 1.5. Los parapetos de mampostería deberán estar en buenas condiciones con sus elementos bien adheridos a la estructura que los soporta.	X			Se agregan elementos de refuerzo a los voladizos de balcones para mejorar su desempeño
6.4	ESCALERAS Y DESCANSOS: Las escaleras deberán cumplir todos los requisitos siguientes:				x Se conectar estructuralmente la escalera con el entrespacio x Se apoya la escalera verticalmente sobre muros en el segundo nivel
	x Las escaleras estarán conectadas al entrespacio de concreto en cada nivel elevado de la edificación por un descanso continuo de concreto reforzado. Las escaleras no dependerán de las paredes o muros de la edificación como forma de apoyo vertical.	X			
	x El apoyo vertical de las escaleras y descansos será provisto por columnas aisladas competentes, o muros de mampostería de por lo menos 60cm de longitud.	X			
	x La cimentación de las escaleras deberá estar edificada con concreto ciclópeo o concreto reforzado con un empotramiento en el suelo de por lo menos 30cm. En sitios con una pendiente superior al 17% o en suelos blandos la cimentación de las escaleras deberá ser continua con la del resto de la edificación.	X			

Tabla 12 Lista de verificación de deficiencias luego del reforzamiento, numeral 6 Manual Build Change. Fuente: elaboración propia

### 3.8.6 Evaluación de derivas máximas en modelo de elementos finitos

Con el fin de realizar un chequeo de las deformaciones en la vivienda respecto a los valores de derivas recomendados por la norma NSR-10, se procede a realizar un modelo de elementos finitos utilizando el software Robot Structural Analysis Professional 2020 en versión del estudiante. En el Anexo 3 se detalla el procedimiento de modelación.

El chequeo de las derivas de piso se realizó siguiendo los lineamientos de la norma NSR10 numeral A.6.4.1 que se presenta continuación:

**A.6.4.1** — La deriva máxima para cualquier piso determinada de acuerdo con el procedimiento de A.6.3.1, no puede exceder los límites establecidos en la tabla A.6.4-1, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso  $h_{pi}$  :

**Tabla A.6.4-1**  
Derivas máximas como porcentaje de  $h_{pi}$

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.010 h_{pi}$ )
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% ( $\Delta_{max}^i \leq 0.005 h_{pi}$ )

Tabla 13 Tabla derivas máximas según NSR-10. Fuente Norma NSR-10

A continuación, se resumen los resultados obtenidos de derivas de piso en las condiciones actuales de la vivienda, y considerando las recomendaciones de reforzamiento:

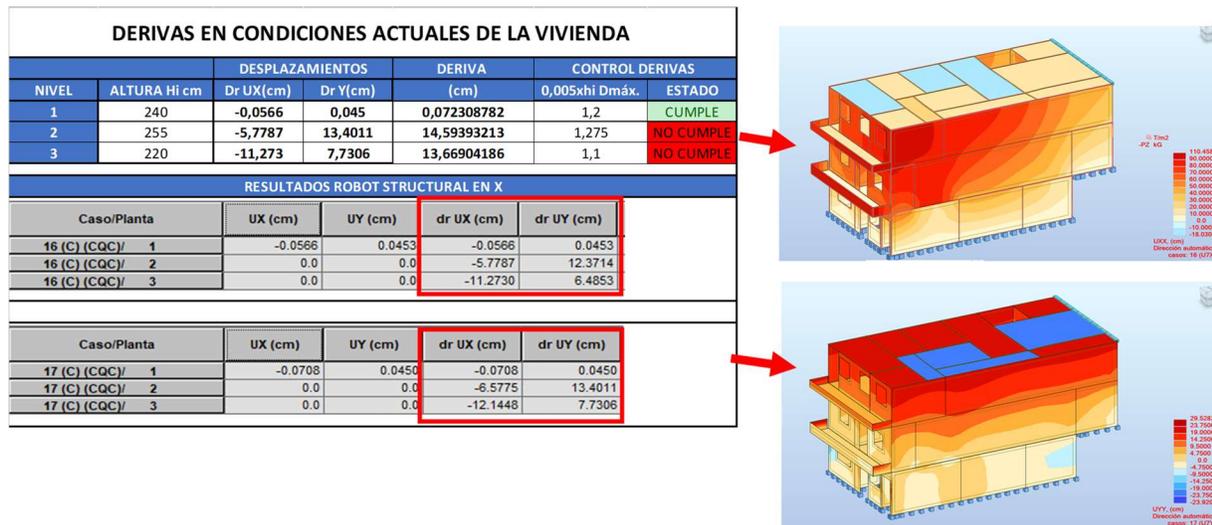


Figura 33 Resultado de análisis de derivas en condiciones actuales de la vivienda. Fuente

Elaboración propia

DERIVAS EN CONDICIONES REFORZADA DE LA VIVIENDA						
NIVEL	ALTURA Hi cm	DESPLAZAMIENTOS		DERIVA	CONTROL DERIVAS	
		Dr UX(cm)	Dr Y(cm)	(cm)	0,005xhi Dmáx.	ESTADO
1	240	-0,0353	0,0388	0,052455028	1,2	CUMPLE
2	255	-0,5459	9,6589	9,67431424	1,275	NO CUMPLE
3	220	-6,5953	1,7737	6,829640824	1,1	NO CUMPLE

RESULTADOS ROBOT STRUCTURAL EN X					
Caso/Planta	UX (cm)	UY (cm)	dr UX (cm)	dr UY (cm)	d UX
16 (C) (CG)	-0.0353	0.0435	-0.0353	0.0435	-0.0001
16 (C) (CG)	0.0	0.0	-0.5459	9.7496	-0.0021
16 (C) (CG)	0.0	0.0	-6.5953	1.7953	-0.0300

Caso/Planta	UX (cm)	UY (cm)	dr UX (cm)	dr UY (cm)	d UX
17 (C) (CG)	-0.0503	0.0388	-0.0503	0.0388	-0.0002
17 (C) (CG)	0.0	0.0	-1.3876	9.6589	-0.0054
17 (C) (CG)	0.0	0.0	-6.7818	1.7737	-0.0308

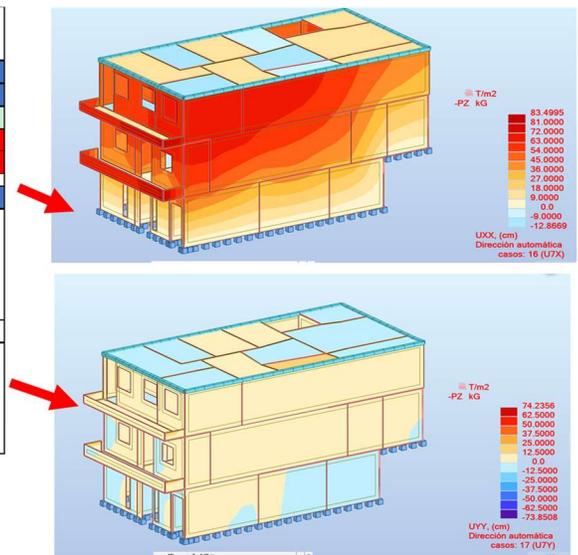


Figura 34 Resultado de análisis de derivas aplicando el reforzamiento recomendado.

Fuente Elaboración propia

Se observa que, en las condiciones actuales de la vivienda, las derivas máximas se cumplen para el nivel 1. Los niveles 2 y 3, presentan desplazamientos superiores a los permitidos por el reglamento NSR-10, alcanzando desplazamientos del orden de 15cm en el piso 2 y 14cm en el piso 3.

Una vez reforzada la vivienda, se observa que, aunque se mejora la condición de desplazamientos en los pisos 2 y 3, no se cumplen las derivas máximas, que pasan a 10 cm en el piso 2 y 7cm en el piso 3.

## 4. CONCLUSIONES

Del análisis cualitativo realizado, puede concluirse que la distribución irregular de paredes en los niveles de la vivienda, los vanos que se han abierto en los muros con trayectoria principal de carga, la fisura importante identificada en el muro de fachada del primer nivel, y la posible evidencia de asentamiento diferencial en la edificación, llevan a que la estructura requiera una intervención para mejorar su condición estructural. Del mismo modo, la presencia de humedades en las paredes en todos los niveles de la edificación es señal de la inadecuada condición de ventilación de la vivienda, por lo que se debería realizar una intervención para mejorar las condiciones de sanidad de ambiente.

Del análisis cuantitativo de deficiencias en la edificación siguiendo la metodología del Manual Build Change, se arroja que se requiere una intervención importante para poder mejorar su nivel de desempeño de seguridad humana. Entre los hallazgos principales se encuentran los siguientes:

- La edificación requiere la incorporación de un sistema de cimentación competente.
- En los niveles 1, 2 y 3 de la vivienda, para la trayectoria de cargas en dirección longitudinal, los ejes entre los muros con condición de carga presentan una separación superior a 4m, que es la recomendada por el Manual como separación mínima entre ejes y muros paralelos, por tal motivo la edificación debe ser reforzada en esa dirección con nuevos muros que permitan una trayectoria adecuada de cargas. Asociado a esto, existen muros en esta dirección, que no superan 1.0m de longitud, lo cual es un requisito mínimo para considerar que pueden proporcionar resistencia lateral.
- En la dirección transversal, la mayoría de los muros de la fachada en los pisos 1 y 2, no presentan una longitud mínima de 1.0m. Por ser muros perimetrales, éstos deben poder asumir cargas laterales, por lo que es necesario realizar una intervención importante en las fachadas, disminuyendo los vanos. En el caso del nivel 3, en la dirección transversal de cargas, no se está respetando la separación máxima entre ejes y muros paralelos de 4m.

- La edificación en los niveles 1, 2 y 3, presenta discontinuidades verticales en la disposición de muros que deben ser corregidas
- Según la recomendación del Manual, la altura máxima de pisos no debe ser mayor a 25 veces el espesor mínimo de los muros en ese piso. Para el nivel 3, se tiene una altura de 2.75m, con espesor de muro de 100mm, y según la calculación, debe ser como máximo 2.5m de altura. Es necesario realizar una corrección referente a este aspecto.
- Los porcentajes de áreas de muros (PAM) en la dirección transversal y longitudinal son inferiores a los requeridos (ver Tabla 4). El Manual recomienda realizar una corrección en los muros a cortante de la edificación ajustando el área de muros totales en las dos direcciones.
- Los balcones de los pisos 2 y 3 no presentan soporte lateral; la relación espesor-altura indicada por el Manual debe ser superior a 1.5, lo cual en este caso no se cumple para el nivel 3. Debe agregarse soporte lateral para los antepechos y muros no confinados de la estructura en general.
- La escalera que va del nivel 1 al nivel 2 no presenta conexión con el contrapiso, ni tampoco cuenta con cimentación. La escalera en el nivel 2 está soportada por un muro de 15mm de espesor, lo cual está aportando a su estabilidad.
- La escalera que va del nivel 2 al nivel 3, presenta irregularidades en sus peldaños y está apoyada directamente en la losa del nivel 3 de 100mm de espesor.
- Se requiere entonces para las escaleras añadir una cimentación, conectar la escalera al entrepiso en el nivel 1, incrementar el espesor del muro de apoyo de la escalera en el nivel 1, pues debe ser de 600mm como mínimo según la recomendación del Manual, o utilizar columnas. Del mismo modo, se debe generar apoyo en la escalera al llegar al nivel 3, ya sea colocando un muro de apoyo o colocando dos columnas que la soporten.
- De las recomendaciones del Manual Build Change se interpreta que, para viviendas con más de dos pisos, es necesario que la edificación cuente con un sistema estructural de mampostería confinada o mampostería reforzada. Según esta recomendación, la estructura evaluada en sus niveles 1, 2 y 3, debe contar con elementos de confinamiento y/o con mampostería reforzada, lo que indica que se

debe reconvertir el sistema de mampostería no reforzada (MNR) a mampostería confinada (MC).

Cómo resultado del análisis del conjunto de deficiencias identificadas, el incorporar más muros a la edificación o incrementar la longitud de los existentes ayuda a mejorar su condición de vulnerabilidad; sin embargo, una intervención sólo de muros no sería suficiente para calificarse como mejoramiento del nivel de desempeño de seguridad humana de la edificación bajo lo establecido en el Manual Build Change, pues de este se interpreta que no es aceptable que una vivienda de tres niveles tenga un sistema estructural de mampostería no reforzada.

Con base en esta recomendación, la intervención principal en la edificación es el cambio de su sistema estructural que debe pasar de ser en mampostería no reforzada (MNR) a mampostería confinada (MC).

Se decide para este estudio realizar un mejoramiento de la capacidad de carga de los muros e incorporar elementos de mampostería confinada (MC) a la estructura, agregando diferentes detalles de este tipo de configuración, pero no realizar la reconversión completa del sistema estructural, dado a que no es una posibilidad realista para la familia que habita la vivienda. Con esto se pretende mejorar la condición de desempeño de seguridad humana.

Luego del cálculo del porcentaje de área de muros requeridos y del porcentaje de área de muros efectivo para cumplir los requerimientos de área provista para soportar cargas en la estructura existente se concluye lo siguiente:

- En el Nivel 1 los muros de la fachada requieren ser alargados, por tal motivo es necesario rellenar algunos vanos de ventanas e instalar ventanas de menor dimensión. Del mismo modo, es necesario rellenar algunos vanos de ventanas en muros interiores, por tal motivo se ha alargado la longitud de algunos muros y se han demolido otros muros cortos que para generar ingreso de luz y ventilación a la vivienda

- En el Nivel 2 es necesario construir un muro de soporte de la escalera. Esta construcción implica que se requiera demoler un muro y reconstruirlo en otra posición
- En el Nivel 3 es necesario construir una viga de amarre superior para generar una mejor distribución de las cargas.

Después de realizar nuevamente la lista de verificación de deficiencias, luego de aplicar los reforzamientos recomendados, se observa que hay dos ítems dentro del listado en los cuales sigue existiendo incumplimientos:

- El primero, es el resultado del chequeo de torsión en la edificación, que luego de aplicar las recomendaciones de reforzamiento, no se logra controlar los efectos de torsión en la dirección longitudinal, esto debido a la falta de muros en esa dirección, que no pueden incorporarse, dada la distribución de espacios en la vivienda.
- El segundo ítem, es la separación mínima de las viviendas con respecto a las viviendas vecinas. Lamentablemente ese ítem es de imposible cumplimiento debido a que la vivienda comparte los muros perimetrales longitudinales con las viviendas de los lados. Lo que se puede hacer desde las recomendaciones del Manual, es mejorar el espesor de los muros, en este caso, con revoque o concreto lanzado de 60mm de espesor y malla electrosoldada. Cabe resaltar que las losas de entrepiso de las viviendas no llegan a un mismo nivel en una de las vecindades, por lo que la vivienda sigue siendo vulnerable en este aspecto.

Se observa que, en las condiciones actuales de la vivienda, las derivas máximas se cumplen para el nivel 1. Los niveles 2 y 3, presentan desplazamientos superiores a los permitidos por el reglamento NSR-10, alcanzando desplazamientos del orden de 15cm en el piso 2 y 14cm en el piso 3. Una vez reforzada la vivienda, se observa que, aunque se mejora la condición de desplazamientos en los pisos 2 y 3, no se cumplen las derivas máximas, que pasan a ser de 10 cm en el piso 2 y de 7cm en el piso 3.

En general las condiciones de rigidez de la vivienda fueron mejoradas utilizando la metodología del porcentaje de área efectiva y el porcentaje de área requerida indicadas por el Manual Build Change, sin embargo, cuando se realizó el modelo de la vivienda para chequear las deformaciones, con los resultados de deriva obtenidos no se lograron cumplir con la exigencia la norma NSR-10 para construcciones de mampostería.

Siguiendo la secuencia de evaluación y recomendaciones de reforzamiento del Manual Build Change se ha logrado mejorar las condiciones de desempeño de seguridad humana de la vivienda analizada, realizando un incremento en las secciones de los muros a través de la instalación de un recubrimiento de concreto o mortero estructural con malla electrosoldada. Con la aplicación de esa técnica se ha mostrado un incremento en su condición de rigidez estructural. Sin embargo, las derivas de los pisos 2 y 3 no lograron cumplir con lo indicado por la norma NSR 10. Se recomienda continuar el análisis de la edificación cambiando el sistema estructural a un sistema de mampostería confinada y chequear el cumplimiento de deformaciones y torsiones.

## 5. Recomendaciones

La vivienda requiere una intervención con incremento de la sección en muros de 60mm de concreto reforzado, en una cara o en las dos caras según la exigencia. Como metodología para la ejecución de este tipo de reforzamiento, se seguirán los lineamientos brindados por el Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería, publicado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS).

En el Capítulo IV de dicho manual, se trata el tema de Rehabilitación sismo resistente de viviendas de uno y dos pisos de mampostería, presentando en su módulo B el Reforzamiento de viviendas por la metodología de revestimiento estructural en concreto reforzado. Se adjuntan las siguientes imágenes con las recomendaciones que presentan esquemas constructivos básicos explicando lo que debe realizarse:

### **B.2 REFORZAMIENTO: REVESTIMIENTO ESTRUCTURAL EN CONCRETO REFORZADO**

#### **DESCRIPCIÓN**

El revestimiento de concreto se aplica ya sea neumáticamente (concreto lanzado) o mediante capas moldeadas en el sitio en una o ambas superficies del muro. El concreto debe reforzarse y unirse a la estructura existente para permitir un comportamiento monolítico entre el muro existente y el revestimiento en concreto reforzado.

En general, el revestimiento en concreto reforzado debe aplicarse en ambas caras del muro a reforzar.

En la práctica se usan dos procesos diferentes para lanzar el concreto: mezcla húmeda y mezcla seca. En el proceso de mezcla húmeda todos los ingredientes se premezclan y la mezcla húmeda se entrega a la boquilla donde se lanza a la superficie. En el proceso de mezcla seca el cemento seco y el agregado se entregan a la boquilla donde se mezclan con agua mientras se lanzan desde la boquilla a la superficie.

#### **MATERIALES DE REPARACIÓN**

Cemento, agregado y agua.

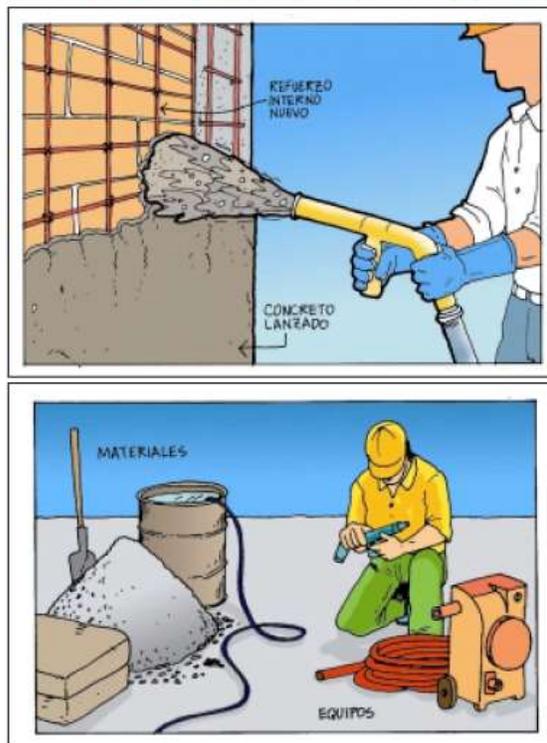


Figura 35 Recomendaciones para el reforzamiento con concreto reforzado (Descripción y Materiales). Fuente Manual AIS de reforzamiento de viviendas en mampostería

## EQUIPO

El equipo básico incluye un mezclador, bomba o inyector, compresores, mangueras, y boquillas.

## EJECUCIÓN

La superficie del muro existente debe ser preparada removiendo el material dañado o suelto. La superficie debe ser cincelada o escarificada para evitar cambios abruptos en la dimensión. El acero de refuerzo se instala y se ancla en el muro existente mediante anclajes con epóxico que atraviesan el muro de lado a lado. El espaciamiento aproximado de los anclajes es de 2 a 3 veces el espesor del muro.

Antes de aplicar el concreto lanzado, la superficie del muro existente debe prehumedecerse de manera que la humedad del concreto especificado no se absorba dentro del muro existente. Se deben instalar formas o guías de alambre para proveer control de alineamiento en la aplicación, finalización y verificación de suficientes para el acero de refuerzo. Para el caso de concreto lanzado desde la boquilla a la superficie con un fluido firme ininterrumpido. El ángulo de la boquilla debe ser perpendicular a la superficie del muro para reducir rebote. Se debe garantizar la aplicación del concreto alrededor del acero de refuerzo.

El concreto debe aplicarse en varios pasos comenzando en la base del muro, aplicando un espesor ligeramente superior al indicado con los alambres guía. Debe realizarse un curado húmedo durante al menos un día y preferiblemente durante los 7 días siguientes a la fundida.

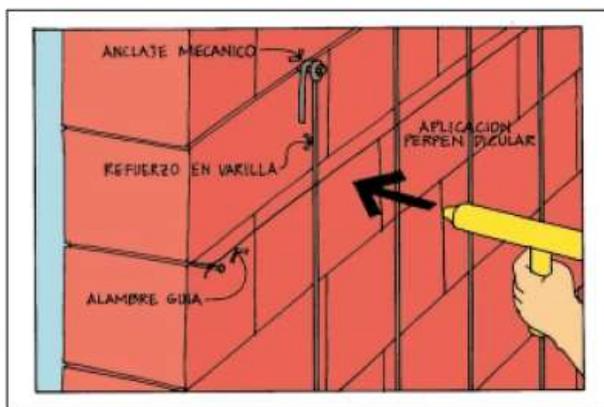
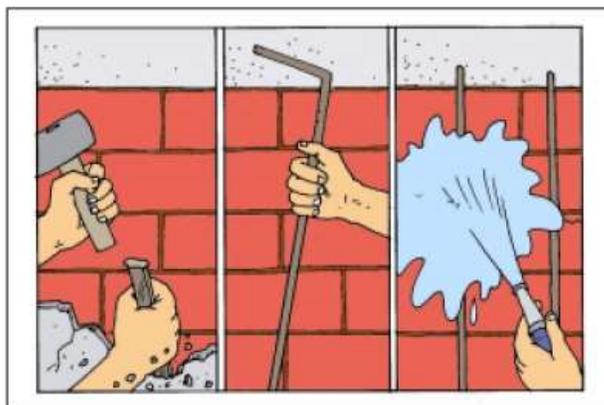


Figura 36 Recomendaciones para el reforzamiento con concreto reforzado (Equipo y Ejecución). Fuente Manual AIS de reforzamiento de viviendas en mampostería

## **CONTROL DE CALIDAD**

Para el caso de concreto aplicado en capas moldeadas se deben seguir los mismos requisitos del Capítulo 1. Para el concreto lanzado, la calidad de operación es altamente dependiente de la habilidad del operador de la boquilla, el cual debe tener gran experiencia en aplicaciones similares.

El constructor debe establecer el diseño de mezcla del concreto lanzado. Deben prepararse pequeños paneles de ensayo al comienzo de cada día y al comienzo de cada vaciada de concreto lanzado. Los paneles de muestra deben curarse de igual manera que los muros. Deben tomarse núcleos o cubos de cada panel para someterlos a ensayos para verificar la resistencia a la compresión y calidad del concreto. Se debe inspeccionar continuamente la aplicación del concreto lanzado. Deben verificarse los materiales, la colocación, la finalización y el curado de acuerdo con las especificaciones.

## **LIMITACIONES**

Cuando se utiliza concreto lanzado, las barras de acero de refuerzo deben ser barras pequeñas. Las uniones por traslapeo entre barras se deben alternar para que no coincidan todas en una misma sección. El concreto lanzado se adhiere bien al concreto y superficies de mampostería limpias. El uso de agentes adherentes no es recomendable.

Las barras de refuerzo que se utilicen deben ser menores o iguales a la No 5. Sin embargo si se requieren barras mas grandes, el constructor debe realizar ensayos de prueba para demostrar que el concreto lanzado puede ser colocado alrededor de las barras de refuerzo. Se recomienda realizar una inspección total en la operación del concreto lanzado.

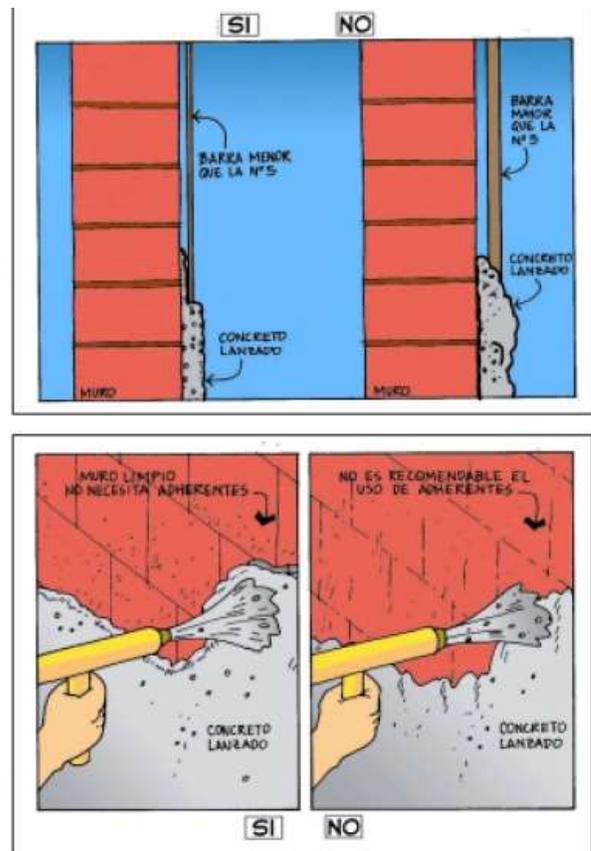


Figura 37 Recomendaciones para el reforzamiento con concreto reforzado (Control de Calidad y Limitaciones). Fuente Manual AIS de reforzamiento de viviendas en mampostería

Del mismo modo se incluyen a continuación las recomendaciones para el refuerzo de la cimentación:

## B.3 REFORZAMIENTO: REFUERZO DE LA CIMENTACIÓN

### DESCRIPCIÓN

Este tipo de reforzamiento consiste en construir vigas de cimentación en concreto reforzado o en el reemplazo de barras de refuerzo que hayan sido afectadas. En este último caso se recomienda el uso de conexiones mecánicas y para ello se debe seguir el procedimiento descrito en A.6 (Reemplazo de Barras de Refuerzo)

### MATERIALES DE REPARACIÓN

- Cemento, agregado y agua.
- Barras de refuerzo

### EQUIPO

La siguiente es una lista de equipos que se pueden necesitar para reparar reforzar la cimentación:

- Cinceles y macetas.
- Equipo para mezcla y colocación del concreto, lechada o mortero.
- Seguetas para cortar el refuerzo.

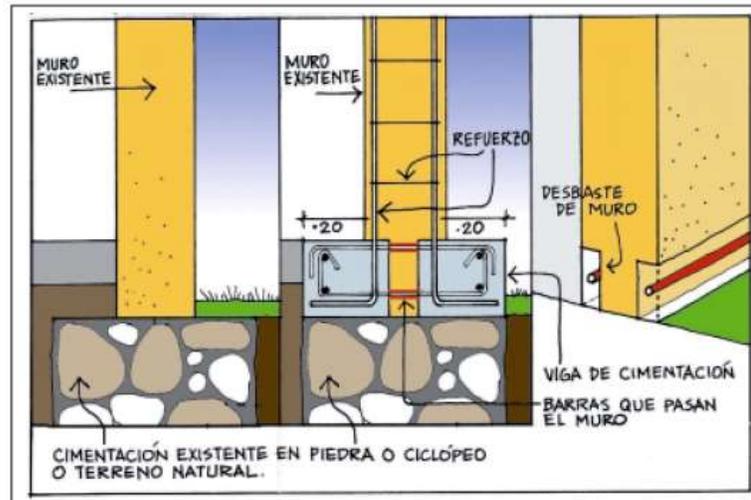
- Equipo para excavaciones.

### EJECUCIÓN

Se debe realizar una excavación a lo largo del muro a una distancia de 10 cm aproximadamente a cada lado del mismo, con el fin de colocar la viga de cimentación. La parte del muro que esta empotrada en el suelo debe picarse para poder colocar tanto el refuerzo vertical como el refuerzo que traspasa la nueva viga de cimentación. Se debe tener mucho cuidado en la colocación del refuerzo para lo cual debe verificarse la disposición del mismo. Luego se colocan las formaletas y se funde el elemento teniendo el cuidado de realizar un correcto vibrado para evitar la aparición de hormigueros. El nuevo elemento debe curarse de acuerdo a las indicaciones dadas en el capítulo 1 de este manual

### CONTROL DE CALIDAD

El concreto y el acero deben cumplir con los requisitos mínimos de calidad establecidos en el Capítulo I de este Manual. Además deben seguirse las indicaciones referentes a la cimentación establecidas en ese mismo capítulo.



Construcción de vigas de amarre. Cimentación

Figura 38 Recomendaciones para el reforzamiento de cimentaciones. Fuente Manual AIS de reforzamiento de viviendas en mampostería.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo, A. B., Jaramillo, J. D., Yepes, C., Silva, V., Osorio, F. A., & Villar, M. (2016). Evaluation of the seismic risk of the unreinforced masonry building stock in Antioquia, Colombia. *Natural Hazards*, 1-24.
2. AIS Y LA RED. Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería, publicado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS)
3. Alcaldía de Medellín. (2015, Septiembre). Plan Desarrollo Local Comuna 5 Castilla. Recuperado de:  
[https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano\\_2/PlandeDesarrollo\\_0\\_15/InformacinGeneral/Shared%20Content/Documentos/comunas/COMUNA5\\_CASTILLA.pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_15/InformacinGeneral/Shared%20Content/Documentos/comunas/COMUNA5_CASTILLA.pdf)
4. BUILD CHANGE, SWISSCONTACT, SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA), Manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas. Bogotá D.C.,2015.
5. Camargo, M. (2019, 05 de Julio). Tres personas con vida tras emergencia en barrio Santander. *El Colombiano*. Recuperado de <https://www.elcolombiano.com/antioquia/emergencia-por-desplome-de-vivienda-en-barrio-santander-MA11116813>
6. Caracol Radio Medellín. (07 de Julio de 2019). ¿Qué pasó con el desplome del inmueble en el barrio Santander en Medellín? *Caracol Radio*. Recuperado de:  
[https://caracol.com.co/emisora/2019/07/07/medellin/1562523906\\_057988.html](https://caracol.com.co/emisora/2019/07/07/medellin/1562523906_057988.html)
7. Forero, G. (2015). Reforzamiento y rehabilitación de fachadas de mampostería, construidas en Bogotá D.C – Colombia, Antes de la expedición del Reglamento NSR-10 (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C, Colombia
8. González, D. (2017). Modelo de Exposición sísmica de viviendas de Medellín (Tesis de maestría). Universidad Eafit, Medellín, Colombia

9. Ley 400 (1997), Colombia, Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Bogotá D.C.,1997.
10. Medellín. (2019, 05 de Julio). Así fue el rescate de sobrevivientes a colapso en vivienda en Medellín. *El Tiempo*. Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/medellin-colapso-de-vivienda-en-barrio-santander-384572>
11. Páez-M D. (2006). Comportamiento de la mampostería bajo esfuerzos cortantes debido a efectos sísmicos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 5 (8), 91-104
12. Quintana, H. (2015). Reducción de la vulnerabilidad sísmica en viviendas por desarrollo progresivo con mampostería no armada. *Designia*, 3 (2), 99-119.
13. Resolución Metropolitana No. 00-002892 S.A Área Metropolitana del Valle De Aburrá. Medellín, 23 de noviembre de 2017.
14. Salgado-Gálvez, M. A., Zuloaga-Romero, D., Bernal, G. A., Mora, M. G., & Cardona, O. D. (2014). Fully probabilistic seismic risk assessment considering local site effects for the portfolio of buildings in Medellín, Colombia. *Bulletin of earthquake engineering*, 12(2), 671-695.
15. Swisscontact Hilti the foundation y Construya (2017). Talleres del área de vulnerabilidad. Principios de diseño con mampostería confinada. Recuperado de: [https://www.youtube.com/watch?v=M-O\\_EtJq7Y0](https://www.youtube.com/watch?v=M-O_EtJq7Y0)
16. Zora, F. y Acevedo, A (2019). Índice de vulnerabilidad sísmica de escuelas del área Metropolitana de Medellín, Colombia. *Revista EIA*, 16 (3.2), 195-207.

## ANEXO 1 Fotos Análisis Diagnóstico Cualitativo De La Vivienda



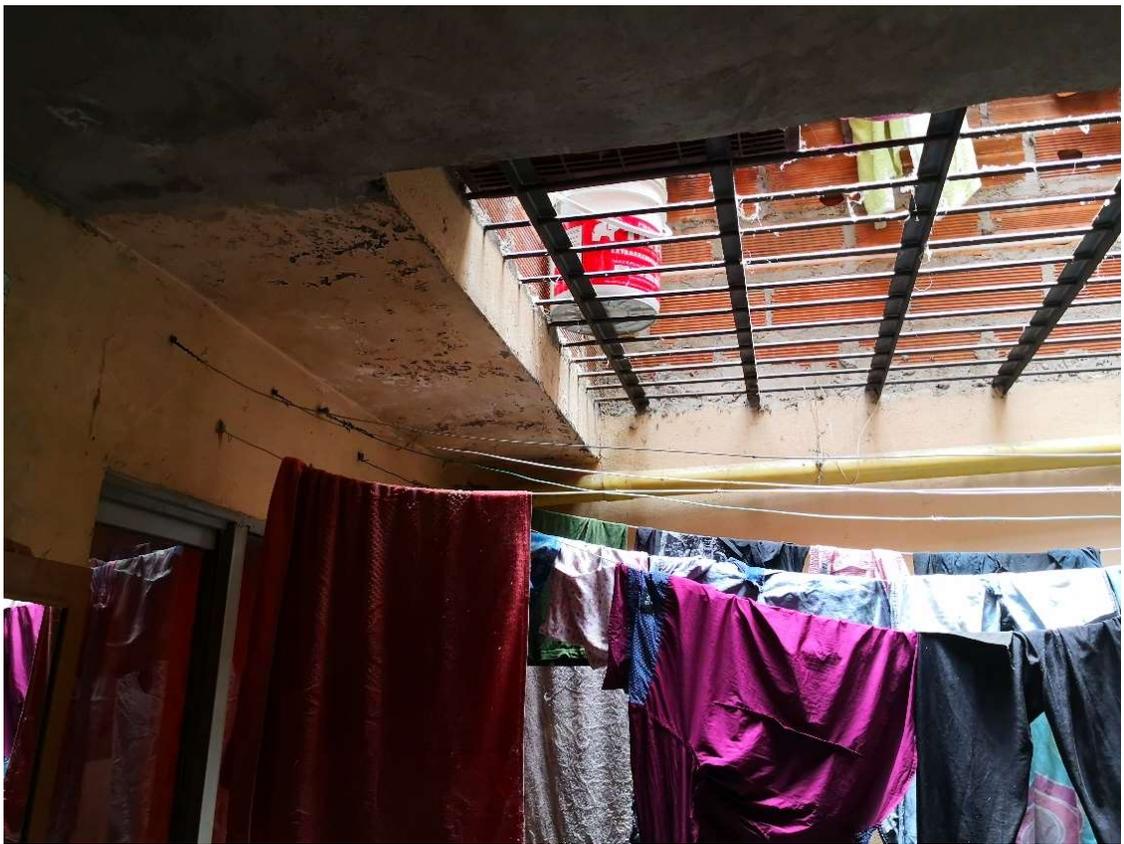
Evidencia fotográfica de fisura en el muro de la fachada del Nivel 1 y asentamiento en la esquina inferior izquierda del muro. Fuente: elaboración propia



Evidencia fotográfica de problemas de humedad por capilaridad en el Nivel 1. Fuente: elaboración propia



Evidencia fotográfica de problemas de humedad por localización de terreno en el muro posterior de la edificación Nivel 2. Fuente: elaboración propia



Evidencia fotográfica de problemas de humedad por falta de ventilación en la vivienda  
Nivel 2. Fuente: elaboración propia

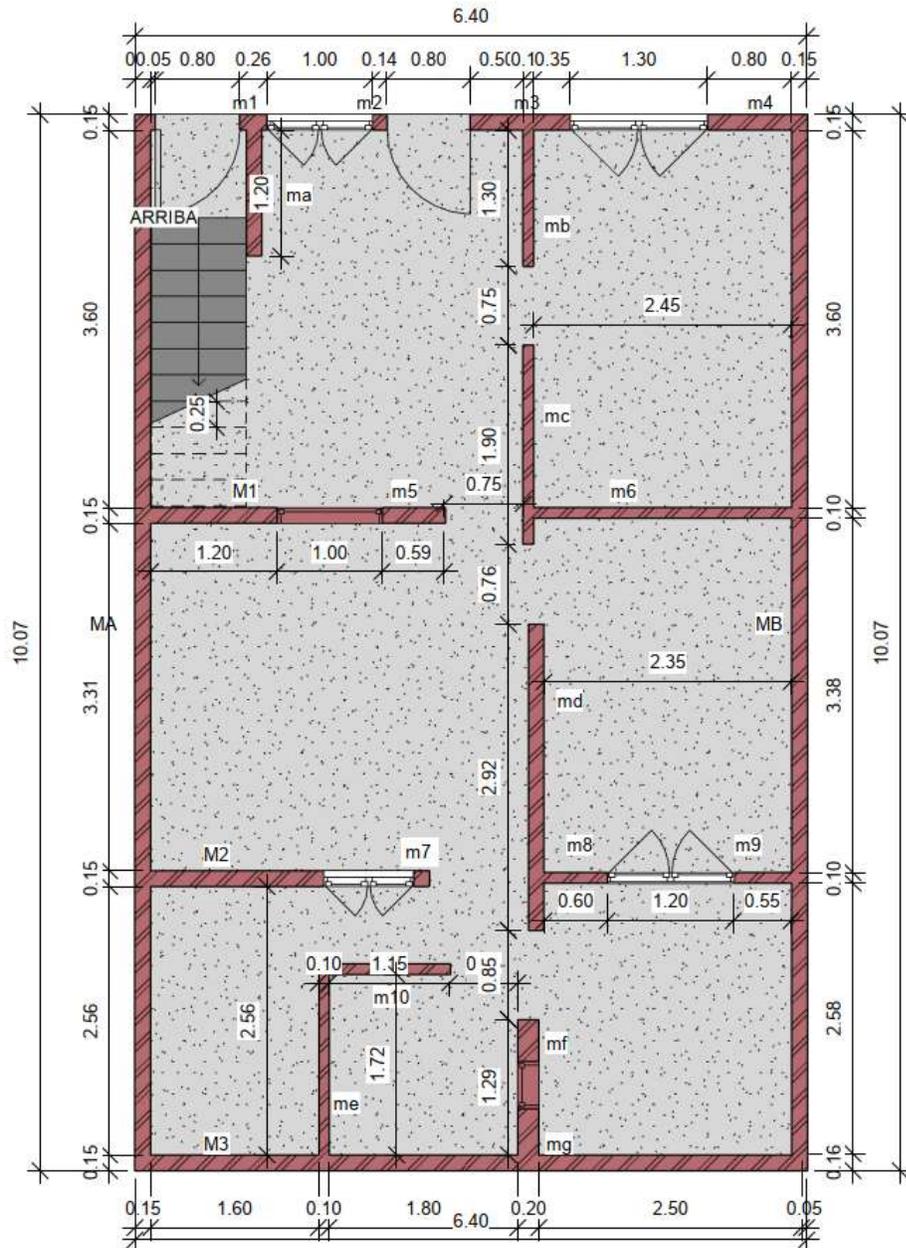


Evidencia fotográfica de la cubierta del patio en el Nivel 3 que no permite correcta ventilación en la vivienda. Fuente: elaboración propia

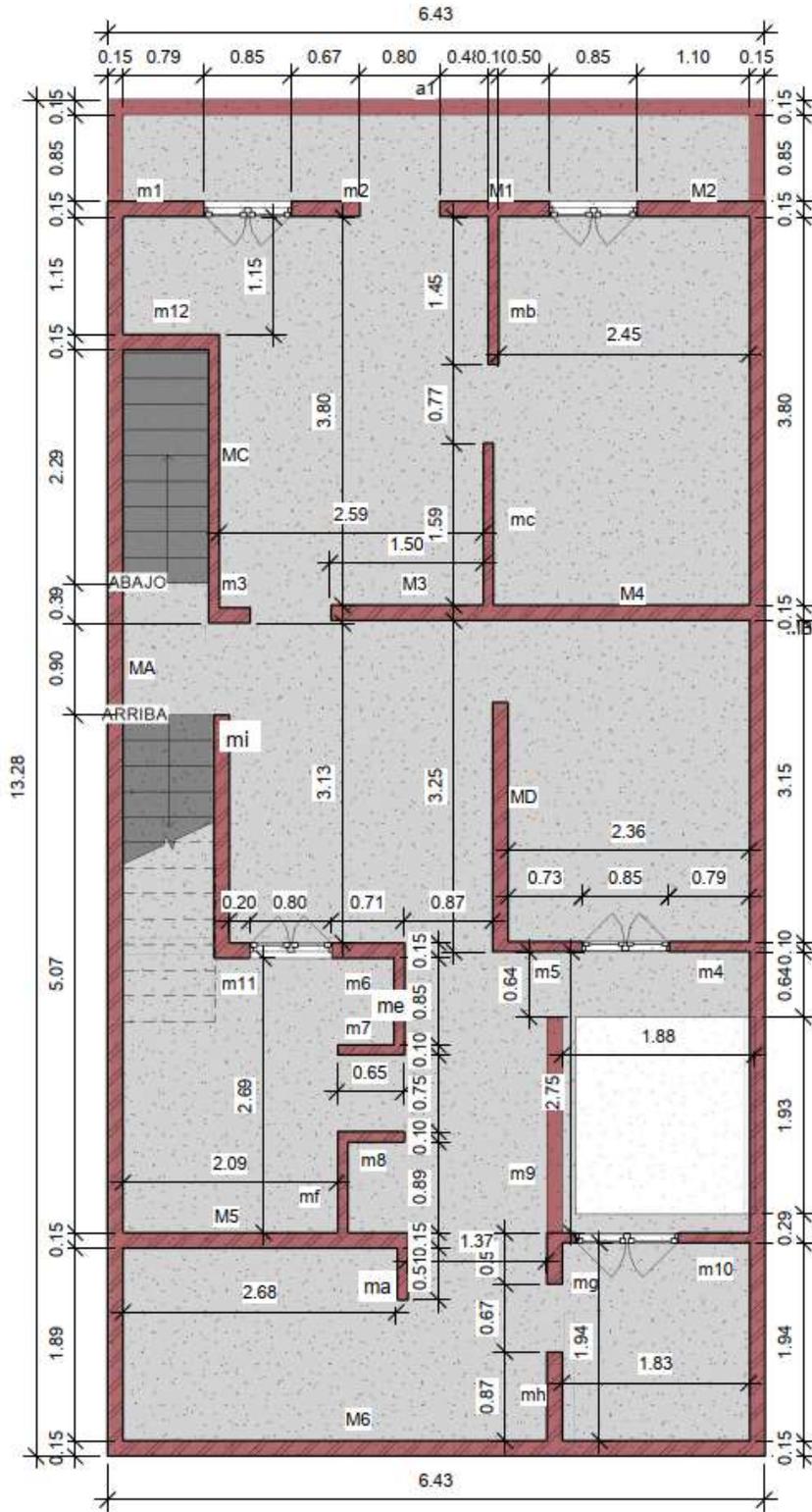
## ANEXO 2 Cálculos Del Listado De Verificación

### Peso de la edificación

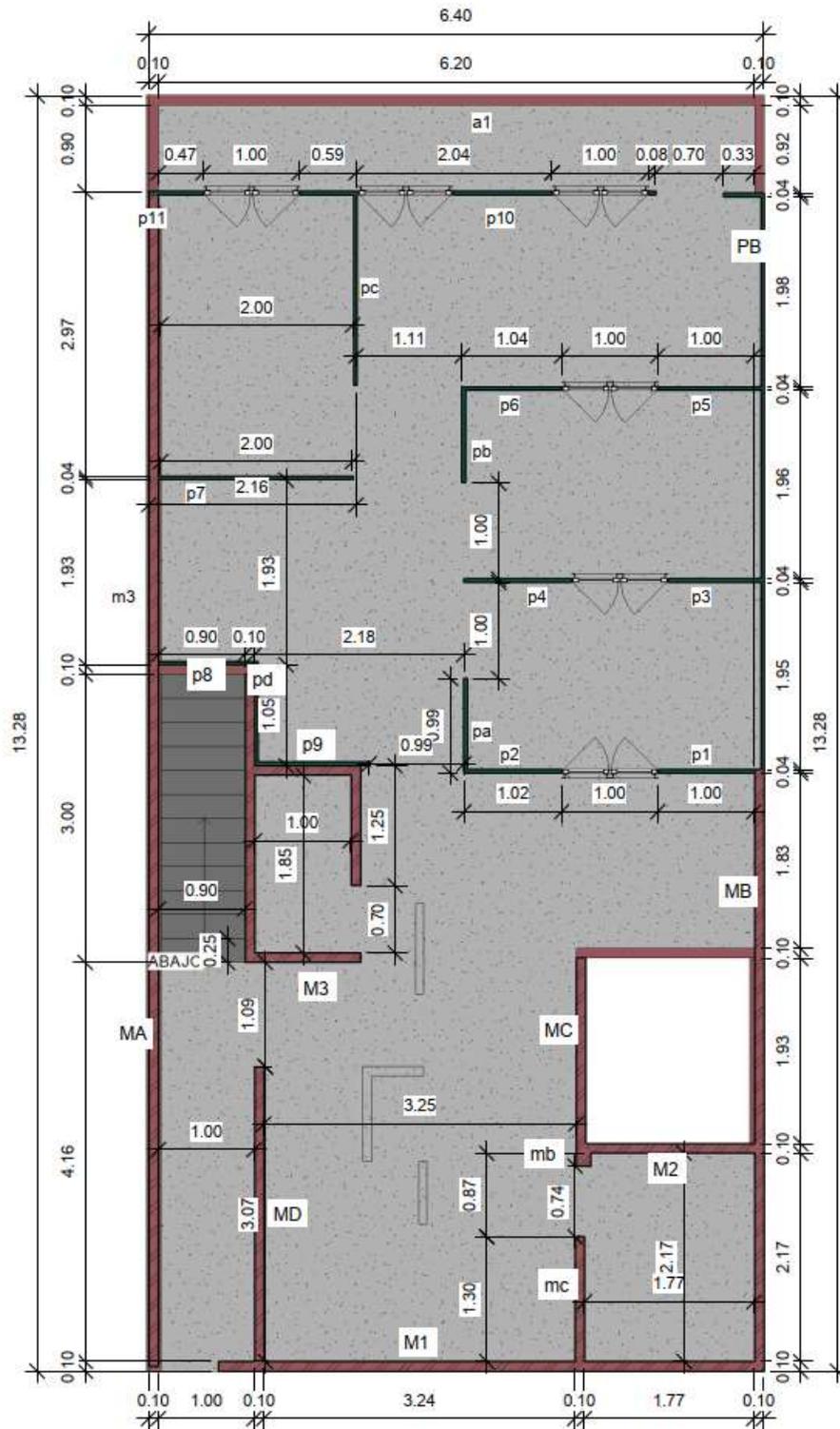
Para completar el listado de verificación de deficiencias es necesario calcular el peso de la estructura, el % de Área de muros existentes y el % de Área de muros requerida. Para el cálculo del peso manual se tuvo en cuenta la siguiente distribución de muros por niveles:



Localización de muros en planta Nivel 1. Fuente: elaboración propia



Localización de muros en planta Nivel 2. Fuente: elaboración propia



Localización de muros en planta Nivel 3. Fuente: elaboración propia

En las siguientes tablas se muestra el peso de los niveles calculados según la geometría levantada de la vivienda

PESO NIVEL 1							
CLASIFICACIÓN	PESO TOTAL (KN)					576.66	
	DIRECCIÓN TRANSVERSAL						
	MURO	SECCIÓN			Densidad (KN/m3)	18.00	
		Largo (m)	ancho(m)	alto(m)	Densidad (KN/m3)	13.00	
				Volumen (m3)	Peso (kN)		
MURO ESTRUCTURAL	M1	1.2	0.2	2.25	0.54	9.72	
	M2	1.7	0.2	2.25	0.765	13.77	
	M3	6.4	0.2	2.25	2.88	51.84	
MURO NO ESTRUCTURAL	m1	0.26	0.2	2.25	0.117	1.52	
	m2	0.14	0.2	2.25	0.063	0.82	
	m3	0.95	0.2	2.25	0.4275	5.56	
	m4	0.8	0.2	2.25	0.36	4.68	
	m5	0.59	0.2	2.25	0.2655	3.45	
	m6	2.35	0.1	2.25	0.52875	6.87	
	m7	0.15	0.2	2.25	0.0675	0.88	
	m8	0.6	0.1	2.25	0.135	1.76	
	m9	0.55	0.1	2.25	0.12375	1.61	
	m10	1.15	0.1	2.25	0.25875	3.36	
ELEMENTO NO ESTRUCTURAL	<b>CUELGA</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	c1	0.8	0.2	0.4	0.064	0.83	
	c2	1	0.2	0.4	0.08	1.04	
	c3	0.8	0.2	0.4	0.064	0.83	
	c4	1	0.2	0.4	0.08	1.04	
	c5	0.97	0.2	0.4	0.0776	1.01	
	c6	0.75	0.2	0.4	0.06	0.78	
	c7	0.83	0.2	0.3	0.0498	0.65	
	c8	0.95	0.2	0.3	0.057	0.74	
	c9	1.2	0.2	0.4	0.096	1.25	
	c10	0.65	0.2	0.4	0.052	0.68	
	<b>ANTEPECHO</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	a1	1	0.2	0.85	0.17	2.21	
	a2	1	0.2	0.85	0.17	2.21	
	a3	0.97	0.2	1.25	0.2425	3.15	
	a4	0.83	0.2	1.1	0.1826	2.37	
	a5	1.2	0.1	0.88	0.1056	1.37	
	DIRECCIÓN LONGITUDINAL						
	CLASIFICACIÓN	MURO	Largo (m)	ancho(m)	alto(m)	Volumen (m3)	Peso (kN)
	ESTRUCTURAL	MA	10.07	0.2	2.25	4.5315	81.57
MB		10.07	0.2	2.25	4.5315	81.57	
NO ESTRUCTURAL	ma	1.20	0.1	2.25	0.27	3.51	
	mb	1.30	0.1	2.25	0.2925	3.80	
	mc	1.90	0.1	2.25	0.4275	5.56	
	md	2.92	0.2	2.25	1.314	17.08	
	me	1.72	0.1	2.25	0.387	5.03	
	mf	0.42	0.2	2.25	0.189	2.46	
	mg	0.47	0.2	2.25	0.2115	2.75	
	<b>CUELGA</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	ca	0.75	0.1	0.4	0.03	0.39	
	cb	0.75	0.1	0.4	0.03	0.39	
	cc	0.85	0.1	0.4	0.034	0.44	
	cd	0.45	0.1	0.4	0.018	0.23	
	<b>ANTEPECHO</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
aa	0.45	0.1	1.4	0.063	0.82		
ab	1.2	0.1	1.125	0.135	1.76		
LOSA DE CUBIERTA EN CONCRETO							
CLASIFICACIÓN	Fosos (m2)	Largo (m)	ancho(m)	alto(m)	Densidad (KN/m3)	20.00	
ESTRUCTURAL	9.483	10.07	6.4	0.2	Volumen (m3)	Peso (kN)	
					10.993	219.86	

Peso calculado para el Nivel 1. Fuente: elaboración propia

PESO NIVEL 2							
CLASIFICACIÓN	PESO TOTAL (KN)					562.49	
	DIRECCIÓN TRANSVERSAL						
	MURO	SECCIÓN			Densidad (KN/m3)	18.00	
Largo (m)		ancho(m)	alto(m)	Densidad (KN/m3)	13.00		
				Volumen (m3)	Peso (kN)		
MURO ESTRUCTURAL	M1	0.89	0.15	2.4	0.3204	5.77	
	M2	1.1	0.15	2.4	0.396	7.13	
	M3	1.5	0.15	2.4	0.54	9.72	
	M4	2.36	0.15	2.4	0.8496	15.29	
	M5	2.68	0.15	2.4	0.9648	17.37	
	M6	6.43	0.15	2.4	2.3148	41.67	
MURO NO ESTRUCTURAL	m1	0.79	0.15	2.4	0.2844	3.70	
	m2	0.67	0.15	2.4	0.2412	3.14	
	m3	0.3	0.15	2.4	0.108	1.40	
	m4	0.79	0.15	2.4	0.2844	3.70	
	m5	0.73	0.15	2.4	0.2628	3.42	
	m6	0.71	0.15	2.4	0.2556	3.32	
	m7	0.65	0.1	2.4	0.156	2.03	
	m8	0.65	0.1	2.4	0.156	2.03	
	m9	0.6	0.15	2.4	0.216	2.81	
	m10	0.3	0.15	2.4	0.108	1.40	
	m11	0.2	0.15	2.4	0.072	0.94	
	m12	0.9	0.15	2.4	0.324	4.21	
ELEMENTO NO ESTRUCTURAL	<b>CUELGA</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	c1	0.95	0.15	0.4	0.057	0.74	
	c2	0.8	0.15	0.4	0.048	0.62	
	c3	0.85	0.15	0.4	0.051	0.66	
	c4	0.8	0.15	0.4	0.048	0.62	
	c5	0.85	0.15	0.4	0.051	0.66	
	c6	0.75	0.15	0.4	0.045	0.59	
	c7	0.9	0.15	0.4	0.054	0.70	
	c8	0.83	0.15	0.4	0.0498	0.65	
	<b>ANTEPECHO</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	a1	6.15	0.15	0.37	0.341325	4.44	
	a2	0.95	0.15	0.95	0.135375	1.76	
	a3	0.85	0.15	0.95	0.121125	1.57	
	a4	0.85	0.15	1	0.1275	1.66	
	a5	0.9	0.15	1	0.135	1.76	
	<b>DIRECCIÓN LONGITUDINAL</b>						
	CLASIFICACIÓN	MURO	Largo (m)	ancho(m)	alto(m)	Volumen (m3)	Peso (kN)
ESTRUCTURAL	MA	13.28	0.15	2.4	4.7808	86.05	
	MB	13.28	0.15	2.4	4.7808	86.05	
	MC	2.26	0.15	2.4	0.8136	14.64	
	MD	2.4	0.15	2.4	0.864	15.55	
NO ESTRUCTURAL	ma	0.50	0.1	2.4	0.12	1.56	
	mb	1.55	0.1	2.4	0.372	4.84	
	mc	1.53	0.1	2.4	0.3672	4.77	
	md	0.20	0.1	2.4	0.048	0.62	
	me	1.00	0.1	2.4	0.24	3.12	
	mf	0.90	0.1	2.4	0.216	2.81	
	mg	0.50	0.15	2.4	0.18	2.34	
	mh	0.87	0.15	2.4	0.3132	4.07	
	mi	2.23	0.15	2.4	0.8028	10.44	
	<b>CUELGA</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	ca	0.77	0.1	0.4	0.0308	0.40	
	cb	0.77	0.15	0.4	0.0462	0.60	
	cc	0.65	0.15	0.4	0.039	0.51	
	cd	1.37	0.1	0.4	0.0548	0.71	
	ce	0.8	0.1	0.4	0.032	0.42	
	cf	0.8	0.15	0.4	0.048	0.62	
	<b>ANTEPECHO</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	aa	2.6	0.1	0.6	0.156	2.03	
	ab	1.165	0.1	1.2	0.1398	1.82	
	<b>LOSA DE CUBIERTA EN CONCRETO</b>						
CLASIFICACIÓN	Fosos (m2)	Largo (m)	ancho(m)	alto(m)	Densidad (KN/m3)	Peso (kN)	
ESTRUCTURAL	6.0584	13.28	6.43	0.1	7.9332	158.66	

Peso calculado para el Nivel 2. Fuente: elaboración propia

PESO NIVEL 3							
CLASIFICACIÓN	DIRECCIÓN TRANSVERSAL					PESO TOTAL (KN)	291.57
	MURO	SECCIÓN			Densidad (KN/m3)	13.00	
		Largo (m)	ancho(m)	alto(m)	Densidad (KN/m3)	15.00	
				Volumen (m3)	Peso (kN)		
MURO ESTRUCTURAL	M1	4.68	0.1	2.75	1.287	16.73	
	M2	1.77	0.1	2.75	0.48675	6.33	
	M3	1	0.1	2.75	0.275	3.58	
	p1	1	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	p2	1	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	p3	1	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	p4	2	0.07	2.75	0.385	5.78	
	p5	1	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	p6	1	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	p7	2	0.07	2.75	0.385	5.78	
	p8	1	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	p9	1	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	p10	1	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	p11	1	0.07	2.75	0.1925	2.89	
ELEMENTO NO ESTRUCTURAL	<b>CUELGA</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	c1	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	c2	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	c3	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	c4	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	c5	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	c6	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	c7	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	c8	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	<b>ANTEPECHO</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	a1	6	0.15	1.2	1.08	16.20	
	a2	1	0.07	1	0.07	1.05	
	a3	1	0.07	1	0.07	1.05	
	a4	1	0.07	1	0.07	1.05	
	a5	1	0.07	1	0.07	1.05	
	a6	1	0.07	1	0.07	1.05	
	a7	1	0.07	1	0.07	1.05	
	a8	0.9	0.1	1.62	0.1458	2.19	
	a9	0.4	0.1	1.62	0.0648	0.97	
	a10	1.1	0.1	1	0.11	1.65	
DIRECCIÓN LONGITUDINAL							
CLASIFICACIÓN	MURO	Largo (m)	ancho(m)	alto(m)	Volumen (m3)	Peso (kN)	
ESTRUCTURAL	MA	13.2	0.15	2.75	5.445	70.79	
	MB	6.2	0.1	2.75	1.705	22.17	
	MC	2.85	0.1	2.75	0.78375	10.19	
	MD	3.1	0.1	2.75	0.8525	11.08	
	PA	6	0.07	2.75	1.155	17.33	
	PB	6	0.07	2.75	1.155	17.33	
NO ESTRUCTURAL	ma	1.10	0.1	2.75	0.3025	3.93	
	mb	0.50	0.1	2.75	0.1375	1.79	
	mc	0.97	0.1	2.75	0.26675	3.47	
	pa	1.00	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	pb	1.00	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	pc	2.00	0.07	2.75	0.385	5.78	
	pd	1.00	0.07	2.75	0.1925	2.89	
	<b>CUELGA</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	ca	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	cb	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	cc	1	0.07	0.4	0.028	0.42	
	<b>ANTEPECHO</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>ancho(m)</b>	<b>alto(m)</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Peso (kN)</b>	
	aa	1.85	0.1	1.8	0.333	5.99	
	CUBIERTA EN TEJA DE BARRO						
CLASIFICACIÓN	OBSERVACIÓN	Largo (m)	ancho(m)	Peso KN/m2	Densidad (KN/m3)	20.00	
CUBIERTA TEJA DE BARRO	En todo el techo	13.2	6.16	0.1464	Volumen (m3)	Peso (kN)	
VIGA DE CONCRETO	Solo en 1 muro (M1)	6.35	0.2	0.2	0.254	5.08	

Peso calculado para el Nivel 3. Fuente: elaboración propia

PESO DE ESCALERAS (LOSA + PELDAÑOS) NIVEL 1 AL NIVEL 2+C199:J209							
LOSA INCLINADA	Longitud (m)	Ancho viga	espesor losa (m)	# pisos	Densidad Concreto (ton/m3)	total (ton)	Peso total (ton)
	4.25	0.9	0.2	1	2	1.53	2.34
PELDAÑOS	Huella (m)	contra huella (m)	# Peldaños	Descanso (m2)	Volumen	total (ton)	Peso total por piso (kN)
	0.24	0.19	12	0.81	0.41	0.82	23.45
PESO DE ESCALERAS (LOSA + PELDAÑOS) NIVEL 2 AL NIVEL 3							
LOSA INCLINADA	Longitud (m)	Ancho viga	espesor losa (m)	# pisos	Densidad Concreto (ton/m3)	total (ton)	Peso total (ton)
	4.39	0.9	0.2	1	2	1.58	2.48
PELDAÑOS	Huella (m)	contra huella (m)	# Peldaños	Descanso (m2)	Volumen	total (ton)	Peso total por piso (kN)
	0.25	0.2	12	0.9	0.45	0.90	24.82

Peso calculado Escaleras. Fuente: elaboración propia

NIVEL 1	Carga muerta + Carga viva KN	577.48	NIVEL 2	Carga muerta + Carga viva KN	595.27
	Carga muerta + Carga viva ton/m2	1.18		Carga muerta + Carga viva ton/m2	0.84
	Carga viva KN	0.82		Carga viva KN	32.78
	Carga viva sobre la losa KN/m2	1.80		Carga viva sobre la losa KN/m2	1.80
	Carga viva sobre balcones KN/m2	5.00		Carga viva sobre balcones KN/m2	5.00
	Carga viva sobre cubiertas KN/m2	0.00		Carga viva sobre cubiertas KN/m2	0.00
	Carga viva sobre escaleras KN/m2	3.00		Carga viva sobre escaleras KN/m2	3.00

NIVEL 3	Carga muerta + Carga viva KN	324.34
	Carga muerta + Carga viva ton/m2	0.48
	Carga viva KN	32.76
	Carga viva sobre la losa KN/m2	0.00
	Carga viva sobre balcones KN/m2	5.00
	Carga viva sobre cubiertas KN/m2	0.50
	Carga viva sobre escaleras KN/m2	3.00

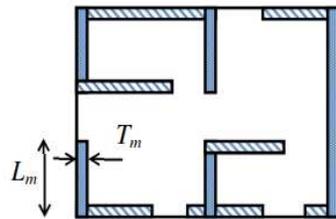
Resumen de pesos y cargas muertas y vivas en la vivienda. Fuente: elaboración propia

## Porcentaje de área de muros existentes y % de área de muros requeridos para el listado de verificación de deficiencias

Los porcentajes de áreas de muros existentes se calcularon teniendo en cuenta las instrucciones del Manual Build Change Anexo A como se describe en la siguiente figura:

### Evaluación de Condiciones Existentes

El Porcentaje de Área de Muros (PAM) existente se calcula como el área de paredes en cada dirección dividido entre el área total del entrepiso o techo soportado por las paredes. El PAM se debe calcular por separado para la dirección transversal y la longitudinal de la edificación en cada nivel.



#### Ejemplo de Planta



$$PAM\ existente = \frac{t_{m1} \times l_{m1} \times C_{N1} + t_{m2} \times l_{m2} \times C_{N2} + \dots + t_{mn} \times l_{mn} \times C_{Nn}}{A_c}$$

Dónde:

$t_{mi}$  = Espesor de muro #1 (repetir para todos los muros de la misma dirección)

$l_{mi}$  = longitud del muro #1 (repetir para todos los muros de la misma dirección). Ver la página 39 para las recomendaciones de longitud de muros utilizables.

$C_{Ni}$  = Factor de área neta del muro. Ver abajo para los valores de  $C_N$  aplicables a configuraciones típicas de muros.

$A_c$  = Área de cubierta o entrepiso

Típicamente las áreas de muros andan en el orden de 2% a 8% del área de la cubierta sobre las paredes. El valor calculado en cada dirección debe cotejarse con las áreas requeridas en el Anexo B.

## Metodología de cálculo del % de área de muros existentes. Fuente: Manual Build Change 2015)

$C_N$  = Factor de Área Neta.  $C_N=1.0$  para bloques de 9.5 cm (bloque 4) con una área sólida de 30% a 35% incluyendo secciones internas y externas sin ningún revoque o pañete

Bloque	Sin revoque	Revoque o pañete 1 cara (1.5cm)	Revoque o pañete en 2 caras (3 cm)
4	1.00	no se contabiliza	1.51
5	0.82	1.09	1.31
Tolete (ladrillo sólido)	3.15	3.15	3.15



Ejemplo: Si el bloque fuese sólido, entonces  $C_N = 3.15$ , se necesita menos pared.

## Factor de área neta para el cálculo del % de área de muros existentes. Fuente Manual Build Change 2015

De acuerdo con esta metodología, se calcularon para los tres niveles en las dos direcciones los porcentajes de áreas de muros existentes como se muestran en las siguientes tablas:

NIVEL 1									
DIRECCIÓN TRANSVERSAL					DIRECCIÓN LONGITUDINAL				
MURO	Esesor de revoque (m)	0.025	CNn	lmi x tmi x CNn	MURO	Esesor de revoque (m)	0.025	CNn	lmi x tmi x CNn
	Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)		
M1	1.175	0.15	3.15	0.5551875	MA	10.045	0.15	3.15	4.7462625
M2	1.675	0.15	3.15	0.7914375	MB	10.045	0.15	3.15	4.7462625
M3	6.375	0.15	3.15	3.0121875	ma	1.175	0.1	1.31	0.153925
m1	0.235	0.2	1.31	0.06157	mb	1.275	0.1	1.31	0.167025
m2	0.115	0.15	1.31	0.0225975	mc	1.875	0.1	1.31	0.245625
m3	0.925	0.15	1.31	0.1817625	md	2.895	0.15	1.31	0.5688675
m4	0.775	0.15	1.31	0.1522875	me	1.695	0.1	1.31	0.222045
m5	0.565	0.15	1.31	0.1110225					
m6	2.325	0.1	1.31	0.304575	Ac (m2)	54.965			
m7	0.125	0.15	1.31	0.0245625	PMA (%)	20%			
m8	0.575	0.1	1.31	0.075325					
m9	0.525	0.1	1.31	0.068775					
m10	1.125	0.1	1.31	0.147375					

Ac (m2)	54.965
PMA (%)	10%

Cálculo del porcentaje de área de muros existentes en el Nivel 1. Fuente: elaboración propia

NIVEL 2									
DIRECCIÓN TRANSVERSAL					DIRECCIÓN LONGITUDINAL				
MURO	Esesor de revoque (m)	0	CNn	lmi x tmi x CNn	MURO	Esesor de revoque (m)	0	CNn	lmi x tmi x CNn
	Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)		
M1	0.865	0.15	1	0.12975	MA	13.28	0.15	1	1.992
M2	1.075	0.15	1	0.16125	MB	13.28	0.15	1	1.992
M3	1.475	0.15	1	0.22125	MC	2.26	0.15	1	0.339
M4	2.335	0.15	1	0.35025	MD	2.4	0.15	1	0.36
M5	2.655	0.15	1	0.39825	ma	0.5	0.1	0.82	0.041
M6	6.405	0.15	1	0.96075	mb	1.55	0.1	0.82	0.1271
m1	0.765	0.15	1	0.11475	mc	1.53	0.1	0.82	0.12546
m2	0.645	0.15	1	0.09675	md	0.2	0.1	0.82	0.0164
m3	0.275	0.15	1	0.04125	me	1	0.1	0.82	0.082
m4	0.765	0.15	1	0.11475	mf	0.9	0.1	0.82	0.0738
m5	0.705	0.15	1	0.10575	mg	0.5	0.15	1	0.075
m6	0.685	0.15	1	0.10275	mh	0.87	0.15	1	0.1305
m7	0.625	0.10	0.82	0.05125	mi	2.23	0.15	1	0.3345
m8	0.625	0.10	0.82	0.05125					
m9	0.575	0.15	1	0.08625	Ac (m2)	79.332			
m10	0.275	0.15	1	0.04125	PMA (%)	7%			
m11	0.175	0.15	1	0.02625					
m12	0.875	0.15	1	0.13125					

Ac (m2)	79.33
PMA (%)	4%

Cálculo del porcentaje de área de muros existentes en el Nivel 2. Fuente: elaboración propia

NIVEL 3									
DIRECCIÓN TRANSVERSAL					DIRECCIÓN LONGITUDINAL				
MURO	Esesor de revoque (m)	0	CNn	lmi x tmi x CNn	MURO	Esesor de revoque (m)	0	CNn	lmi x tmi x CNn
	Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)		
M1	4.68	0.10	0.82	0.38376	MA	13.2	0.15	0.82	1.6236
M2	1.77	0.10	0.82	0.14514	MB	6.2	0.1	0.82	0.5084
M3	1	0.10	0.82	0.082	MC	2.85	0.1	0.82	0.2337
p1	1	0.07	0.82	0.0574	MD	3.1	0.1	0.82	0.2542
p2	1	0.07	0.82	0.0574	PA	6	0.07	0.82	0.3444
p3	1	0.07	0.82	0.0574	PB	6	0.07	0.82	0.3444
p4	2	0.07	0.82	0.1148	ma	1.1	0.1	0.82	0.0902
p5	1	0.07	0.82	0.0574	mb	0.5	0.1	0.82	0.041
p6	1	0.07	0.82	0.0574	mc	0.97	0.1	0.82	0.07954
p7	2	0.07	0.82	0.1148	pa	1	0.07	0.82	0.0574
p8	1	0.07	0.82	0.0574	pb	1	0.07	0.82	0.0574
p9	1	0.07	0.82	0.0574	pc	2	0.07	0.82	0.1148
p10	1	0.07	0.82	0.0574	pd	1	0.07	0.82	0.0574
p11	1	0.07	0.82	0.0574					

Ac (m2)	81.31
PMA (%)	2%

Ac (m2)	81.312
PMA (%)	5%

Cálculo del porcentaje de área de muros existentes en el Nivel 3. Fuente: elaboración propia

Para el cálculo del % de Área de muros requeridas, se tienen en cuenta las indicaciones del Manual Build Change 2015 representadas en la siguiente figura, esta tabla se refiere a valores tabulados de áreas de muros requeridos según la configuración de la estructura y los supuestos y ajustes indicados a continuación:

NIVEL	MNR Mampostería No reforzada		NOTAS	MR /MC Mampostería Reforzada o Confinada		
	# DE NIVELES			# DE NIVELES		
	1 PISO	2 PISOS		1 PISO	2 PISOS	3 PISOS
3	-	-	PARA EDIFICACIONES CON ENTREPISOS Y CUBIERTAS DE CONCRETO REFORZADO MACIZAS	-	-	4.9 %
2	-	9.4 %		-	4.7 %	8.1 %
1	8.3 %	14.2 %		4.1 %	7.1 %	9.7 %
3	-	-	PARA EDIFICACIONES CON CUBIERTA LIVIANA	-	-	4.0 %
2	-	8.0 %		-	4.0 %	5.7 %
1	8.3 %	9.4 %		4.1 %	4.7 %	7.6 %

Supuestos y Ajustes:

- La tabla es aplicable para Sa = 0.73g (la zona más exigente de Bogotá), para otros valores de movimiento del suelo proporcione los valores pertinentes.
- Los valores tabulados son para calidades "promedio" de construcción. Para calidades deficientes de construcción incremente en un 50%. Ver la guía fotográfica del anexo B.
- La Resistencia a la compresión del bloque asumida es de 2.0MPa. Ver el anexo A para ajustes de otras capacidades.
- Estos valores son para evaluación de edificaciones, incremente en un tercio para evaluar propuestas de diseño de reforzamiento.
- El bloque es usualmente de 95mm de ancho, aproximadamente 30 % sólido sin el revoque. Para otros espesores, porcentajes de superficie neta, ajuste el Porcentaje de Área de Muros requerido con la información de los anexos A y B.
- Se recomienda que en cualquier caso, el PAM requerido no sea menor del 4% para MC, y no menos de 8% para MNR.

Porcentaje de área de muros requeridos Fuente Manual Build Change 2015

## Evaluación de presencia de Torsión en condición actual de la vivienda:

NIVEL 1											
MURO	DIRECCIÓN TRANSVERSAL					DIRECCIÓN LONGITUDINAL					
	Altura muro h (m)	2,25				Altura muro h (m)	2,25				
	Esesor de revoque (m)	0,025	deformación δ (mm)	K rigidez de cada muro (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	Esesor de revoque (m)	0,025	deformación δ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	
	Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				
M1	1,175	0,15	208,9438756	0,004785974	0,017277367	MA	10,045	0,15	2,53960636	0,393761811	0
M2	1,675	0,15	79,8594907	0,012521993	0,088530492	MB	10,045	0,15	2,53960636	0,393761811	2,520075588
M3	6,375	0,15	5,172399756	0,193333858	1,890805131	ma	1,175	0,1	309,586026	0,00323012	0,007913794
m1	0,235	0,2	17635,29685	5,67045E-05	0	mb	1,275	0,1	246,295542	0,004060163	0,009947399
m2	0,115	0,15	199942,2947	5,00144E-06	0	mc	1,875	0,1	87,12	0,011478421	0,02812213
m3	0,925	0,15	411,3552998	0,002430988	0	md	2,895	0,15	20,2910479	0,049282817	0,120742902
m4	0,775	0,15	685,4492968	0,001458897	0	me	1,695	0,1	113,473276	0,008812648	0,039216282
m5	0,565	0,15	1729,244638	0,000578287	0,002087617	mfi	0,395	0,2	3739,18366	0,000267438	0,000655223
m6	2,325	0,1	52,7041724	0,01897383	0,068495526						
m7	0,125	0,15	155724	6,42162E-06	4,54008E-05						
m8	0,575	0,1	2463,168406	0,000405981	0,002870287						
m9	0,525	0,1	3221,54519	0,00031041	0,002194599						
m10	1,125	0,1	354	0,002824859	0,022768362						

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	2912
Ac (m2)	54,97
CG Transversal	3,13
CR Transversal	3,15

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	3300
Ac (m2)	54,97
CG Longitudinal	4,64
CR Longitudinal	8,81

**Distancia máxima entre CR y CG en cada dirección**

(CG-CR)transversal	0,03 m	0,96 m	Cumple
(CG-CR)longitudinal	4,18 m	1,28 m	No cumple

## Chequeo de torsión en Nivel 1 estado actual de la vivienda Fuente Elaboración propia

NIVEL 2											
MURO	DIRECCIÓN TRANSVERSAL					DIRECCIÓN LONGITUDINAL					
	Altura muro h (m)	2,4				Altura muro h (m)	2,4				
	Esesor de revoque (m)	0	deformación δ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	Esesor de revoque (m)	0	deformación δ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	
	Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				Longitud lmi (m)	Esesor tmi (m)				
M1	0,89	0,15	551,5682969	0,001813012	0,001813012	MA	13,28	0,15	1,85167838	0,54005059	0
M2	1,1	0,15	300,1465064	0,003331706	0,003331706	MB	13,28	0,15	1,85167838	0,54005059	3,456323773
M3	1,5	0,15	126,2266667	0,007922256	0,039215168	MC	2,26	0,15	41,8915037	0,023871189	0,02148407
M4	2,36	0,15	38,85079536	0,025739499	0,127410519	MD	2,4	0,15	36,0416667	0,027745665	0,099606936
M5	2,68	0,15	28,66621725	0,034884268	0,386168845	ma	0,5	0,1	4491,18	0,000222659	0,000596725
M6	6,43	0,15	5,352443946	0,186830541	2,449348397	mb	1,55	0,1	170,264677	0,005873209	0,02108482
m1	0,79	0,15	779,9678119	0,001282104	0,001282104	mc	1,53	0,1	176,448915	0,005667363	0,020345832
m2	0,67	0,15	1263,742382	0,000791301	0,000791301	md	0,2	0,1	69288,75	1,44324E-05	9,23671E-05
m3	0,3	0,15	13738,33333	7,2789E-05	0,000599054	me	1	0,1	586,71	0,00170442	0,004567844
m4	0,79	0,15	779,9678119	0,001282104	0,010551717	mfi	0,9	0,1	796,018519	0,001256252	0,002625567
m5	0,73	0,15	982,5507626	0,001017759	0,008376158	mg	0,5	0,15	2994,12	0,000333988	0,00138605
m6	0,71	0,15	1065,892219	0,000938181	0,007721231	mh	0,87	0,15	585,677286	0,001707425	0,007085813
m7	0,65	0,1	2072,355485	0,000482543	0,00486403	mi	2,23	0,15	43,3317414	0,023077771	0,147697733
m8	0,65	0,1	2072,355485	0,000482543	0,00486403						
m9	0,6	0,15	1749,166667	0,000571701	0,006328728						
m10	0,3	0,15	13738,33333	7,2789E-05	0,000805775						
m11	0,2	0,15	46207,5	2,16415E-05	0,00017811						
m12	0,9	0,15	534,0123457	0,001872616	0,004587909						

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	2912
Ac (m2)	79,33
CG Transversal	2,98
CR Transversal	3,23

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	3300
Ac (m2)	79,33
CG Longitudinal	6,30
CR Longitudinal	11,35

**Distancia máxima entre CR y CG en cada dirección**

(CG-CR)transversal	0,25 m	0,96 m	Cumple
(CG-CR)longitudinal	5,05 m	1,28 m	No cumple

## Chequeo de torsión en Nivel 2 estado actual de la vivienda Fuente Elaboración propia

NIVEL 3											
DIRECCIÓN TRANSVERSAL						DIRECCIÓN LONGITUDINAL					
MURO	Altura muro h (m)	2,75	deformación $\delta$ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	MURO	Altura muro h (m)	2,75	deformación $\delta$ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)
	Espesor de revoque (m)	0					Espesor de revoque (m)	0			
	Longitud lmi (m)	Espesor tmi (m)				Longitud lmi (m)	Espesor tmi (m)				
M1	4,68	0,1	16,28867468	0,061392349	0,815290394	MA	13,2	0,15	1,945672	0,513961244	0
M2	1,77	0,1	171,6264087	0,005826609	0,077377369	MB	6,2	0,1	8,93401111	0,111931806	0,71636356
M3	1	0,1	870,125	0,00114926	0,015262175	MC	2,85	0,1	47,7775888	0,020930315	0,09690736
p1	1	0,07	1243,035714	0,000804482	0,005647464	MD	3,1	0,1	38,8107986	0,025766025	0,025766025
p2	1	0,07	1243,035714	0,000804482	0,005647464	PA	6	0,07	13,5375331	0,073868702	0
p3	1	0,07	1243,035714	0,000804482	0,0040385	PB	6	0,07	13,5375331	0,073868702	0,472759695
p4	2	0,07	175,8705357	0,005686001	0,028543724	ma	1,1	0,1	655,681818	0,00152513	0,00305026
p5	1	0,07	1243,035714	0,000804482	0,002429536	mb	0,5	0,1	6722,5	0,000148754	0,000688732
p6	1	0,07	1243,035714	0,000804482	0,002429536	mc	0,97	0,1	946,264845	0,001056787	0,004892922
p7	2	0,07	175,8705357	0,005686001	0,022857723	pa	1	0,07	1236,60714	0,000808664	0,002425993
p8	1	0,07	1243,035714	0,000804482	0,004842982	pb	1	0,07	1236,60714	0,000808664	0,002425993
p9	1	0,07	1243,035714	0,000804482	0,005647464	pc	2	0,07	172,65625	0,005791855	0,01158371
p10	1	0,07	1243,035714	0,000804482	0,000820572	pd	1	0,07	1236,60714	0,000808664	0,000808664
p11	1	0,07	1243,035714	0,000804482	0,000820572						

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	2912
Ac (m2)	81,31
CG Transversal	3,10
CR Transversal	1,61

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	3300
Ac (m2)	81,31
CG Longitudinal	6,32
CR Longitudinal	11,40

Distancia máxima entre CR y CG en cada dirección			
(CG-CR)Transversal	1,49 m	0,96 m	No cumple
(CG-CR)Longitudinal	5,08 m	1,28 m	No cumple

Chequeo de torsión en Nivel 3 estado actual de la vivienda Fuente Elaboración propia

### Evaluación de presencia de Torsión en condición de vivienda reforzada:

NIVEL 1											
DIRECCIÓN TRANSVERSAL						DIRECCIÓN LONGITUDINAL					
MURO	Altura muro h (m)	2,25	deformación $\delta$ (mm)	K rigidez de cada muro (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	MURO	Altura muro h (m)	2,25	deformación $\delta$ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)
	Espesor de revoque (m)	0,025					Espesor de revoque (m)	0,025			
	Longitud lmi (m)	Espesor tmi (m)				Longitud lmi (m)	Espesor tmi (m)				
M1	2,00	0,27	28,17708333	0,035489834	0,128118299	MA	10,07	0,14	2,81313223	0,355475647	0
M2	2,00	0,27	28,17708333	0,035489834	0,250913124	MB	10,07	0,14	2,81313223	0,355475647	2,275044144
M3	6,40	0,21	3,67363521	0,272209935	2,662213159	ma	1,2	0,16	182,373047	0,005483266	0,013434003
m1	0,96	0,27	205,4918077	0,004866374	0	mb	1,3	0,12	202,910095	0,004928291	0,012074313
m2	0,14	0,21	79198,71928	1,26265E-05	0	mc	1,9	0,12	73,2091127	0,013659502	0,033465779
m3	0,95	0,27	211,7339748	0,004722908	0	md	2,92	0,27	11,058723	0,090426354	0,221544567
m4	1,80	0,27	36,80555566	0,027169811	0	me	1,72	0,22	49,6196125	0,020153321	0,08968288
m5	0,00	0,00				mf	0	0			
m6	2,35	0,22	23,35655613	0,042814531	0,154560457						
m7	0,00	0,00									
m8	0,60	0,16	1358,203125	0,000736267	0,005205407						
m9	0,55	0,16	1755,05494	0,000569783	0,004028364						
m10	1,15	0,16	208,0260644	0,00480709	0,038745145						

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	2912
Ac (m2)	54,97
CG Transversal	3,13
CR Transversal	3,13

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	3300
Ac (m2)	54,97
CG Longitudinal	4,64
CR Longitudinal	7,56

Distancia máxima entre CR y CG en cada dirección			
(CG-CR)Transversal	0,00 m	0,96 m	Cumple
(CG-CR)Longitudinal	2,93 m	1,28 m	No cumple

Chequeo de torsión en Nivel 1 vivienda reforzada Fuente Elaboración propia

NIVEL 2												
DIRECCIÓN TRANSVERSAL						DIRECCIÓN LONGITUDINAL						
MURO	Altura muro h (m)	2,4	deformación δ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	MURO	Altura muro h (m)	2,4	deformación δ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	
	Espesor de revoque (m)	0					Espesor de revoque (m)	Espesor tmi (m)				Longitud lmi (m)
		0										
M1	0,89	0,27	306,4268311	0,003263422	0,003263422	MA	13,28	0,14	2,05742042	0,486045531	0	
M2	1,10	0,27	166,7480591	0,005997071	0,005997071	MB	13,28	0,14	2,05742042	0,486045531	3,110691396	
M3	1,50	0,27	70,12592593	0,014260061	0,070587303	MC	2,26	0,17	38,0831852	0,026258308	0,023632477	
M4	2,36	0,27	21,5837752	0,046331098	0,229338934	MD	2,40	0,21	25,7440476	0,038843931	0,139449711	
M5	2,68	0,27	15,92567625	0,062791682	0,695103921	ma	0,50	0,12	3905,37391	0,000256057	0,000686234	
M6	6,43	0,21	3,823174247	0,261562758	3,429087756	mb	1,55	0,16	106,415423	0,009397134	0,033735711	
m1	0,79	0,17	709,0616472	0,001410315	0,001410315	mc	1,53	0,16	110,280572	0,00906778	0,032553331	
m2	0,67	0,17	1148,856711	0,000870431	0,000870431	md	0,20	0,12	60251,087	1,65972E-05	0,000106222	
m3	0,30	0,17	12489,39394	8,00679E-05	0,000658959	me	1,00	0,12	510,182609	0,001960082	0,005253021	
m4	0,79	0,27	433,315451	0,002307788	0,018993091	mef	0,90	0,12	692,190016	0,00144469	0,003019402	
m5	0,73	0,27	545,8615348	0,001831966	0,015077084	mg	0,50	0,17	2721,92727	0,000367387	0,001524655	
m6	0,71	0,17	968,9929264	0,001031999	0,008493354	mh	0,87	0,21	418,340919	0,002390395	0,009920139	
m7	0,65	0,12	1802,048248	0,000554924	0,005593635	mi	2,23	0,21	30,9512439	0,032308879	0,206776827	
m8	0,00	0,00										
m9	0,60	0,17	1590,151515	0,000628871	0,006961601							
m10	0,30	0,17	12489,39394	8,00679E-05	0,000886352							
m11	0,20	0,17	42006,81818	2,38057E-05	0,000195921							
m12	0,90	0,17	485,4657688	0,002059877	0,0050467							
m13 (nuevo)	1,00	0,17	358,3090909	0,002790886	0,028132136							

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	2912
Ac (m2)	79,33
CG Transversal	2,98
CR Transversal	3,26

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	3300
Ac (m2)	79,33
CG Longitudinal	6,30
CR Longitudinal	11,10

Distancia máxima entre CR y CG en cada dirección			
(CG-CR)Transversal	0,28 m	0,96 m	Cumple
(CG-CR)Longitudinal	4,79 m	1,28 m	No cumple

Chequeo de torsión en Nivel 2 vivienda reforzada Fuente Elaboración propia

NIVEL 3												
DIRECCIÓN TRANSVERSAL						DIRECCIÓN LONGITUDINAL						
MURO	Altura muro h (m)	2,75	deformación δ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	MURO	Altura muro h (m)	2,75	deformación δ (mm)	K rigidez (KN/m)	Ki x Localización muro (m)	
	Espesor de revoque (m)	0					Espesor de revoque (m)	Espesor tmi (m)				Longitud lmi (m)
		0										
M1	4,68	0,22	7,403943038	0,135063168	1,793638867	MA	13,20	0,14	2,16185778	0,462565119	0	
M2	1,77	0,16	107,2665054	0,009322575	0,123803791	MB	6,20	0,16	5,58375694	0,17909089	1,146181695	
M3	1,00	0,16	543,828125	0,001838816	0,02441948	MC	2,85	0,12	41,5457294	0,024069863	0,111443464	
p1	1,00	0,19	457,9605263	0,002183594	0,015328832	MD	3,10	0,12	33,7485205	0,029630929	0,029630929	
p2	1,00	0,19	457,9605263	0,002183594	0,015328832	PA	6,00	0,09	11,1485566	0,08969771	0	
p3	1,00	0,13	669,3269231	0,001494038	0,007500072	PB	6,00	0,09	11,1485566	0,08969771	0,574065344	
p4	2,00	0,19	64,79440789	0,015433431	0,077475822	ma	1,10	0,12	570,158103	0,001753899	0,003507799	
p5	1,00	0,19	457,9605263	0,002183594	0,006594455	mb	0,50	0,12	5845,65217	0,000171067	0,000792042	
p6	1,00	0,19	457,9605263	0,002183594	0,006594455	mc	0,97	0,12	822,839996	0,001215305	0,006262686	
p7	2,00	0,19	64,79440789	0,015433431	0,062042391	pa	1,00	0,09	1018,38235	0,000981949	0,002945848	
p8	1,00	0,19	457,9605263	0,002183594	0,013145238	pb	1,00	0,09	1018,38235	0,000981949	0,002945848	
p9	1,00	0,19	457,9605263	0,002183594	0,015328832	pc	2,00	0,09	142,1875	0,007032967	0,014065934	
p10	1,00	0,19	457,9605263	0,002183594	0,002227266	pd	1,00	0,09	1018,38235	0,000981949	0,000981949	
p11	1,00	0,19	457,9605263	0,002183594	0,002227266							

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	2912
Ac (m2)	81,31
CG Transversal	3,10
CR Transversal	2,13

P(kN)	1
E(Mpa)	4950
G(MPa)	3300
Ac (m2)	81,31
CG Longitudinal	6,32
CR Longitudinal	11,05

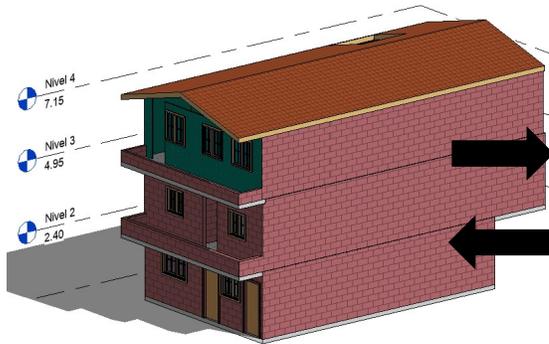
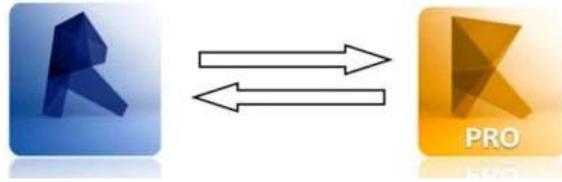
Distancia máxima entre CR y CG en cada dirección			
(CG-CR)Transversal	0,97 m	0,96 m	No cumple
(CG-CR)Longitudinal	4,72 m	1,28 m	No cumple

Chequeo de torsión en Nivel 3 vivienda reforzada Fuente Elaboración propia

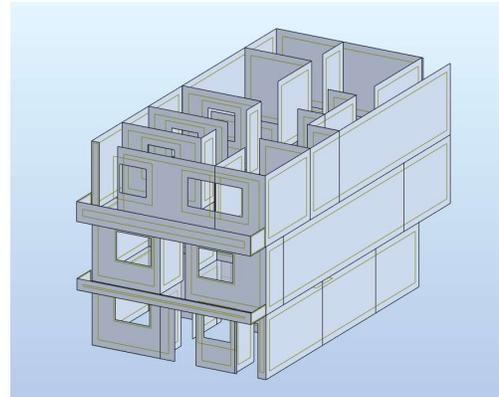
## ANEXO 3 Modelación De La Estructura

### Modelación Supuesta A La Realidad De La Estructura

Modelo creado en Revit 2019 Structural para Importarlo en “cables” o “Alambre” A Robot Structural Analysis Professional 2020 y analizar modelo matemático del edificio en muros.



Revit 2019



Robot structural Anailysis Professional

## Consideraciones Estructurales Para El Diseño

### Materiales

#### Concreto reforzado:

The screenshot shows a software dialog box titled "Definición del material" with tabs for "Acero", "Hormigón", "Aluminio", "Madera", and "Otros". The "Hormigón" tab is selected. The "Nombre" field is set to "fc=21Mpa" and the "Descripción" field is "Concrete fc=21Mpa".

Elasticidad		Resistencia	
módulo de Young, E:	21538.10 (kgf/m <sup>2</sup> )	Característico	21.00 (kgf/m <sup>2</sup> )
coeficiente de Poisson, v:	0.2	Muestra:	Cilindrico
coeficiente de Kirchoff, G:	9225.19 (kgf/m <sup>2</sup> )		
Peso específico (densidad):	0.00 (T/m <sup>3</sup> )		
Dilatación térmica:	0.000010 (1/°C)		
Coeficiente de amortiguamiento:	0.15		

Buttons at the bottom: Agregar, Eliminar, OK, Cancelar, Ayuda.

#### Mampostería de arcilla:

The screenshot shows the same "Definición del material" dialog box, but with the "Otros" tab selected. The "Nombre" field is set to "Mampostería" and the "Descripción" field is "Arcilla 2 MPA".

Elasticidad		Resistencia	
módulo de Young, E:	2.00 (MPa)	resistencia de cálculo:	248.21 (MPa)
coeficiente de Poisson, v:	0.25	reducción para el cortante:	1.66
coeficiente de Kirchoff, G:	76904.15 (MPa)		
Peso específico (densidad):	0.01 (kgf/cm <sup>3</sup> )		
Dilatación térmica:	0.000012 (1/°C)		
Coeficiente de	0.06		

Buttons at the bottom: Agregar, Eliminar, OK, Cancelar, Ayuda.

## Preferencia De Diseño

Estructuras de acero/aluminio:	ANSI/AISC 360-10
Uniones de acero:	EN 1993-1-8:2005/AC:2009
Estructuras de madera:	ANSI/AWC NDS-2012 LRFD
Hormigón armado:	ACI 318-11
Geotécnica:	ACI

## Opcion De En Mallado

**Opciones de mallado**

Métodos de mallado

Métodos de mallado admisibles

- Mallado simple (Coons)
- Mallado compuesto (Delaunay)
- Selección automática del método de mallado

Generación del mallado

- Automática
- Usuario
- Tamaño del elemento

0.50 (m)

Mallado de elementos volumétricos

Fino Grueso

Mallado adicional de la superficie del sólido

Opciones avanzadas

OK Cancelar Ayuda

**Opciones avanzadas del mallado**

Métodos admisibles de generación de la malla

- Coons Frecuente
- Delaunay Frecuente

Uso: Recomendado

Generación de la malla

- Automática
- Definida por el usuario
- Tamaño del elemento

0.50 (m)

Mallado - elementos volumétricos

Fino Grueso

Mallado suplementario del superficie del sólido

Parámetros para el método de Coons

Tipo de división:

- Triángulos - espacio triangular
- Triángulos y cuadrados - espacio triangular
- Triángulos y trapecoides - espacio triangular
- Cuadrados - espacio rectangular
- Triángulos - espacio rectangular

Uso: Cualquiera

Elementos finitos

Tipo (superficiales): Cuadrangular (4 nudos)

Tipo (volumétricos): Tetraedro 4-nudos

Uso: Recomendado

Parámetros para el método de Delaunay

Mallado regular

- Delaunay
- Kang

H0 = 0.30 (m)

H max = 1000.00 Q = 1.2

Emisores automáticos:

- En los puntos característicos de los paneles
- En los nudos de apoyo

Emisores del usuario

Alisar

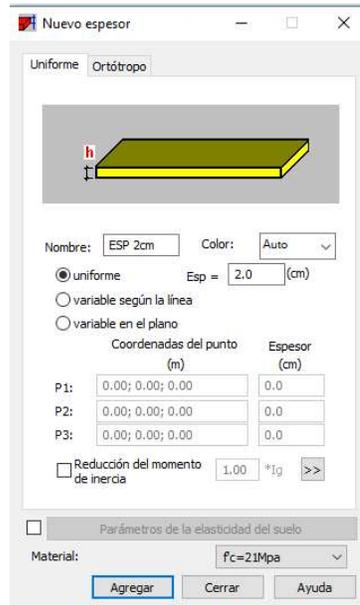
Triangulación en los bordes

Número de niveles:  1  2  3

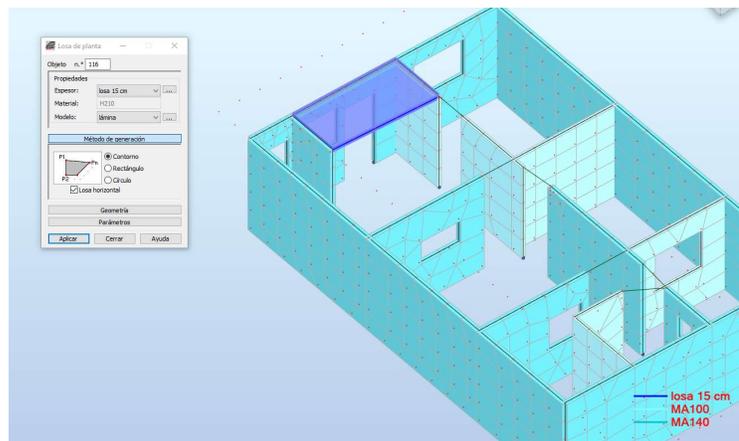
Fina Gruesa

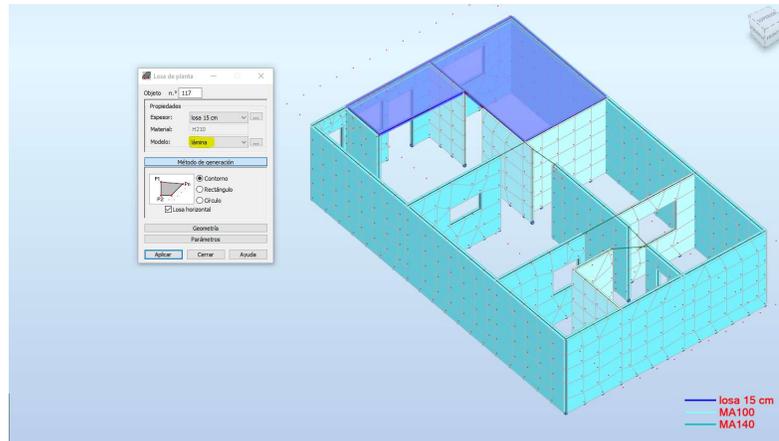
OK Cancelar Ayuda

## Creación De La Losa 2cm



Se inicia con el trazado de la losa, nudo por nudo como paneles. losa en estilo lamina para tener una adecuada distribución de cargas hacia los muros.





## Dedición De Casos De Carga

**Casos de carga**

Descripción del caso

Número:  Etiqueta:

Tipo:

Nombre:

Lista de casos definidos:

Número	Nombre del caso	Naturaleza	Ti
1	PESO PROPIO	permanente	Es
2	SOBRE CARGA PERMANENTE	permanente	Es
→ 3	CARGA VIVA	explotación	Es

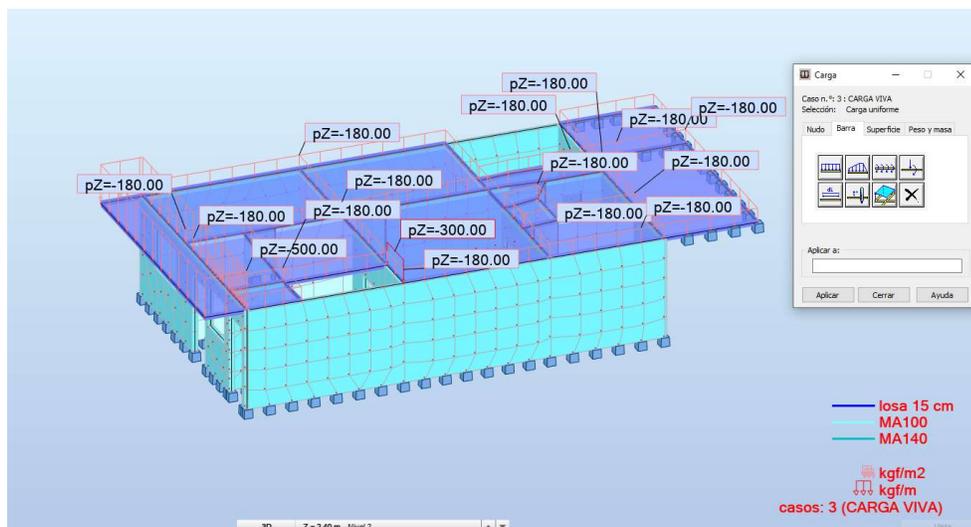
# Cargas Vivas

Tabla B.4.2.1-1  
Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas

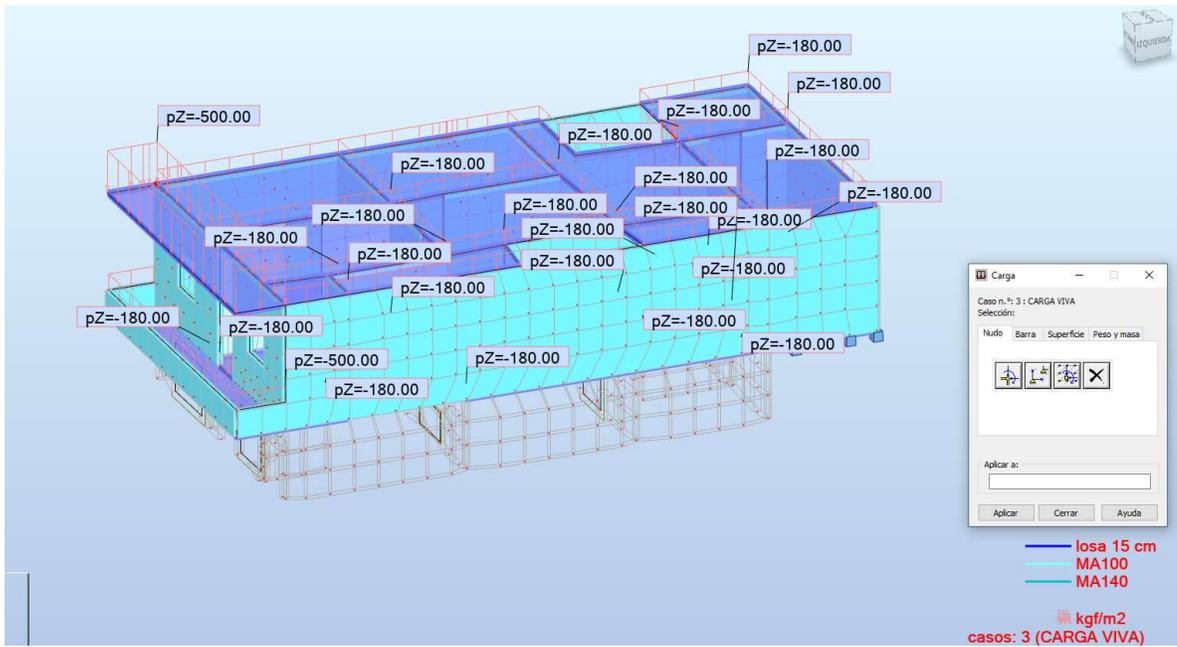
Ocupación o uso		Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta	Carga uniforme (kgf/m <sup>2</sup> ) m <sup>2</sup> de área en planta
Reunión	Balcones	5.0	500
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Silletería fija (fijada al piso)	3.0	300
	Gimnasios	5.0	500
	Vestibulos	5.0	500
	Silletería móvil	5.0	500
	Áreas recreativas	5.0	500
	Plataformas	5.0	500
	Escenarios	7.5	750
Oficinas	Corredores y escaleras	3.0	300
	Oficinas	2.0	200
	Restaurantos	5.0	500
Educativos	Salones de clase	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
	Bibliotecas		
	Salones de lectura	2.0	200
Fabricas	Industrias livianas	5.0	500
	Industrias pesadas	10.0	1000
Institucional	Cuartos de cirugía, laboratorios	4.0	400
	Cuartos privados	2.0	200
	Corredores y escaleras	5.0	500
Comercio	Minorista	5.0	500
	Mayorista	6.0	600
Residencial	Balcones	5.0	500
	Cuartos privados y sus corredores	1.8	180
	Escaleras	3.0	300
Almacenamiento	Liviano	6.0	600
	Pesado	12.0	1200
Garajes	Garajes para automoviles de pasajeros	2.5	250
	Garajes para vehiculos de carga de hasta 2.000 kg de capacidad.	5.0	500
Coliseos y Estadios	Graderías	5.0	500
	Escaleras	5.0	500

# Cargas Vivas Distribuida

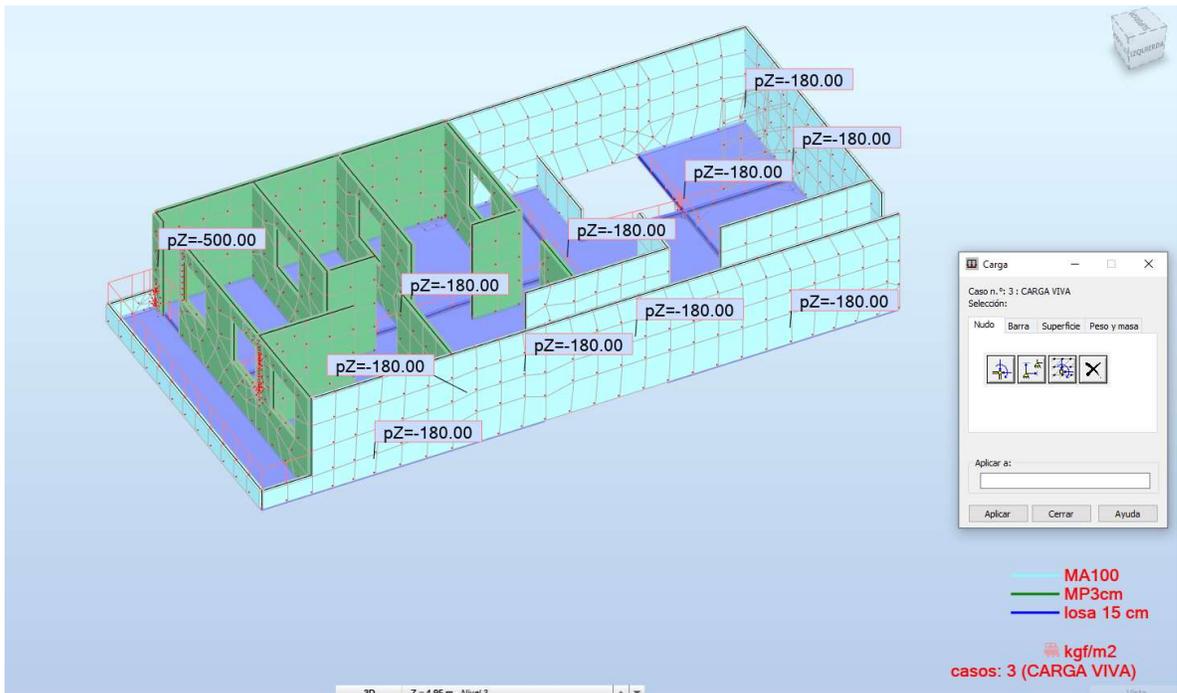
## Nivel 1



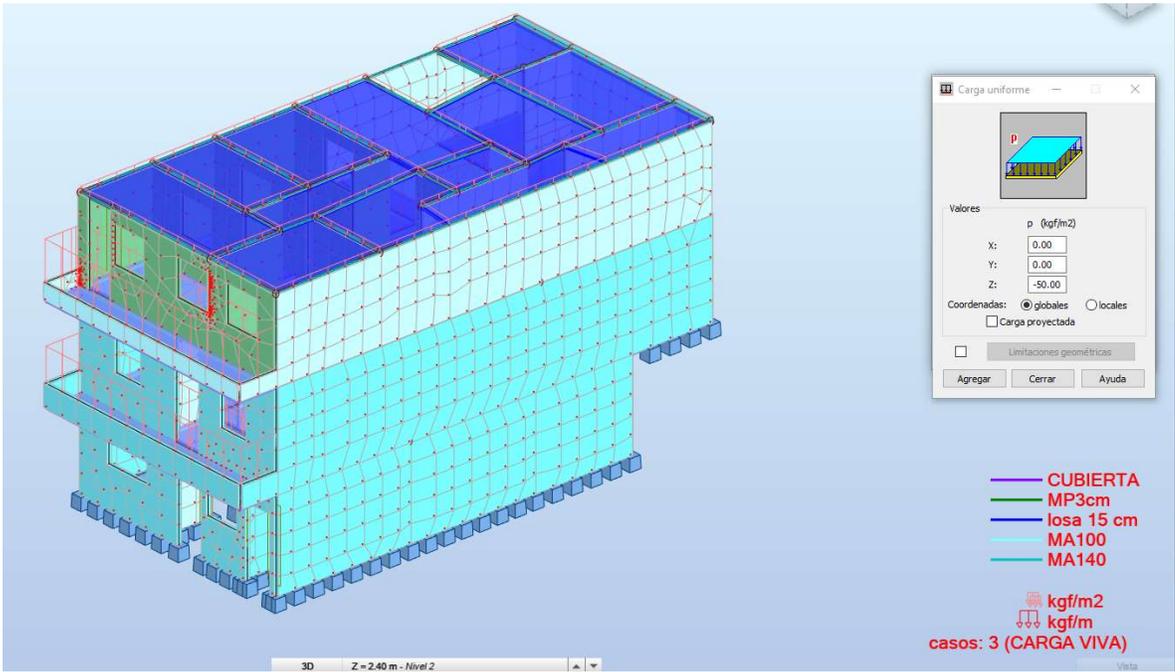
## Nivel 2



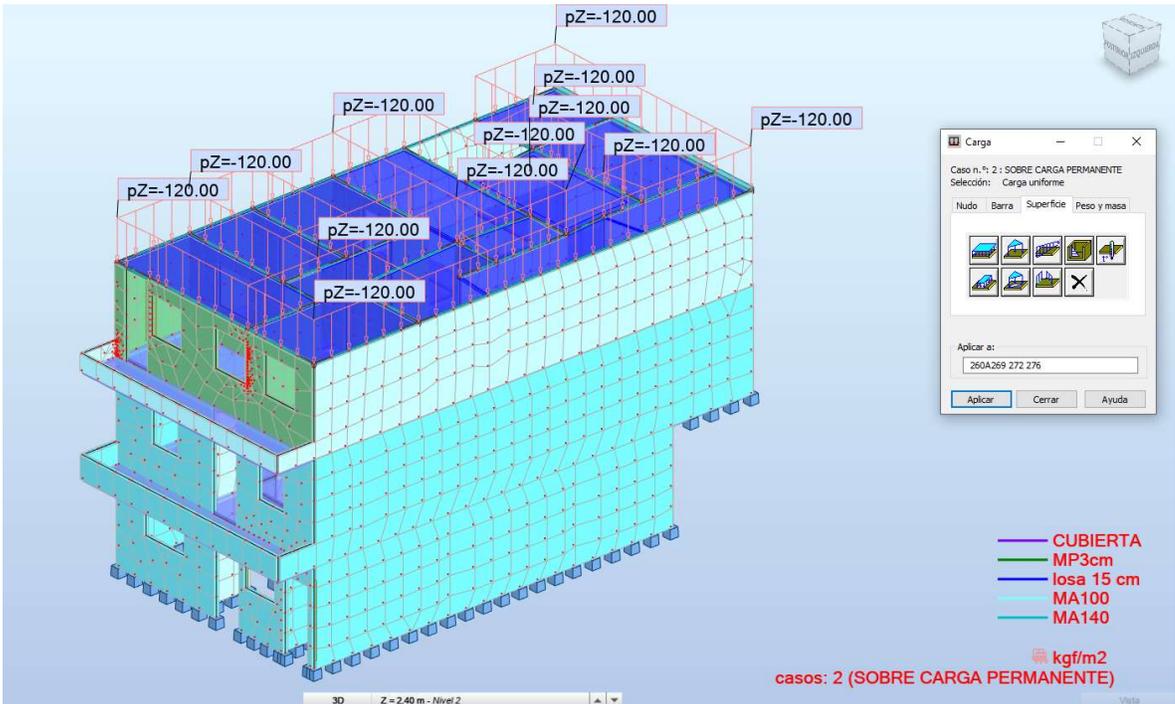
## Nivel 3



## Carga Viva En Cubierta 50 Kg/M2 Distribuida



## Sobre Carga Permanente (Cubierta) 120kg/M2



## Combinaciones De Carga

**Casos de carga**

Descripción del caso

Número:  Etiqueta:

Tipo:

Nombre:

Lista de casos definidos:

Número	Nombre del caso	Naturaleza	Ti
1	PESO PROPIO	permanente	Es
2	SOBRE CARGA PERMANENTE	permanente	Es
3	CARGA VIVA	explotación	Es
4	EMPUJE	permanente	Es
5	SX	sísmica	Es
6	SY	sísmica	Es

## Combinaciones Ultimas

**Combinaciones**

Combinación:

Lista de casos:

Natural:

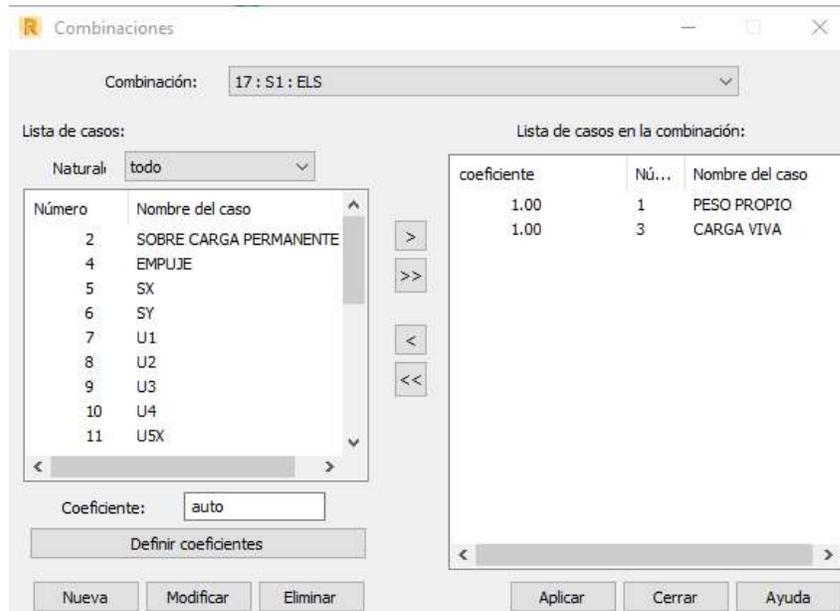
Número	Nombre del caso
2	SOBRE CARGA PERMANENTE
3	CARGA VIVA
4	EMPUJE
5	SX
6	SY
8	U2
9	U3
10	U4
11	U5X

Coficiente:

Lista de casos en la combinación:

coeficiente	Nú...	Nombre del caso
1.40	1	PESO PROPIO

## Combinaciones De Servicio



**D.5.1.2 — METODOLOGÍA DE DISEÑO POR ESTADOS LÍMITES DE RESISTENCIA** — Los requisitos de análisis y diseño del Título D están basados en el método del estado límite de resistencia, utilizando las combinaciones de carga descritas en B.2.4. No obstante, se permite el diseño de estructuras de mampostería por el método de esfuerzos de trabajo, utilizando las combinaciones de carga descritas en B.2.3, y para el efecto pueden emplearse los requisitos alternos presentados en el Apéndice D-1. Todo el diseño de la estructura debe realizarse por uno de estos dos métodos

**B.2.4.2 — COMBINACIONES BÁSICAS** — El diseño de las estructuras, sus componentes y cimentaciones debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño igualen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas en las siguientes combinaciones:

$$1.4(D + F) \quad (\text{B.2.4-1})$$

$$1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (\text{B.2.4-2})$$

$$1.2D + 1.6(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) + (L \text{ ó } 0.8W) \quad (\text{B.2.4-3})$$

$$1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_T \text{ ó } G \text{ ó } L_e) \quad (\text{B.2.4-4})$$

$$1.2D + 1.0E + 1.0L \quad (\text{B.2.4-5})$$

$$0.9D + 1.6W + 1.6H \quad (\text{B.2.4-6})$$

$$0.9D + 1.0E + 1.6H \quad (\text{B.2.4-7})$$

Combinación	Nombre	Tipo de análisis	Tipo de	Naturaleza de caso	Definición
9 (C)	U3	Combinación lin	ELU	permanente	$1*1.20+3*1.60$
10 (C)	U4	Combinación lin	ELU	permanente	$1*1.20+3*1.00$
11 (C) (CQC)	U5X	Combinación lin	ELU	permanente	$1*1.20+3*1.00+27*0.40+28*0.12$
12 (C) (CQC)	U5Y	Combinación lin	ELU	permanente	$1*1.20+3*1.00+27*0.12+28*0.40$
13 (C)	U6	Combinación lin	ELU	permanente	$1*0.90+4*1.60$
14 (C) (CQC)	U7X	Combinación lin	ELU	permanente	$1*0.90+4*1.60+27*0.40+28*0.12$
15 (C) (CQC)	U7Y	Combinación lin	ELU	permanente	$1*0.90+4*1.60+27*0.12+28*0.40$
16 (C)	S1-S3-S5	Combinación lin	ELS	permanente	$1*1.00$
17 (C)	S1	Combinación lin	ELS	permanente	$(1+3)*1.00$
18 (C)	S4	Combinación lin	ELS	permanente	$1*1.00+3*0.75$
19 (C) (CQC)	S6Y	Combinación lin	ELS	permanente	$1*1.00+27*0.08+28*0.28$
20 (C)	S7	Combinación lin	ELS	permanente	$1*1.00+3*0.75$
21 (C) (CQC)	S8X	Combinación lin	ELS	permanente	$1*1.00+27*0.21+28*0.06$
22 (C) (CQC)	S8Y	Combinación lin	ELS	permanente	$1*1.00+27*0.06+28*0.21$
23 (C)	S9	Combinación lin	ELS	permanente	$1*0.60$
24 (C) (CQC)	S10X	Combinación lin	ELS	permanente	$1*0.60+27*0.28+28*0.08$
25 (C) (CQC)	S10Y	Combinación lin	ELS	permanente	$1*0.60+27*0.08+28*0.28$
29 (C) (CQC)	1 * X 1 * Y	Combinación cu	ELU_Q	sísmica	$SQRT((27;28)*1.00)$
30 (C)	U1	Combinación lin	ELU	permanente	$1*1.40$
31 (C)	U2	Combinación lin	ELU	permanente	$1*1.40+3*1.60$

## Tipo De Analisis Modal

**R** Definición de un nuevo caso ✕

Nombre:

Tipo de análisis

Modal

Modal con definición automática de casos sísmicos

Sísmica (Método del esfuerzo lateral equivalente)

Sísmico

Espectral

Armónico

Temporal

Push over

Análisis armónico en el dominio de frecuencia (FRF)

Excitación dinámica por pasantes (Footfall)

Se trabaja con 3 grados por planta o 3 grados vibración por nivel.

Caso:	Modal
Parámetros	
Número de modos:	9
Tolerancia:	0.0001
Número de iteraciones:	40
Aceleración:	9.80665

### Excentricidad De La Matriz De Masa

**R** Definición de excentricidades de masas ✕

Valores totales  
 Valores relativos

<input checked="" type="checkbox"/> Dirección X	Excentricidad	6	(%)
<input checked="" type="checkbox"/> Dirección Y		6	(%)

Método de definición de la excentricidad

Excentricidad de la matriz de masas  
 Adición de masas nodales

## Parámetros Modales

## Definición Del Espectro

### Parametros del Analisis

#### *I. Localizacion y Zona de Amenaza Sismica*

<b>Ciudad</b>	Medellín
<b>Amenaza sismica</b>	Intermedia
<b>Aa</b>	0.13
<b>Av</b>	0.13

[Ver Mapa de Colombia](#)

[Tabla A.2.3-2 NSR-10](#)

Parametro con base en la aceleracion Pico Efectiva

Parametro con base en la Velocidad Pico Efectiva

## II. Parametros del Perfil del Suelo

<b>Tipo de Perfil</b>	D	Clasificación del Perfil de Suelo	<a href="#">Tabla A.2.4-1 NSR-10</a>
<b>Fa</b>	1.50	Coficiente de Amplificación Fa	<a href="#">Figura A.2.4-1 NSR-10</a>
<b>Fv</b>	2.25	Coficiente de Amplificación Fv	<a href="#">Figura A.2.4-2 NSR-10</a>

## III. Caracteristicas de la Estructura

<b>Grupo de Uso</b>	I		<a href="#">A.2.5.1 NSR-10</a>
<b>I</b>	1.0	Coficiente de Importancia	<a href="#">Tabla A.2.5-1 NSR-10</a>
Sistema estructural en X	Muros Estructurales de Hormigon o Mamposteria		<a href="#">Tabla A.4.2-1 NSR-10</a>
Sistema estructural en Y	Muros Estructurales de Hormigon o Mamposteria		<a href="#">Tabla A.4.2-1 NSR-10</a>
Disipacion de Energia	DMO	Capacidad de Disipacion de Energia Moderada	

## IV. Espectro Elastico de Aceleraciones de Diseño

<b>h [m]</b>	7.15	Altura Total de la Estructura	
<i>Periodo Aproximado en Direccion de X</i>			
<b>Ct</b>	0.05	Parametro para el calculo del periodo	<a href="#">Tabla A.4.2-1 NSR-10</a>
<b><math>\alpha</math></b>	1	Parametro para el calculo del periodo	<a href="#">Tabla A.4.2-1 NSR-10</a>
<b>T=T<sub>ax</sub> [s]</b>	0.36	$T_{\alpha} = C_t \cdot h^{\alpha}$ Periodo Fundamental Aprox.	<a href="#">A.4.2.2 NSR-10</a>
<i>Periodo Aproximado en Direccion de Y</i>			

<b>C<sub>t</sub></b>	0.05
<b>α</b>	1
<b>T=T<sub>ay</sub> [s]</b>	0.36

Parametro para el calculo del periodo

[Tabla A.4.2-1 NSR-10](#)

Parametro para el calculo del periodo

[Tabla A.4.2-1 NSR-10](#)

$$T_a = C_t \cdot h^\alpha$$

Periodo Fundamental Aprox.

[A.4.2.2 NSR-10](#)

**Periodo Aproximado Definitivo**

<b>T=T<sub>a</sub> [s]</b>	0.36
<b>T<sub>0</sub> [s]</b>	0.15
<b>T<sub>c</sub> [s]</b>	0.72
<b>T<sub>L</sub> [s]</b>	5.4

$$T_0 = 0.1 \frac{A_v F_v}{A_a F_a} \quad T_c = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a}$$

$$T_L = 2.4 F_v$$

[Figura A.2.6-1 NSR-10](#)

[Figura A.2.6-1 NSR-10](#)

[Figura A.2.6-1 NSR-10](#)

<b>S<sub>a</sub></b>	0.49
----------------------	------

Aceleracion Horizontal de Diseño

[Figura A.2.6-1 NSR-10](#)

$$S_a = \begin{cases} 2.5 A_a F_a I & \text{si } 0 < T_a \leq T_c \\ \frac{1.2 A_v F_v I}{T} & \text{si } T_c < T_a \leq T_L \\ \frac{1.2 A_v F_v T_L I}{T^2} & \text{si } T_a > T_L \end{cases}$$

Nota: S<sub>a</sub> esta definido para un coeficiente de amortiguamiento del 5% del critico

**V. Capacidad de Discipacion de Energia**

Disipacion de Energia	DMO
R0 SRS en X	1
R0 SRS en Y	1
φ <sub>p</sub>	0.9

Capacidad de Disipacion de Energia Moderada

[Tabla A.3-3 NSR-10](#)

[Tabla A.3-3 NSR-10](#)

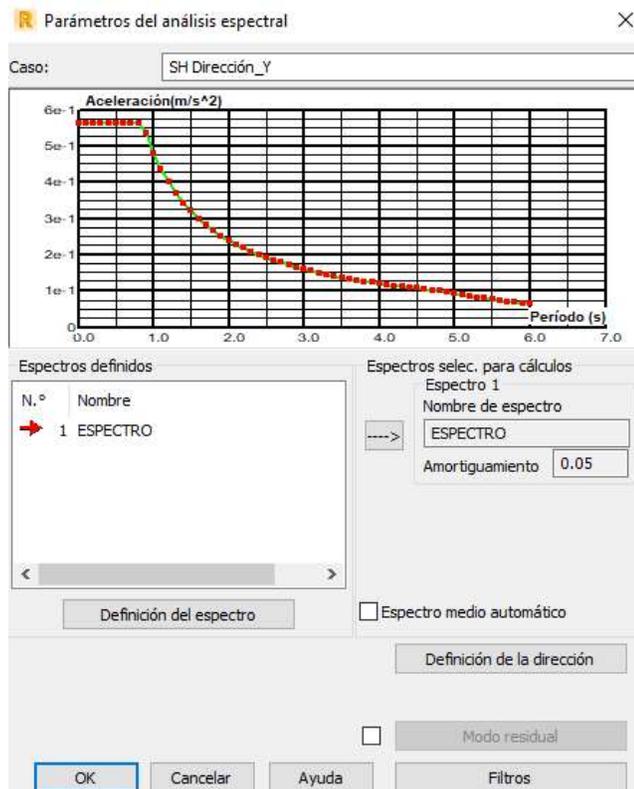
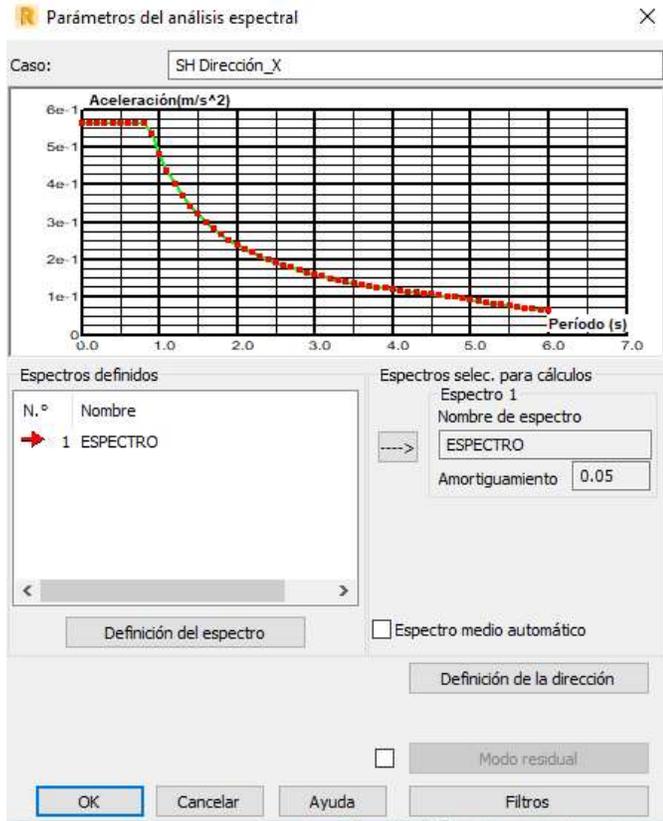
Reduccion por Irregularidad en Planta

[Tabla A.3-6 NSR-0](#)

$\phi_a$	1	Reduccion por Irregularidad en Altura	<a href="#">Tabla A.3-7 NSR-0</a>
$\phi_r$ en X	1	Reduccion por ausencia de redundancia	<a href="#">A.3.3.8 NSR-0</a>
$\phi_r$ en Y	1	Reduccion por ausencia de redundancia	<a href="#">A.3.3.8 NSR-0</a>
R en X	5	Coficiente de Capacidad de disipacion de energia en X	
R en Y	5	Coficiente de Capacidad de disipacion de energia en Y	
$\Omega_0$ en X	2.5	Coficiente de Sobrerresistencia	<a href="#">Tabla A.3-3 NSR-10</a>
$\Omega_0$ en Y	2.5	Coficiente de Sobrerresistencia	<a href="#">Tabla A.3-3 NSR-10</a>

$S_a=2.5A_a.F_a.I$ (Meseta)	0.49	Aceleracion Horizontal de Diseño
$S_a X$ (Meseta)/R	0.098	Aceleracion en la Meseta en Direccion X
$S_a Y$ (Meseta)/R	0.098	Aceleracion en la Meseta en Direccion y

<b>R</b> <b>(Promedio)</b>	5	Coficiente de Capacidad de disipacion de energia Promedio en X y Y
$S_a$ (Meseta) / R promedio.	0.098	Aceleracion en la Meseta / R Promedio



## Definición De La Dirección Y Combinación Cuadratica Cqc

**Dirección**

Dirección Normalizados

X: 9.8 0.7071

Y: 9.8 0.7071

Z: 0 0

Utilizar valores normalizados

Descomposición según direcciones

Activar

Creación de las combinaciones

Combinación cuadrática

Activar

Rx 1

Ry 1

Rz 1

Con signo

Combinación: CQC  $\tau$  20 (s)

Combinación de Newmark

$\mu$  0.3  $\lambda$  0.3

Grupo 1

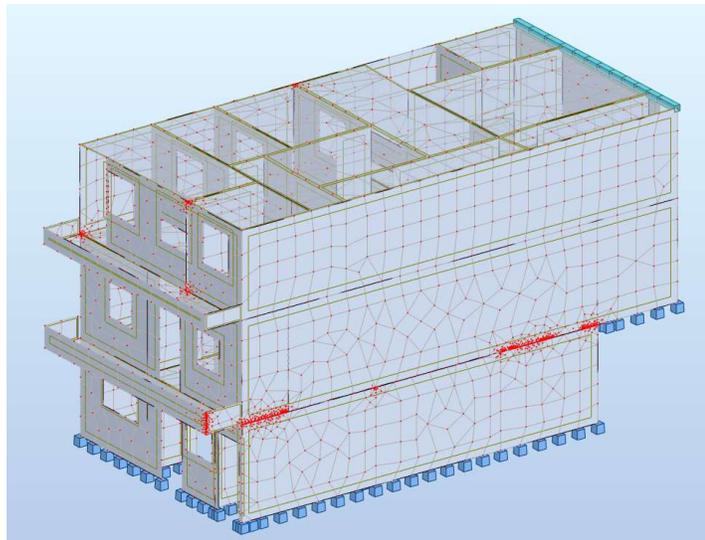
Grupo 2

Grupo 3

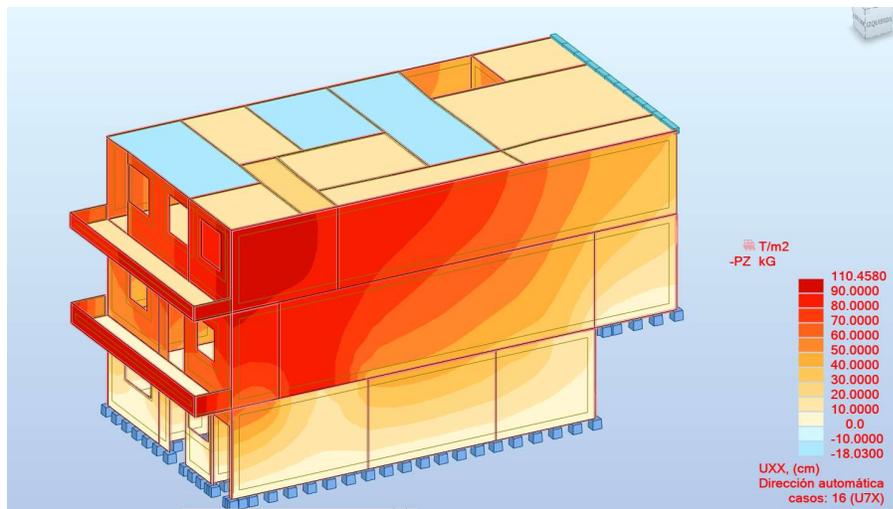
OK

Cancelar

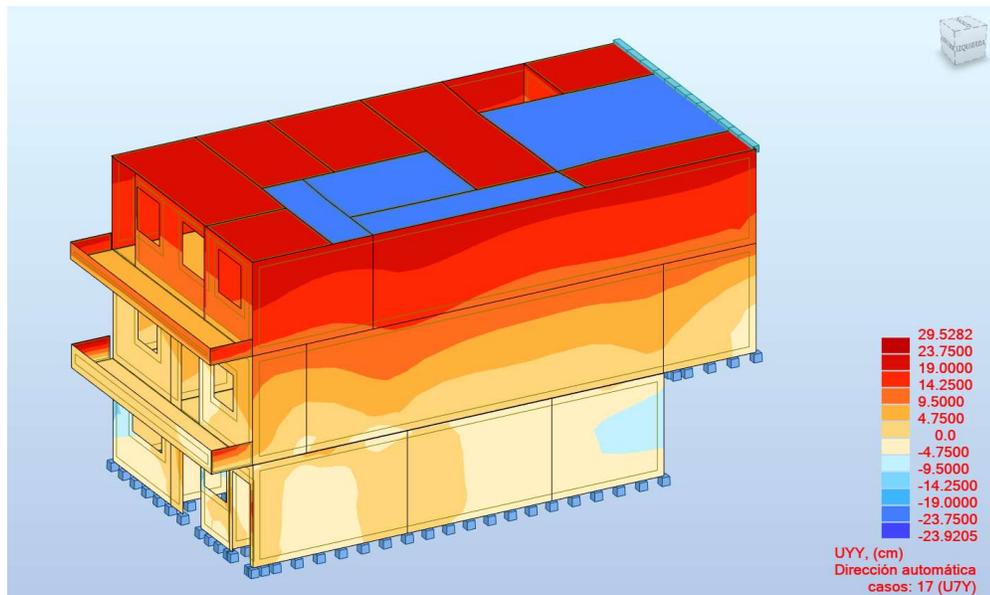
Ayuda

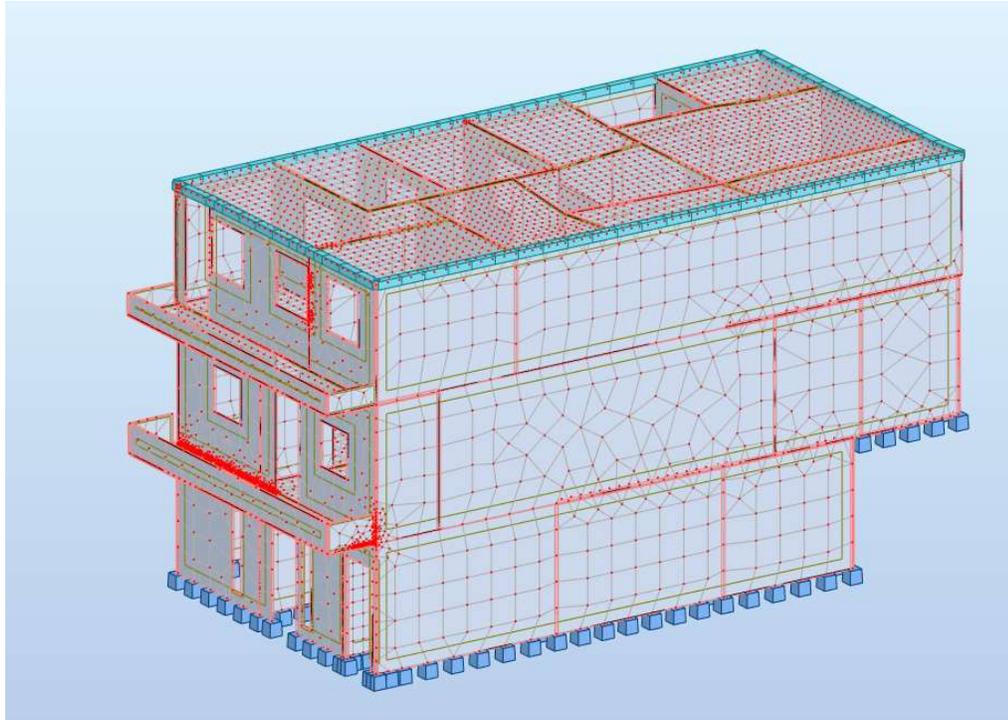


RESULTADOS ROBOT STRUCTURAL EN X										
Caso/Planta	UX (cm)	UY (cm)	dr UX (cm)	dr UY (cm)	d UX	d UY	Max UX (cm)	Max UY (cm)	Min UX (cm)	Min UY (cm)
16 (C) (CQC)/ 1	-0.0566	0.0453	-0.0566	0.0453	-0.00	0.00	0.5648	7.5744	-1.2197	-4.2499
16 (C) (CQC)/ 2	0.0	0.0	-5.7787	12.3714	-0.02	0.05	52.4344	13.7553	-7.4689	11.4652
16 (C) (CQC)/ 3	0.0	0.0	-11.2730	6.4853	-0.05	0.03	-16.3504	19.7501	-17.2895	18.8782

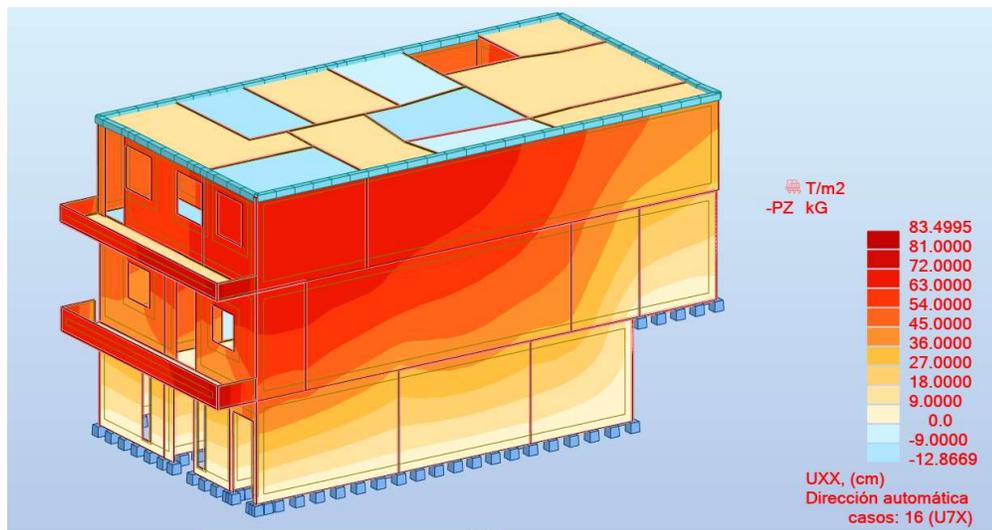


RESULTADOS ROBOT STRUCTURAL EN Y										
Caso/Planta	UX (cm)	UY (cm)	dr UX (cm)	dr UY (cm)	d UX	d UY	Max UX (cm)	Max UY (cm)	Min UX (cm)	Min UY (cm)
17 (C) (CQC)/ 1	-0.0708	0.0450	-0.0708	0.0450	-0.00	0.00	0.5573	7.9577	-1.4094	-4.4579
17 (C) (CQC)/ 2	0.0	0.0	-6.5775	13.4011	-0.03	0.05	15.3296	14.8562	-8.4573	12.4622
17 (C) (CQC)/ 3	0.0	0.0	-12.1448	7.7306	-0.06	0.04	-18.5308	21.7846	-18.9617	21.0015





RESULTADOS ROBOT STRUCTURAL EN X										
Caso/Planta	UX (cm)	UY (cm)	dr UX (cm)	dr UY (cm)	d UX	d UY	Max UX (cm)	Max UY (cm)	Min UX (cm)	Min UY (cm)
16 (C) (C)	-0.0353	0.0435	-0.0353	0.0435	-0.0001	0.0002	1.3964	4.7930	-17.0087	-0.5836
16 (C) (C)	0.0	0.0	-0.5459	9.7496	-0.0021	0.0382	50.8716	10.2832	-1.7164	8.1733
16 (C) (C)	0.0	0.0	-6.5953	1.7953	-0.0300	0.0082	-5.5722	12.0483	-8.8596	11.1319



RESULTADOS ROBOT STRUCTURAL EN Y										
Caso/Planta	UX (cm)	UY (cm)	dr UX (cm)	dr UY (cm)	d UX	d UY	Max UX (cm)	Max UY (cm)	Min UX (cm)	Min UY (cm)
17 (C) (CG)	-0.0503	0.0388	-0.0503	0.0388	-0.0002	0.0002	1.3265	4.7477	-18.4688	-0.6120
17 (C) (CG)	0.0	0.0	-1.3876	9.6589	-0.0054	0.0379	16.8307	10.1450	-2.2412	8.1188
17 (C) (CG)	0.0	0.0	-6.7818	1.7737	-0.0308	0.0081	-6.8506	11.9969	-9.6557	10.9148

