

Estudio de la vulnerabilidad sísmica usando el método del Índice de Vulnerabilidad en viviendas construidas en el barrio La Paz. Barranquilla-Colombia.

José Luis Ahumada Villafañe.

Corporación Universitaria De La Costa. Barranquilla-Colombia. jahumada4@cuc.edu.co

Nayib Moreno Rodríguez.

Corporación Universitaria De La Costa. Barranquilla-Colombia. nmoreno@cuc.edu.co

RESUMEN.

Los movimientos sísmicos registrados a lo largo de la historia, han evidenciado que uno de los factores que más genera pérdida de vidas humanas es debido al colapso de estructuras. Materiales de deficiente calidad, el no cumplimiento de normas sismo resistentes y mano de obra no calificada influyen en su comportamiento inadecuado.

El estudio de vulnerabilidad sísmica determina el nivel de seguridad de una zona o de una estructura ante los movimientos sísmicos que pueden acontecer en el sitio. En él se hace un diagnóstico de niveles de desempeño de una estructura y evalúa el posible comportamiento.

Con este artículo informamos los resultados del estudio de Vulnerabilidad sísmica de viviendas construidas en el barrio La Paz ubicado al Sur-occidente de Barranquilla-Colombia. La mayoría de las construcciones corresponden a viviendas de una planta construidas en mampostería no estructural, sin el seguimiento de especificaciones técnicas ni de la asesoría de profesionales en la construcción, generalmente construidas por el sistema de autoconstrucción, es decir, construidas por sus propietarios, lo que hace predecir que ante la eventualidad de un sismo, la vulnerabilidad de estas viviendas es alta.

Para reforzar y disminuir la vulnerabilidad de las estructuras se presenta una propuesta de diseño estructural a base de muros de unidades de mampostería confinada con vigas y columnas de concreto reforzado, losa de cimentación y especificaciones en lo referente a la calidad de los materiales, siguiendo los lineamientos establecidos en la NSR-10.

Palabras claves: Vulnerabilidad sísmica, índice de vulnerabilidad, fuerzas sísmicas, mampostería confinada.

ABSTRACT.

Earthquakes recorded throughout history, have shown that one of the factors that results in a loss of human lives due to collapse of structures. Poor quality materials, non-compliance of earthquake-resistant standards and unskilled labor influence inappropriate behavior.

The seismic vulnerability study determines the security level of an area or structure to the earthquakes that can occur on the site. It makes a diagnosis of performance levels of a structure and assesses the possible behavior.

In this article we report the results of the seismic vulnerability study of homes built in the La Paz neighborhood located south-west of Barranquilla, Colombia. Most buildings are for one-story homes built in masonry structural without follow-up technical specifications or professional advice in construction, usually built by the system of self, that is, built by their owners, does predict that in the event of an earthquake, the vulnerability of these households is high.

To strengthen and reduce the vulnerability of structures presents a proposal for structural design based on unit masonry walls with beams and columns confined reinforced concrete slab foundation and specifications regarding the quality of materials, following the guidelines established in the NSR-10. Keywords: seismic vulnerability, vulnerability index, earthquake forces, confined masonry.

INTRODUCCIÓN

Para determinar el estado de vulnerabilidad de las viviendas de una y dos plantas, se hizo necesario clasificar los sistemas de construcción en categorías como el tipo y organización del sistema resistente, los materiales de construcción, posición del edificio y de la cimentación, configuración en planta y elevación, espaciamiento máximo entre muros, tipo de cubierta y estado de conservación.

Se realizó un muestreo de manera aleatoria donde quedaron representadas las viviendas tipo de cada manzana. Previo a esto, y con el apoyo miembros de la comunidad del barrio “La Paz”, se dividió el barrio en diez sectores asimétricos, pero con densidades de viviendas de una y dos plantas similares. La Figura 1 presenta la zona en estudio en donde se realizó el estudio de vulnerabilidad sísmica.

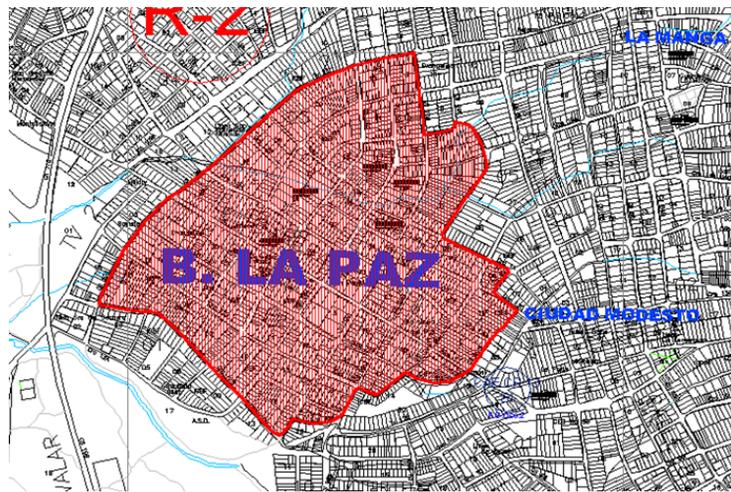
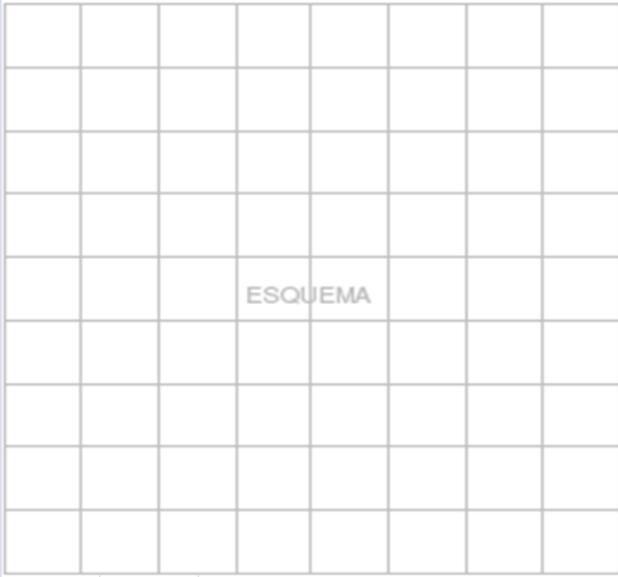


Figura 1. Zona de estudio

FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION DE ESTRUCTURAS EN MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL
BARRANQUILLA. BARRIO LA PAZ

ESQUEMA DEL LOTE Y PERIMETRO DE CONSTRUCCION										FECHA DEL LEVANTAMIENTO: _____	
										INSPECTOR: _____	
										HORA DE INICIO DEL LEVANTAMIENTO: _____	
										HORA FINAL DEL LEVANTAMIENTO: _____	
										Nº DE LA MANZANA: _____	
										DIRECCION: _____	
										COORDENADAS: _____	
										Nº DE PISOS: _____	
										AÑO DE CONSTRUCCION: _____	
ESCALA: _____										AREA TOTAL DE CONSTRUCCION (M ²): _____	
										USO DE LA CONSTRUCCION: _____	
											

1. ORGANIZACIÓN DEL ESTADO RESISTENTE					
A	Construido de acuerdo a normativas sismoresistentes.				
B	Presenta conexiones mediante vigas de amarre y enmarque de muros, utilizadas para transmitir las cargas verticales aplicadas a los muros en todos los niveles de la estructura.				
C	No presenta el tipo de conexiones del punto B, pero presentan buena ligazon entre sus paredes ortogonales resistentes.				
D	No tiene sus paredes resistentes bien ligadas.				
2. CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE. TIPOLOGIA ESTRUCTURAL.					
A	Mamposteria de ladrillo o bloques de buena calidad, mamposteria de piedra bien tallada, con unidades homogeneas y de tamaños constantes a lo largo de				
B	Mamposteria de ladrillo, de bloques o de piedra bien tallada, con unidades no muy homogeneas en todo el panel.				
C	sin ligamentos entre unidades.				
D	Mamposteria de piedra con unidades muy irregulares y sin trabazon, mamposteria de ladrillo de varia calidad, incrustaciones de piezas no homogeneas y de pequeño tamaño, sin ligamento en todo el panel.				
3. RESISTENCIA CONVENCIONAL					
A	Estructura con un valor de $\alpha \geq$				
B	Estructuras con valores comprendidos entre $0,6 \leq \alpha < 1$				
C	Estructuras con valores comprendidos entre $0,4 \leq \alpha < 0,6$				
D	Estructuras con un valor α de 0,4				
4. POSICION EDIFICIO Y CIMENTACION					
A	Cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior al 10% y con todo el plano de cimentacion a una misma cota, no existiendo ademas terraplenes de				
B	Edificio cimentado sobre roca con pendiente entre el 10% y el 30% o sobre suelo blando con pendiente entre el 10% y el 20%. La diferencia maxima entre las				
C	Cimentado sobre suelo blando con pendiente entre el 20% y el 30% o sobre terreno rocoso con pendiente entre el 30% y el 50%. La diferencia maxima entre las cotas de cimentacion no supera un metro y existen terraplenes no equilibrados.				
D	Cimentado sobre suelo blando con pendiente no menor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente no menor a 50%. La diferencia entre las cotas de cimentacion supera un metro y existen terraplenes no equilibrados.				

5. DIAFRAGMAS HORIZONTALES				
A	Con sistemas de diafragma de cualquier naturaleza cumpliendo las tres condiciones siguientes: 1) Deformabilidad despreciable en el plano del diafragma. 2) Conexión eficiente entre sistema de diafragma y panel. 3) Ausencia de plano a desnivel.			
B	Sistemas de diafragmas como los del tipo A pero que no cumple la condición 3.			
C	Sistemas de diafragmas como los del tipo A pero que no cumplen las condiciones 1 y 3			
D	Sistemas de diafragmas de cualquier naturaleza, sin cumplir ninguna de las condiciones de los del tipo A			
6. CONFIGURACION EN PLANTA				
A	Estructuras con $\beta_1 \geq 0,8$ ó $\beta_2 \leq 0,1$			
B	Estructuras con $0,6 \geq \beta_1 < 0,8$ ó $0,1 < \beta_2 \leq 0,2$			
C	Estructuras con $0,4 \leq \beta_1 < 0,6$ ó $0,2 < \beta_2 \leq 0,3$			
D	estructuras con $\beta_1 < 0,4$ ó $0,3 < \beta_2$			
7. CONFIGURACION EN ELEVACION				
A	Estructura con $-\delta M / M < 10\%$.			
B	Estructura con una superficie de porche menor al 10% ó con $10\% \leq -\delta M / M < 20\%$.			
C	Estructura con una superficie de porche entre el 10 y el 20% ó con $-\delta M / M > 20\%$ ó $T / H < 2 / 3$.			
D	Estructura con una superficie de porche mayor al 20%, con $\delta M / M > 0$ ó con $T / H > 2 / 3$.			
8. ESPACIAMIENTO MAXIMO ENTRE MUROS				
A	Estructura con $L / S < 15$,			
B	Estructura con valores $15 \leq L / S < 18$			
C	Estructura con valores $18 \leq L / S < 25$			
D	Estructura con valores de $L / S \geq 25$			
9. TIPO DE CUBIERTA				
A	Presencia de cubierta estable con viga cumbre o de soporte. Edificio con cubierta plana.			
B	Presencia de cubierta estable y bien conectada a los paneles de mampostería, sin viga de soporte. Edificio con cubierta parcialmente estable provista de			
C	Presencia de cubierta inestable, pero con viga de soporte.			
D	Presencia de cubierta inestable sin viga de soporte.			
10. ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES				
A/B	Edificio sin cornisa, parapetos ni balcones. Edificio sin cornisas bien conectadas a los paneles, con chimeneas de pequeñas dimensiones y bajo peso. Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales.			
C	Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal.			
D	Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectados a la estructura, que pueden caer en caso de terremotos. Edificio con balcones sin conexión a los forjados o con balcones construidos en etapas posteriores a la de la construcción de la estructura, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería.			
11. ESTADO DE CONSERVACION				
A	Paneles de mampostería en buenas condiciones, sin daño visible.			
B	Paneles de presencia de agrietamiento tipo capilar no extendido en todo el panel, con la excepción de los casos en que dicho agrietamiento ha sido provocado por terremotos			
C	Paneles con grietas de mediano tamaño (2 a 3 mm de espesor) o con agrietamiento tipo capilar de origen sísmico. Estructura que no presentan agrietamiento, pero que se caracterizan por un estado mediocre de conservación de los paneles.			
D	Paneles que presentan un grave deterioro en las características físicas de los materiales de construcción o con agrietamiento de espesor superior a 3 mm.			

Figura 2. Formulario de evaluación de vulnerabilidad sísmica aplicada a cada vivienda.

1. INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DEL FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS EN MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL

Para obtener los datos necesarios para la evaluación de la vulnerabilidad, se efectuó la lectura de un plano cartográfico del barrio, adquirido en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC-. Posteriormente, se procedió a efectuar un recorrido de inspección y conocimiento del sector. Mediante trabajo de campo que incluyó el diligenciamiento del formulario, como se muestra en la figura 2, y un registro fotográfico, se levantaron

trescientas unidades. Este trabajo de campo fue realizado por 50 estudiantes del diplomado en Estructuras del programa de Ingeniería Civil de la Corporación Universitaria de la Costa.

1.1 TIPO Y ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

Con este parámetro se evalúa el grado de organización de los elementos de la estructura resistente vertical, sin tomar en cuenta el material utilizado. Se enfatiza en la necesidad de tener en cuenta la presencia y eficacia de las conexiones entre los elementos resistentes ortogonales verticales, procurando de esta manera, considerar la posible semejanza del comportamiento de la estructura analizada con el de una estructura ortogonal, cerrada, tipo cajón.

1.2 CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE. TIPOLOGIA ESTRUCTURAL

Este parámetro evalúa el tipo de mampostería utilizado, diferenciándola cualitativamente por su resistencia. La calificación se efectúa tomando en cuenta dos factores: 1) El tipo de material utilizado y la forma del elemento de mampostería y 2) La homogeneidad de dicho material y de los elementos a lo largo de los paneles de la estructura.

1.3 RESISTENCIA CONVENCIONAL

Utilizando la hipótesis del comportamiento de estructura ortogonal tipo cajón, se puede evaluar con bastante fiabilidad la resistencia que puede presentar un edificio frente a cargas horizontales. Se emplea un concepto muy utilizado en estructuras y normativas de edificación, el coeficiente sísmico C, definido como la relación entre la fuerza máxima resistente horizontal y el peso del edificio.

$$C = \frac{a_o \tau_k}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 a_o \tau_k (1 + \gamma)}}$$

Para el parámetro C se fija un valor arbitrario del coeficiente sísmico $C = 0.4$ a fin de calcular el valor normalizado.

1.4 POSICION EDIFICIO Y CIMENTACIÓN

Este parámetro cualitativo intenta evaluar mediante una inspección a simple vista, la influencia del terreno y de la cimentación. El análisis se limita al de la consistencia y de la pendiente del terreno, a la posible diferencia entre las cotas de cimentación y a la presencia de terraplenes o equilibrados simétricamente.

1.5 DIAFRAGMAS HORIZONTALES

A partir de experiencias en terremotos pasados, se ha observado que es de singular importancia que el sistema de diafragma se encuentre bien conectado al sistema resistente vertical, para que pueda transmitir tanto las cargas verticales que soporta el edificio, como las horizontales debidas al sismo hacia los paneles y de allí a la cimentación. Cuando dichas conexiones no se encuentran en estado aceptable, la vibración lateral de los paneles resistentes tienden a separarlos de los diafragmas provocando la caída de estos últimos y el desarrollo de un gravísimo mecanismo de fallo con características de reacción en cadena con el resto de diafragmas; dicha reacción se producirá como consecuencia de altas cargas de impacto. En cuanto a la deformabilidad en el plano del diafragma, se ha demostrado analítica y experimentalmente que, si los diafragmas no tienen suficiente rigidez en su plano, pueden generar un comportamiento más débil de la estructura. La pérdida de las conexiones entre diafragma y el panel provocan fallos fuera del plano de los paneles, perdiéndose aquel comportamiento monolítico tipo cajón de la estructura.

1.6 CONFIGURACION EN PLANTA

La asignación de las calificaciones se puede explicar definiendo los parámetros $\beta_1 = \frac{a}{L}$ y $\beta_2 = b/L$, donde a representa la dimensión menor del edificio, L la dimensión mayor y b la dimensión de los elementos que sobresalgan de las dimensiones principales a y L de la planta.

El método evalúa la condición de simetría en planta de los edificios, tomando el parámetro valores más alto cuando las dimensiones en planta se asemejan a secciones cuadradas sin protuberancias adicionales y penalizándose las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias demasiado grandes, que pueden provocar problemas de torsión en planta y concentraciones de esfuerzos en las esquinas y en los elementos más alejados de los centros de gravedad y de rigidez.

1.7 CONFIGURACION EN ELEVACION

La irregularidad en elevación de edificios en mampostería suele estar determinada por la presencia de torretas y porches. Para evaluar la presencia de torretas, en donde se muestran las dimensiones consideradas para los parámetros H y T, con cuya relación se procede a la evaluación de este parámetro. Adicionalmente, se consideran factores como la variación de la masa δM entre pisos sucesivos ($\pm \delta M/M$ (%)), donde M es la masa del piso inferior, o también la variación entre superficies δA de pisos consecutivos, especialmente para evaluar porches ($\pm \delta A/A$ (%)), donde A es la superficie del piso inferior.

Este método califica favorablemente la inexistencia de variaciones excesivas en la masa de dos pisos consecutivos o en la superficie del porche. Para su mejor evaluación se introduce también un tercer factor T/H, que toma en cuenta la variación de las dimensiones en altura.

1.8 ESPACIMIENTO MAXIMO ENTRE MUROS

Este parámetro tiene en cuenta el posible espaciamiento excesivo entre muros ubicados transversalmente a los muros maestros. La clasificación se define en función del factor L / S, donde S es el espesor del muro maestro y L es el espaciamiento máximo entre los muros transversales.

1.9 TIPO DE CUBIERTA

En este parámetro se tiene en cuenta la influencia del tipo de cubierta en el comportamiento sísmico de un edificio. Factores como su tipología y peso determinan dicho comportamiento.

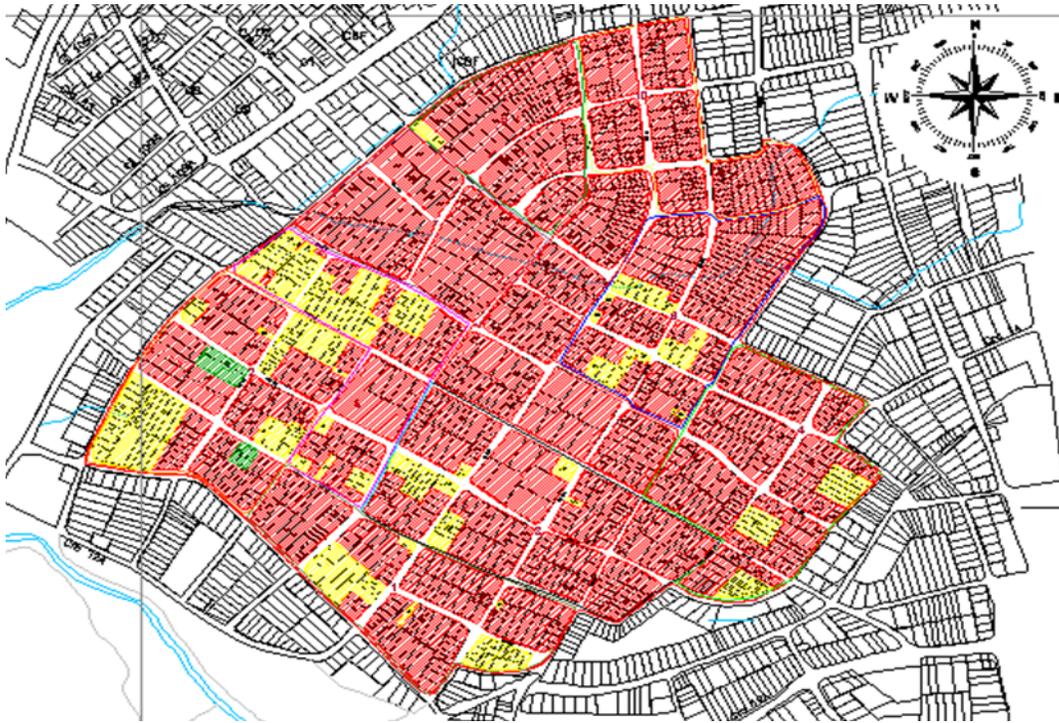
La inestabilidad se refiere a la falta de apoyo en uno de los extremos de la cubierta sobre un elemento estructural resistente, que puede ser un panel o una viga de soporte. Tampoco se considera estable si el apoyo es una viga de soporte muy esbelta y de poco peralte.

1.10 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Se intenta tener en cuenta el efecto de los elementos que no forman parte del esquema estructural resistente tales como cornisas, parapetos, balcones o cualquier elemento que sobresalga de la estructura y cuya caída pueda provocar víctimas. Debido a que constituye un parámetro secundario que no provoca un aumento de la vulnerabilidad de la estructura, sino que incluye el efecto de un peligro colateral.

2 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE VULNERABILIDAD.

Los resultados de índice de vulnerabilidad obtenidos para la zona de estudio, se representaron en un mapa de vulnerabilidad sísmica, identificando los diferentes grados de vulnerabilidad que se presentan en el sector estudiado. La Figura 3 se presenta el mapa de vulnerabilidad sísmica del barrio La Paz.



SIMBOLOS

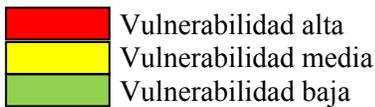


Figura 3. Mapa de vulnerabilidad sísmica del barrio la paz.

Los resultados obtenidos del análisis e interpretación de las 300 encuestas realizadas, muestran que el 82% de las viviendas presentan índice de vulnerabilidad alto, el 18% índice de vulnerabilidad medio y el 1% índice de vulnerabilidad bajo.

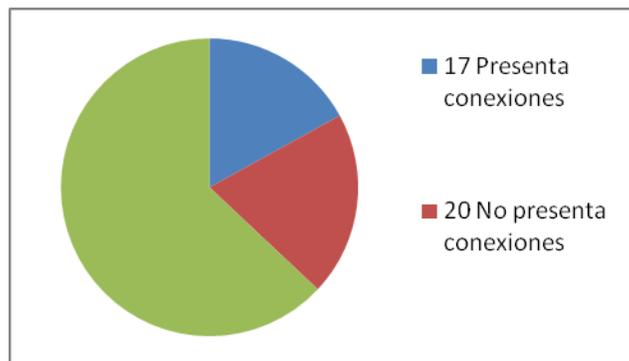


Figura 3.1 ORGANIZACIÓN DEL ESTADO RESISTENTE

La organización del estado resistente, arrojó como resultado, que un 63% de las viviendas no presentan sus paredes resistentes bien ligadas, careciendo vigas de amarre o de elementos estructurales que distribuyan de una mejor manera las cargas verticales.

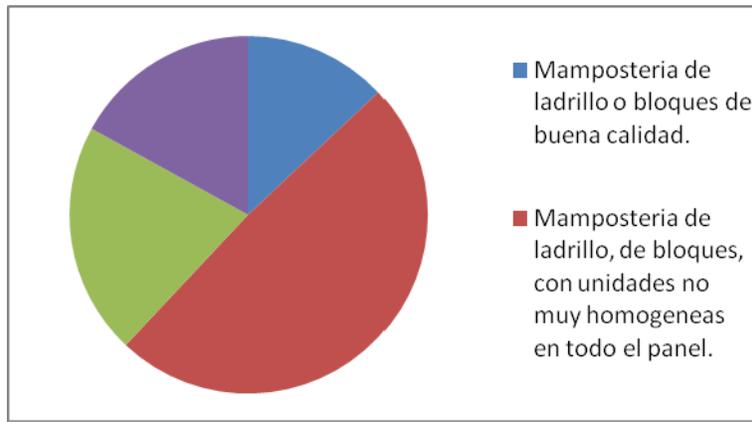


Figura 3.2.CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

La calidad del sistema resistente presenta un 49% de unidades de mampostería en bloques de cemento con unidades no homogéneas o irregulares que dificultan la distribución de esfuerzos a través de su masa, presentando sitios débiles susceptibles de fallo ante incrementos de carga.

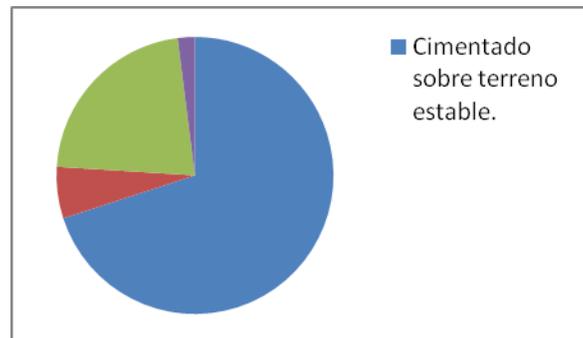


Figura 3.3.POSICION EDIFICIO Y CIMENTACION

El 70% de las viviendas están cimentadas sobre suelos estables. Las viviendas se localizan en terrenos planos, en algunos casos con poca pendiente, sin presentar diferencia de cotas entre cimientos.

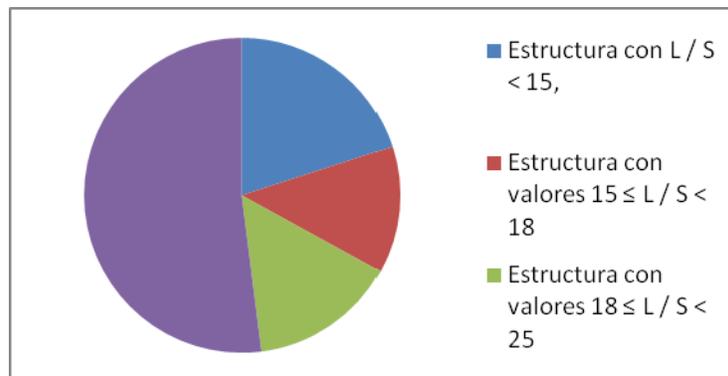


Figura 3.4 ESPACIAMIENTO MAXIMO ENTRE MUROS

El 52% de las viviendas presentan excesivo espaciamiento entre muros perpendiculares.



Figura 3.5 ESPACIAMIENTO MAXIMO ENTRE MUROS

El 40% de las viviendas presentan cubiertas estables y bien unidas a los paneles de mampostería. El 49% presentan cubiertas inestables sin viga de soporte.

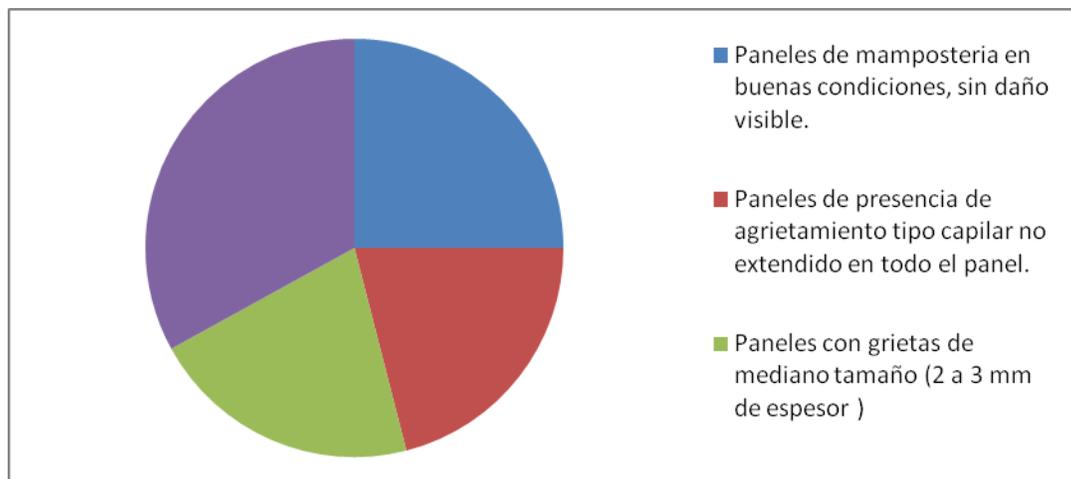


Figura 3.6. ESTADO DE CONSERVACIÓN

El 25% de las viviendas presentan muros en buen estado sin daños visibles. El 42% registran grietas con espesores entre capilares y 3 milímetros. El 33% presentan grave deterioro en las unidades de mampostería.

3 ALTERNATIVA DE REFUERZO SEGÚN NSR10.

El estudio de vulnerabilidad determinó que las viviendas en la zona son muy susceptibles a sufrir daño severo ante un sismo de intensidad baja a moderada. La gran debilidad se observó a nivel de cimentación, mala calidad de materiales e inadecuada configuración en planta del sistema resistente a cargas.

La estrategia a emplear para disminuir la vulnerabilidad de las estructuras estudiadas consiste en reforzar la cimentación, diseñar el sistema estructural resistente que consiste en muros de mampostería confinada por vigas y columnas y determinar la calidad de los materiales a usar, siguiendo los requisitos establecidos por el Reglamento Colombiano De Construcciones Sismo Resistente, NSR-10.

3.9 DIMENSIONAMIENTO DE MUROS:

El muro de mampostería confinada debe garantizar un buen funcionamiento ante cargas gravitacionales y horizontales impartidas por el sismo y viento. Para ello debe cumplir requisitos mínimos como por ejemplo: ser continuos desde la cimentación hasta el nivel superior sin ningún tipo de aberturas, estar distribuidos simétricamente en planta para evitar efectos torsionales, estar distribuidos en las dos direcciones teniendo en cuenta solo la rigidez longitudinal del muro y espesores adecuados según el nivel de estudio; si pertenece al primer o segundo piso.

4.1.1. ESPESOR DE MURO:

Según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 en el capítulo E.3.5.3, en la tabla E.3.5-1 se elige el espesor de 110 mm, por ser una casa de un piso.

4.1.2. LONGITUD DE MURO CONFINADO:

En cada una de las direcciones principales en planta debe proveerse una longitud mínima de muros confinados con el objetivo de garantizar que la edificación tenga capacidad de disipación de energía en el rango inelástico.

De la ecuación E.3.6-1. Del capítulo E.3.6.4 de la NSR-10 tenemos:

$$L_{\min} = (M_o \cdot A_p) / t = (8.0 \cdot 31.5) / 100 = 2.52 \text{ m}$$

Siendo $M_o = 8.0$, según la tabla E.3.6.1. de la NSR-10.

3.10 DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO:

Las dimensiones mínimas de los elementos confinantes: vigas y columnas son como se muestran a continuación. Deben fundirse una vez se haya levantado los muros de mampostería para lograr el efecto confinante.

4.2.1. COLUMNAS:

Área: 100mm x 200mm

Refuerzo a flexión: 4 varillas de 3/8"

Refuerzo a cortante: 1 Varilla de 1/4" cada 200 mm. Cerrada, rectangular.

$F'_c = 21 \text{ Mpa}$.

$F_y = 420 \text{ Mpa}$.

4.2.2. VIGAS:

Área: 100mm x 300 mm

Refuerzo a flexión: 2 varillas de 1/2" inferior y 2 varillas de 3/8" superior.

Refuerzo a cortante: 1 Varilla de 1/4" cada 100 mm en los primeros 500 mm en cada extremo y 200 mm en el centro.

$F'_c = 21 \text{ Mpa}$.

$F_y = 420 \text{ Mpa}$.

4.2.3. MAMPOSTERIA:

Las unidades de mampostería deben ser de concreto, de perforación horizontal, vertical o maciza y deben cumplir con las especificaciones establecidas en las normas NTC. La resistencia mínima a la compresión del mortero de pega a los 28 días debe ser de 7,5 Mpa.

4.3. LOSA DE CIMENTACIÓN.

La losa de cimentación deberá tener un espesor de 200 mm, reforzada con acero de 1/2" dispuesta en dos direcciones en malla, separadas a 100 mm bajo los muros y a 200 mm entre los muros y con una resistencia a la compresión de 3000 PSI.

4 REFERENCIAS.

NSR10. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. AIS. Colombia. 2010.

AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Ley 400 de 1997. Santafé de Bogotá: GOBIERNO NACIONAL, 1998.

BAZÀN, Enrique. MELI, Roberto. DISEÑO SISMICO DE EDIFICIOS. Editorial Limusa. Balderas 95, México, D.F. 2002

BENEDETTI, D.; BENZONI, G. M. Seismic vulnerability index versus damage for unreinforced masonry buildings. Proceeding of the US-Italy Workshop on Seismic Hazard, Risk Analysis and Damage Assessment Methodologies. Varenna, 1985.

CARDONA, Omar Darío. Metodologías para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones y Centro Urbanos. Conferencia en el Seminario Colombo Alemán Ingeniería Sísmica, Dinámica Estructural y Hormigón Armado. Santiago de Cali: UNIVERSIDAD DEL VALLE, 1990.

INGEOMINAS (Instituto Nacional de Investigaciones en Geociencia, Minería y Química). El sismo de Popayán de 31 de Marzo de 1983. Santafé de Bogotá: INGEOMINAS, 1986.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Mitigación de Desastres en las Instalaciones de Salud. Aspectos de Ingeniería Vol. 4. Washington D.C.: OMS (Organización Mundial de la Salud), 1993

Autorización y Responsabilidad.

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el documento en las actas del congreso. Ni LACCEI ni los editores son responsables ya sea por el contenido o por las implicaciones de lo que se expresa en el documento.