



Volumen I, Número 1. Abril-Junio 2009

Título del artículo.

Comportamiento estructural de edificios multifamiliares de interés social en el estado de Guerrero: propuesta de refuerzo para mitigación de daños.

Autores.

Roberto Arroyo Matus
Alfredo Guzmán Salmerón
Raziel Barragán Trinidad
Alberto Salgado Rodríguez
Rogelio Guinto Herrera
Hugo Acevedo Morales.

Referencia bibliográfica:

MLA

Arroyo Matus Roberto, Alfredo Guzmán Salmerón, Raziel Barragán Trinidad, Alberto Salgado Rodríguez, Rogelio Guinto Herrera y Hugo Acevedo Morales. "Comportamiento estructural de edificios multifamiliares de interés social en el estado de Guerrero: propuesta de refuerzo para mitigación de daños." *Tlamati*. I.1 (2009): 51-62. Print.

APA

Arroyo Matus, R., Guzmán Salmerón, A., Barragán Trinidad, R., Salgado Rodríguez, A., Guinto Herrera, R., Acevedo Morales. H. (2009). Comportamiento estructural de edificios multifamiliares de interés social en el estado de Guerrero: propuesta de refuerzo para mitigación de daños. *Tlamati*, I(1).

ISSN: 2007-2066.

© 2009 Universidad Autónoma de Guerrero

Dirección General de Posgrado e Investigación

Dirección de Investigación

TLAMATI, es una publicación trimestral de la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma de Guerrero. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Dirección de Investigación de la UAG. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos previa cita de nuestra publicación.

Comportamiento Estructural de Edificios Multifamiliares de Interés Social en Guerrero

Propuesta de refuerzo para mitigación de daños

Roberto Arroyo

Matus

Alfredo Guzmán

Salmerón

Raziel Barragán

Trinidad

Alberto Salgado

Rodríguez

Rogelio Guinto

Herrera

Hugo Acevedo

Morales

RESUMEN

En este trabajo se presenta un estudio desarrollado para determinar los índices de resistencia de los edificios multifamiliares tipo INFONAVIT en el puerto de Acapulco, Guerrero. Se obtienen además, curvas de capacidad lateral de los elementos verticales y se comparan con las sollicitaciones producidas por sismo. El desarrollo de software especializado y la ejecución de análisis interactivos permitieron definir estrategias económicas de refuerzo y rehabilitación para los muros más críticos en cada uno de los edificios estudiados a fin de establecer un programa de refuerzo y rehabilitación que incremente el factor de seguridad en los mismos.

Es conveniente proponer medidas que brinden una mayor seguridad estructural. Respecto a los modelos A y B, el resultado es poco favorable y deben buscarse soluciones efectivas que impongan al conjunto de muros existentes una adecuada resistencia ante la sollicitación sísmica.

INTRODUCCIÓN

El estado de Guerrero presenta un elevado peligro sísmico a lo largo de la zona costera debido a la subducción de la placa de Cocos bajo la placa de Norteamérica. La brecha sísmica de Guerrero, con una longitud de aproximadamente 230 km, se extiende desde las inmediaciones de Petatlán con dirección sureste siguiendo el traslape de ambas placas. En esta zona existe una alta probabilidad de que ocurra un gran sismo en los próximos años. Ante este panorama, existe la incertidumbre del comportamiento estructural y el grado de daño que un sismo de gran magnitud pudiese causar en las edificaciones de tipo popular, especialmente en conjuntos habitacionales con edificios multifamiliares de interés social tipo INFONAVIT. En el estado de Guerrero este tipo de edificios se encuentran principalmente en las ciudades más importantes y concentran gran parte de su población, situándose por ejemplo hasta el 6%

para el caso de la Ciudad de Chilpancingo, Gro. Desafortunadamente, estos edificios han presentado un comportamiento estructural inapropiado, denotado principalmente por desplomos y hundimientos diferenciales así como agrietamientos en los muros de mampostería (Rodríguez, 1995; Alcocer, 1999; Chávez, 2002). A fin de conocer el estado actual en el que se encuentran este tipo de edificios, inicialmente se procuró acopiar información documental de los proyectos arquitectónicos y estructurales de los edificios mencionados en dependencias relacionadas, logrando obtenerse sólo copia de planos estructurales completos de tres tipos de inmuebles. Éstos fueron proporcionados por la delegación estatal del INFONAVIT. Por otro lado, se efectuaron diversas visitas técnicas a los desarrollos habitacionales en las ciudades de Chilpancingo, Acapulco, Zihuatanejo e Iguala, pudiéndose constatar *insitu* pequeñas diferencias entre los proyectos y los edificios definitivos, pero sobre todo, graves deficiencias estructurales causadas por los mismos inquilinos quienes han realizado modificaciones arquitectónicas sin supervisión técnica. Dichos cambios han provocado, la mayoría de las veces, deficiencias estructurales ya que la distribución de los muros ha sido alterada de forma negativa; por eliminación de los mismos, por adosar estructuras externas en ciertos puntos del perímetro de los edificios que limitan su libre desplazamiento y en numerosas ocasiones, por el deterioro causado por la falta de mantenimiento.

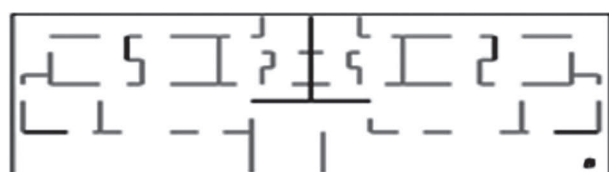
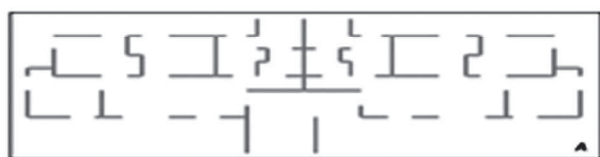


Figura 1. De arriba a abajo, los conjuntos habitacionales El Coloso, Héroes de Guerrero y El Hujal. Estado de Guerrero.

ELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE PROTOTIPOS

Los modelos arquitectónicos estudiados se muestran en la figura 1. Para su elección se consideraron las siguientes características: a) la importancia que tienen las unidades habitacionales en sus respectivas ciudades, b) su densidad poblacional, c) el predominio de edificaciones, por tipo, en los respectivos desarrollos, d) la repetibilidad de los prototipos en las principales ciudades del estado de Guerrero y, e) la antigüedad de las edificaciones. En general, estas estructuras tienen en común las siguientes características: la relación entre el largo y el ancho en planta excede 2.5m., la superficie en planta incluyendo áreas comunes es de 136 m², la altura total de los edificios es de 13 m y la separación menor entre los edificios es de 10 cm. En los tres modelos la losa de azotea es de 10 cm de espesor a dos aguas, con inclinación de 20° y caballete longitudinal central. Su porción central horizontal permite soportar cuatro tinacos de 1,100 litros cada uno.

Figura 2. Imágenes y croquis de los modelos estudiados (A, B y C)



Modelo B: (figura 2, croquis B) posee una cimentación y superestructura de características físicas muy similares a la del modelo A, sólo que en este caso seis muros de mampostería fueron sustituidos por muros de concreto reforzado. El diseño estructural de este tipo de edificios se basó en la norma de 1987. Se dejaron de construir con la entrada en vigor del código de 1989.

Las unidades habitacionales El Coloso, El Hujal y Héroes de Guerrero son muy importantes por su alta densidad poblacional. Por ejemplo, la unidad habitacional El Coloso, en Acapulco, se distribuye en dos sectores, y a su vez, en manzanas y etapas; sólo el sector 1 posee 313 edificios multifamiliares mientras que el sector 2 tiene 389, haciendo un total de 702 edificios que alojan 35,100 personas. Esta característica denota su gran importancia, además de que presenta un tipo de edificio prácticamente idéntico al de los otros desarrollos habitacionales estudiados. Algunas edificaciones se construyeron antes del terremoto de Septiembre de 1985 siguiendo la norma vigente en esa época. Tras las modificaciones a la norma de construcción de 1987, 1989 y 2002, los nuevos proyectos estructurales de este tipo de edificación fueron modificados para cumplir con las normas respectivas. Este tipo de edificios dejó de construirse en 1995. Los modelos son:

Modelo A: (figura 2, croquis A) presenta una cimentación a base de zapatas corridas con una profundidad de desplante de 1.50 m. Los muros son de mampostería de piezas huecas con refuerzo interior. La losa de azotea es maciza e inclinada y la de entepiso es a base de vigueta y bovedilla. La distribución arquitectónica en planta presenta entrantes y salientes. Este tipo de edificios se consideran los primeros en su género, iniciándose su construcción antes de 1985 y concluyéndose al entrar en vigor el reglamento de 1987.



Modelo C: (figura 2, croquis C) es un prototipo arquitectónico distinto que sustituyó a los tipos A y B y se desplanta sobre una losa de cimentación. Ésta última presenta en su centro una cisterna con una profundidad de desplante de 1.95 m.

El sistema es sustentado por un conjunto de muros de concreto reforzado y de mampostería de piezas macizas confinada por castillos y cadenas. Las losas de entrepiso y azotea son similares a los modelos A y B pero posee una distribución arquitectónica que evita las entrantes y salientes. Su diseño estructural se basó en las especificaciones del código de 1989, habiéndose descontinuado en 1995.

METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación establece un procedimiento que considera las experiencias de informes relacionados a las evaluaciones estructurales previas efectuadas en las edificaciones de mampostería seleccionadas (Alcocer, 2003; Chávez, 2002). Dicha evaluación cumplió los requisitos del reglamento de construcciones local vigente, así como las disposiciones de las NTC para diseño por sismo, tanto para estructuras de concreto reforzado como de mampostería. A continuación se describen, de manera resumida, las etapas consecutivas que se formularon en este trabajo:

Etapas 1. Selección de prototipos.

Se seleccionaron los prototipos valorando la importancia que tienen los conjuntos habitacionales para su respectivo municipio, la densidad poblacional, la existencia de prototipos similares en otras ciudades dentro del estado, la distribución arquitectónica, la cantidad de edificios y el número de viviendas de interés social que contienen.

Etapas 2. Investigación documental y confirmación de su validez en campo.

En este caso se investigó la documentación existente (planos y permisos autorizados) y su representatividad real *insitu*. Esta etapa incluyó la definición de los espectros de diseño sísmico en función del tipo de suelo, la antigüedad de la construcción, el tipo de normatividad aplicada así como la inspección física de los inmuebles.

Etapas 3. Cálculo de las acciones y respuesta de la estructura.

Se consideraron la geometría de la estructura, las secciones de los elementos, las cargas verticales actuantes y los espectros de diseño sísmico correspondiente al tipo de suelo de la región. Con ayuda del programa informático ANEMgcW se aplicó un análisis sísmico por el método dinámico modal espectral considerando un comportamiento elástico lineal.

Etapas 4. Cálculo de la resistencia de elementos estructurales.

Con base a la información de los planos estructurales y aplicando los lineamientos que marcan las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería y concreto, se calcularon las resistencias por carga vertical, fuerza horizontal y momentos de volteo de los elementos verticales de soporte.

Etapas 5. Cálculo de refuerzo estructural.

Con los resultados de las etapas 3 y 4, se establecieron los índices de resistencia de las estructuras estudiadas, definiéndose los elementos deficientes y el grado de vulnerabilidad de los prototipos. De esta manera, se establecieron las propuestas estratégicas de refuerzo en cada uno de los modelos.

Zona del estado	Tipo de terreno	T_a (seg)	T_b (seg)	r	c
D	I	0	0.60	1/2	0.50
	II	0.30	1.20	2/3	0.86
	III	0.40	1.70	1	0.86

Tabla 1. Espectros para diseño sísmico.

Se presentan en este artículo sólo los prototipos de la unidad habitacional El Coloso en el municipio de Acapulco (figura 3). Se trata de edificios desplantados en suelo tipo I. Los espectros correspondientes para diseño sísmico se consignan en la tabla 1. Observaciones *insitu* permitieron definir que esta zona presenta características físicas intermedias entre los tipos de terreno I y III, por lo que para desarrollos futuros es recomendable estudiar más a fondo dicha zona.

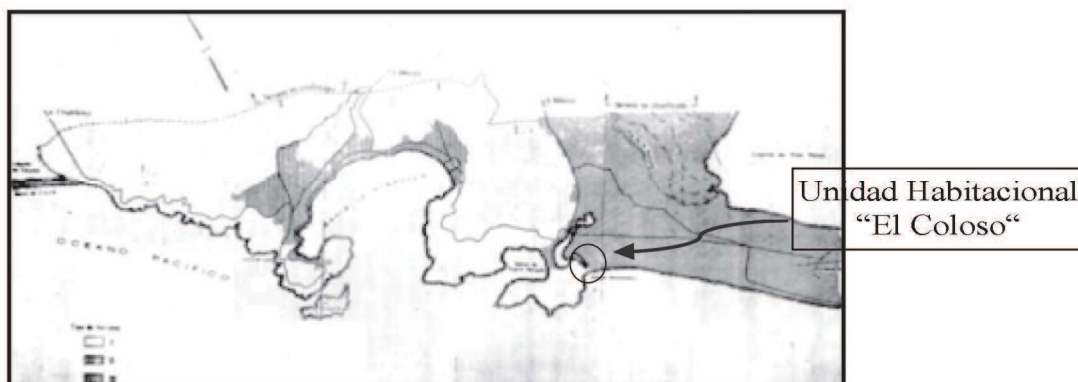


Figura 3. Zonificación sísmica de Acapulco, Gro.

A fin de realizar el análisis sísmico de las estructuras con ayuda del programa ANEMgcW (Corona, 2006), se consideraron las cargas por peso propio de los modelos, las cargas vivas correspondientes a lo indicado por el reglamento de construcciones, los esfuerzos resistentes de diseño de los materiales así como la distribución arquitectónica de los prototipos (figuras 4, 5 y 6).

Modelo A: la figura 4 muestra la planta tipo representativa para los cinco niveles. El ordenamiento numérico de 57 elementos verticales, del 1 al 33 orientados con el eje X, el resto con el eje Y.

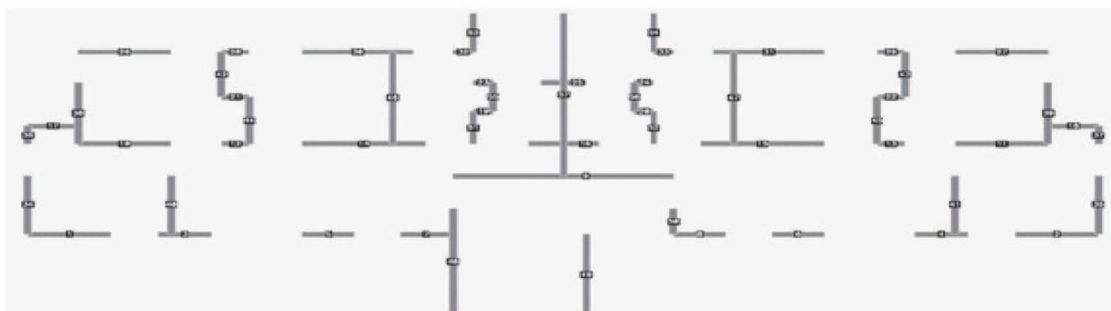


Figura 4. Planta tipo del modelo A

Modelo B: en la figura 5 se observa que de los 57 muros que soportan la estructura del modelo B, los miembros 1, 2, 42 y 43 son de concreto armado en los cinco pisos, mientras que los muros 9 y 57 son también de concreto hasta el tercer nivel; los muros restantes son similares a los del modelo A.



Figura 5. Planta tipo del modelo B

Modelo C: la distribución en planta que muestra la figura 6 es idéntica en los cinco niveles, presenta 47 miembros verticales en total por entrepiso de los cuales 28 están orientados con el eje X y el resto con el eje Y. Los elementos 5, 6, 7, 8, 19, 20, 21, 22, 33, 34, 35 y 36 son de concreto armado, el resto son muros de mampostería confinada por castillos y cadenas a base de tabicón común.

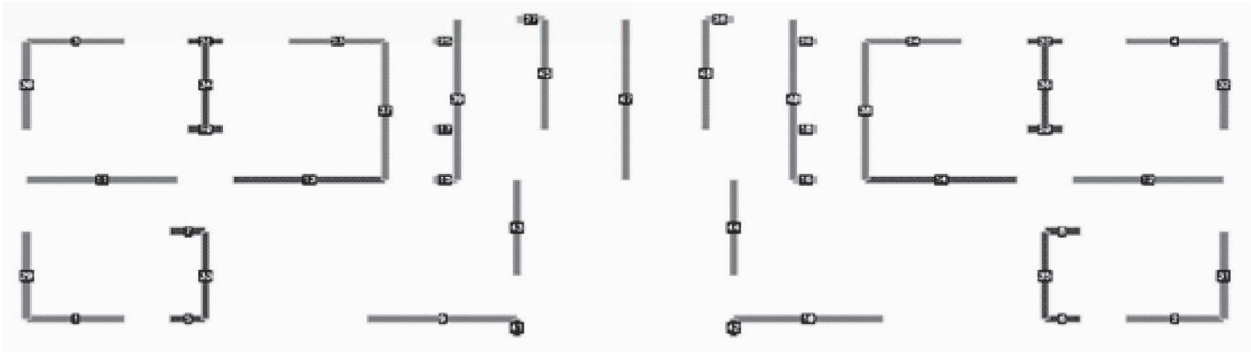


Figura 6. Planta tipo del modelo C

Los prototipos tratados presentan estructuras a base de muros de carga de mampostería confinada por castillos y cadenas de piezas macizas, de piezas huecas con refuerzo interior y elementos de concreto reforzado; la resistencia de estos miembros depende de características del material, geometría de los elementos y cantidad de acero de refuerzo. Utilizando la información que contienen los planos estructurales y con base en la NTC de diseño de estructuras de mampostería y concreto, se obtuvieron sus resistencias últimas en carga vertical, fuerza cortante, flexocompresión y momento de volteo.

Para llevar a cabo el desarrollo del proceso de análisis se utilizó una herramienta computacional denominada DDCgcW, la cual es un generador de diagramas de interacción de muros y columnas de concreto. La figura 7 muestra el diagrama del elemento 5, 6, 7 y 8, correspondiente al primer entrepiso del modelo C.

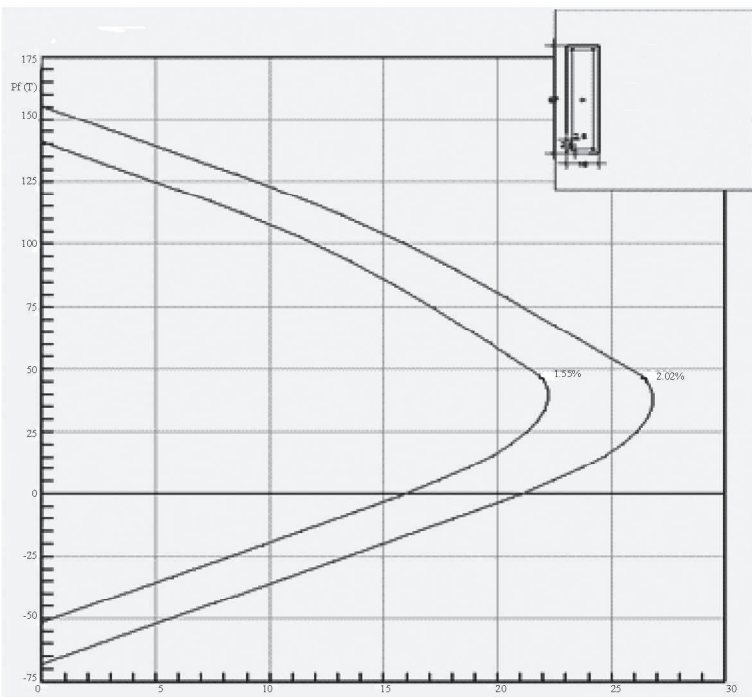


Figura 7. Diagrama de interacción de resistencias en muros de concreto (programa DDCgcW)

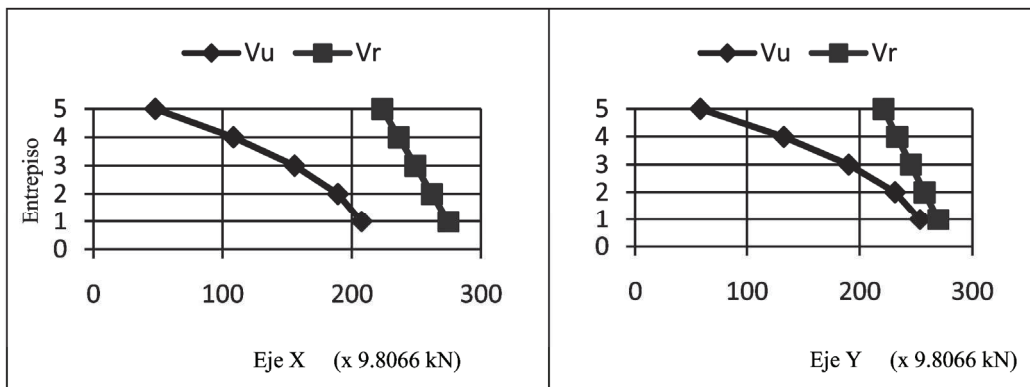


Figura 8. Acciones y resistencias del Modelo A

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En las figuras 8, 9 y 10 se observa una comparación entre la fuerza horizontal actuante y la resistencia que ofrecen respectivamente los modelos A, B y C. En ellas se observa claramente, de manera global, que los prototipos poseen suficiente capacidad para resistir las sollicitaciones por sismo. Sin embargo, es necesario realizar un análisis de forma individual en cada elemento de soporte a fin de verificar si no se encuentra en una situación crítica y de riesgo. Analizando el modelo A, se observa que en el eje Y del entrepiso 1, la resistencia es sólo 6% mayor que la sollicitación, situación que se mejora en los pisos superiores.

En el caso del modelo B, en los ejes X e Y, y entre los niveles 3 y 4, se observa una disminución considerable de la resistencia debido al cambio brusco de rigidez introducido por la ausencia de muros de concreto.

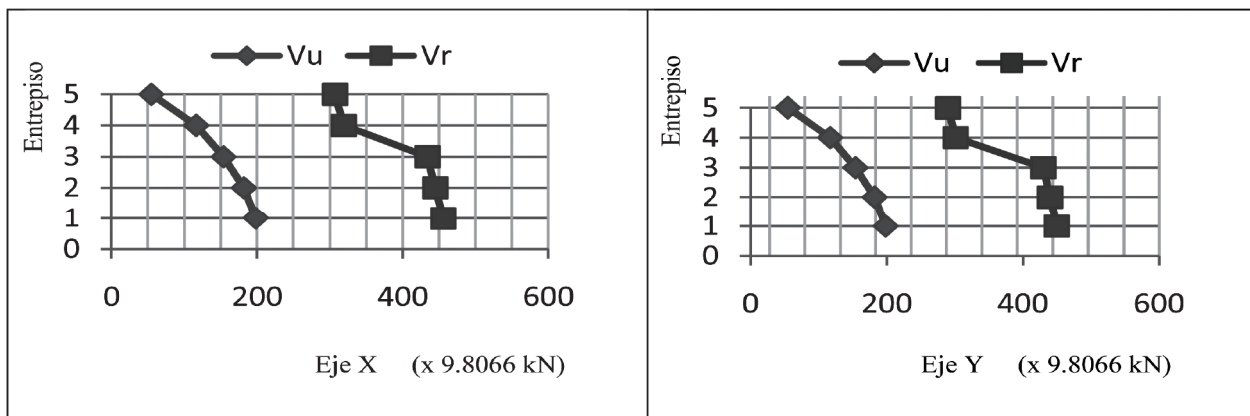


Figura 9. Acciones y resistencias del Modelo B

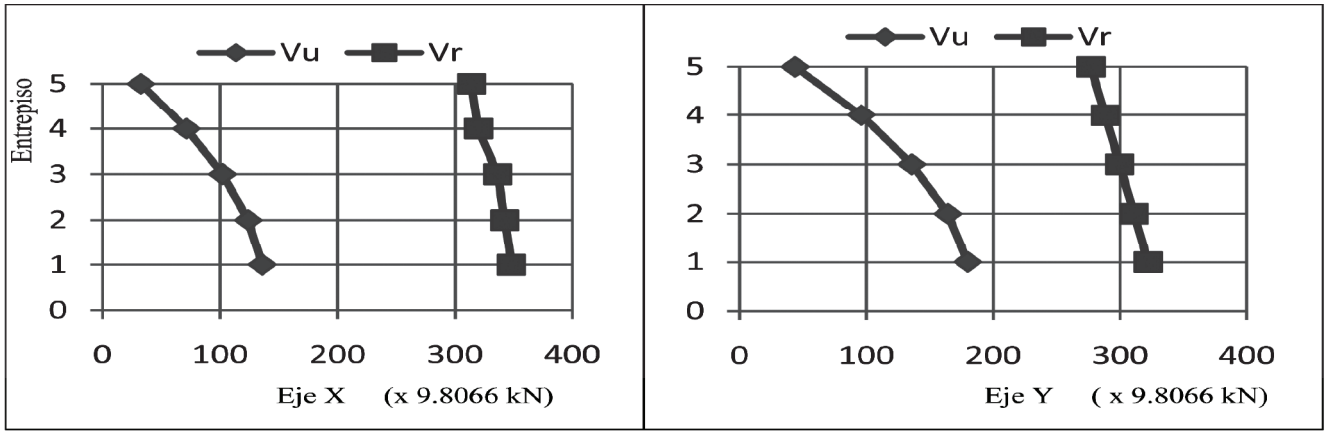


Figura 10. Acciones y resistencias del Modelo C

Este efecto altera ligeramente la pendiente de la curva en la gráfica de desplazamientos. Respecto al modelo C, el comportamiento de la curva en la figura 9 en el eje X, entre los pisos 3 y 4, refleja una ligera disminución de la resistencia al cortante. Este comportamiento se atribuye a la disminución del diámetro del refuerzo transversal de los muros de concreto 13 y 14 en los que se pasa de estribos de 5/16” a 1/4”.

Estudiando el comportamiento de los tres modelos, se observa que el prototipo C presenta, respecto a los modelos A y B, solicitaciones menores. Esto se debe a que posee una masa más baja, pues sus muros se encuentran mejor distribuidos y poseen una densidad menor.

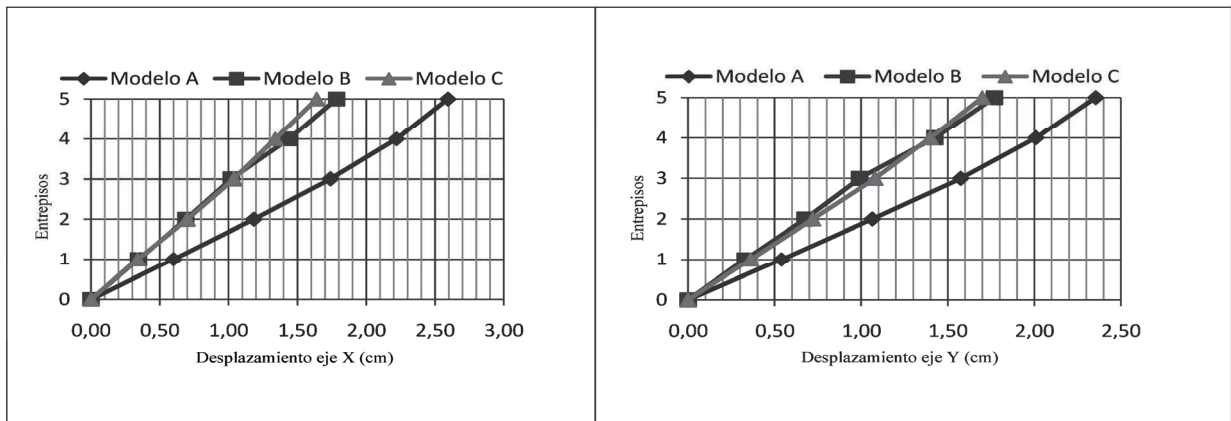


Figura 11. Desplazamientos laterales en modelos A, B y C

La figura 11 muestra los desplazamientos laterales máximos bajo la combinación crítica por efectos sísmicos y gravitacionales. Puede observarse que el mayor desplazamiento calculado es de 2.60 cm. y se presenta en el modelo A en la dirección X. De acuerdo a la norma vigente, el desplazamiento máximo permisible en este caso es de 8 cm. Por este motivo, se cumple de manera satisfactoria la recomendación del reglamento ya que la separación mínima existente entre edificios es de 10 cm.

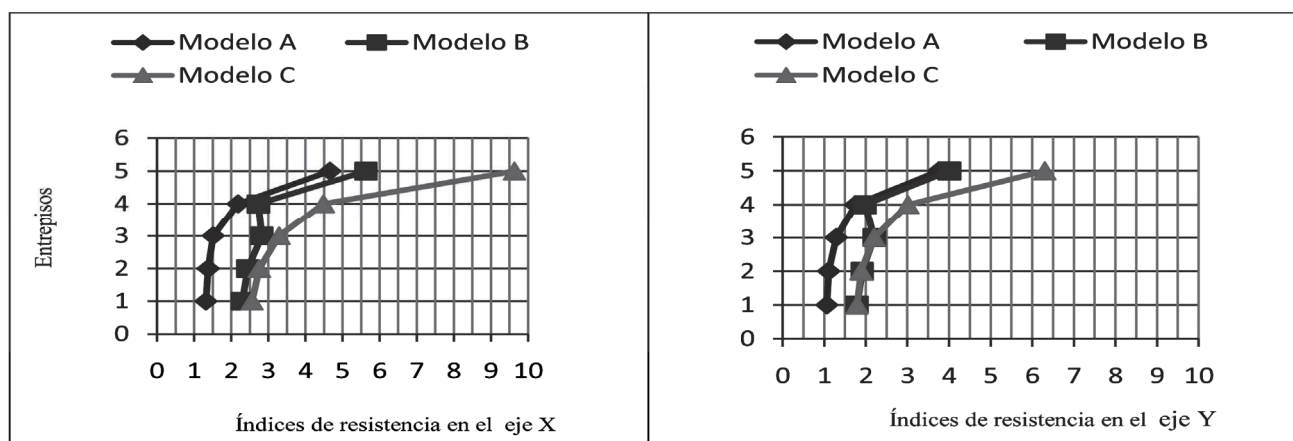


Figura 12. Índices de resistencia global por carga lateral

ÍNDICES DE RESISTENCIA Y DENSIDAD DE MUROS

Las gráficas de la figura 12 muestran un comportamiento similar y paralelo de los modelos A y C, con una menor resistencia el primero. El prototipo B refleja un decremento de resistencia entre los niveles 3 y 4 debido a la reducción de rigidez que sufren este tipo de edificios en dichos niveles. Puede apreciarse en este caso que la resistencia aumenta para los tres primeros niveles, inclusive aún más que la del edificio A e iguala a la del edificio C en la dirección Y.

El área utilizada por los elementos de soporte con respecto al total en la planta de cada piso juega un papel muy importante en la resistencia estructural ante cargas laterales (Tejeda et al, 2004).

De acuerdo a los índices de resistencia de la figura 12 y sus respectivas densidades de muros plasmadas en la tabla 2, se deduce que para equilibrar la sollicitación horizontal en el modelo A, basta colocar 4.95% de muros respecto al área total de la planta en la dirección Y, por otro lado, pueden buscarse alternativas más económicas en los modelos B y C que contemplen todas las combinaciones críticas a fin de garantizar un comportamiento estructural más apropiado.

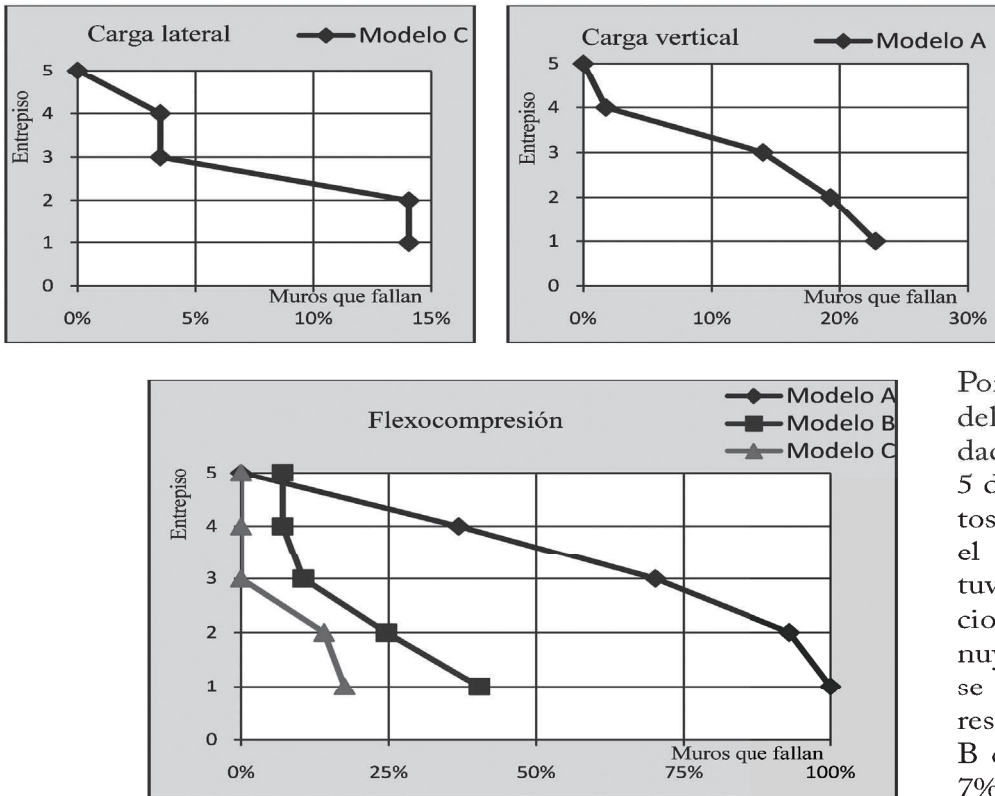
Tabla 2. Densidad de muros (en porcentaje)

Entrepiso	Modelo A				Modelo B				Modelo C			
	Mampostería		Concreto		Mampostería		Concreto		Mampostería		Concreto	
	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y
1 al 3	5.00	4.95	No existen	No existen	4.11	4.04	0.89	0.91	3.38	3.90	1.53	0.97
4 al 5	5.00	4.95	No existen	No existen	4.61	4.61	0.39	0.34	3.38	3.90	1.53	0.97

Se analizó el comportamiento estructural resistente de los modelos en estudio referenciados por sus índices de resistencia para cada entrepiso y dirección. Bajo esta consideración, en la dirección X se establecieron porcentajes de muros cuyos índices de resistencia son menores que la unidad, a partir de los 57 muros que poseen los modelos A y B, y 47 para el prototipo C.

La figura 13 muestra el porcentaje de muros que fallan debido a la acción del sismo. Por sollicitación vertical sólo el modelo C presentó problemas, estableciéndose que el 14% de sus elementos en los entrepisos 1 y 2 presentan sollicitaciones inadmisibles; mientras que en los entrepisos 3 y 4 el porcentaje se reduce al 4%. Por carga lateral, el modelo C tiene complicaciones en el 23%, 19%, 14% y 2% de sus muros (entrepisos 1, 2, 3 y 4, respectivamente).

Figura 13. Muros con índices de resistencia menor que la unidad



Por flexocompresión los tres modelos presentaron serias irregularidades. Por ejemplo, en el entrepiso 5 del modelo A todos sus elementos portantes tuvieron problemas, el edificio C, con menor peligro, tuvo el 18% mientras que el edificio B, tuvo el 40%. El riesgo disminuye en las tres gráficas conforme se analizan los entrepisos superiores, excepto en el caso del modelo B que presentó insuficiencia en el 7% de sus elementos.

Los elementos portantes que tienen problemas en el modelo C corresponden a muros de poca longitud, y por ende, de gran esbeltez, cuya influencia para resistir la acción del sismo no es trascendental. Sin embargo, es conveniente proponer medidas que brinden una mayor seguridad estructural. Respecto a los modelos A y B, el resultado es poco favorable y deben buscarse soluciones efectivas que impongan al conjunto de muros existentes una adecuada resistencia ante la sollicitación sísmica.

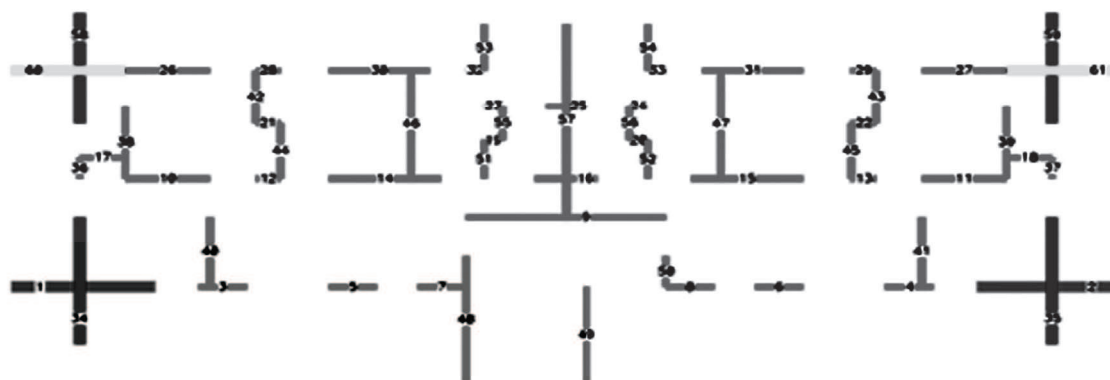
PROPUESTAS DE REFUERZO

El procedimiento para el refuerzo de estructuras ante la acción sísmica depende de los espectros sísmicos del sitio, así como de los resultados de la evaluación de la capacidad de los elementos verticales de soporte. En consecuencia, la propuesta de refuerzo debe brindar una respuesta estructural satisfactoria ante sismos futuros, una mayor seguridad para disminuir el riesgo de colapso parcial de la estructura así como para evitar el colapso total. El criterio de los estructuristas puede ser muy variado, pero afianzar una mayor seguridad es siempre el objetivo primordial que debe alcanzarse. Por este motivo, se propuso un procedimiento que incrementara la rigidez global hasta que los elementos existentes fueran suficientemente resistentes y que la reacción en el terreno en donde sean desplazados no modifique el diseño de la cimentación.

MODELO A

Después de varias iteraciones de análisis sísmico con diferentes propuestas estructurales, se concluyó adicionar muros de concreto reforzado (58, 59, 60 y 61) en las esquinas extendidas de la parte superior de la figura 14, y sustituir por otro lado los elementos de mampostería existentes 1, 2, 34 y 35 por concreto reforzado. Estos ocho elementos poseen una sección trapezoidal en su plano vertical con disminución en la parte superior. Con esta propuesta de refuerzo estructural se intentó mantener la simetría entre los elementos adicionados y se incrementó el plano horizontal de la losa entre los límites de los muros 17, 38, 58 y 60. De esta forma se puede dar mejor continuidad al diafragma rígido del entrepiso y se podría transmitir más adecuadamente la acción sísmica a los elementos verticales. Con esta misma filosofía se propuso unir trabes peraltadas con los muros 1-3, 2-4, 34-36-58 y 35-37-59. Referente a la unión vertical entre los elementos 26-60 y 27-61, se sugiere que ésta sea detallada cuidadosamente a fin de dar cumplimiento a las recomendaciones sobre anclaje de la norma vigente.

Figura 14. Propuesta de refuerzo del modelo A



Modelo B

En este caso deberán adicionarse el menor número de elementos portantes y lograr que los muros de mampostería existentes, más los nuevos, garanticen, un desempeño adecuado sin que esto altere fuertemente el comportamiento de la cimentación. En el caso de los elementos de concreto este requisito no pudo concretarse de forma apropiada ya que para el caso de la flexocompresión, los armados comúnmente presentaron resistencias inapropiadas. Al igual que el modelo A, el modelo B se reforzó con cuatro elementos nuevos (58, 59, 60 y 61) de concreto reforzado, colocados en las dos esquinas extremas de la parte superior, como se muestra en la figura 15. Para el caso de las esquinas de la parte inferior se ampliaron los muros existentes 1 y 2. La cara vertical de estos seis miembros tiene una forma trapezoidal y sus salientes al exterior son inapreciables en la parte superior del edificio.

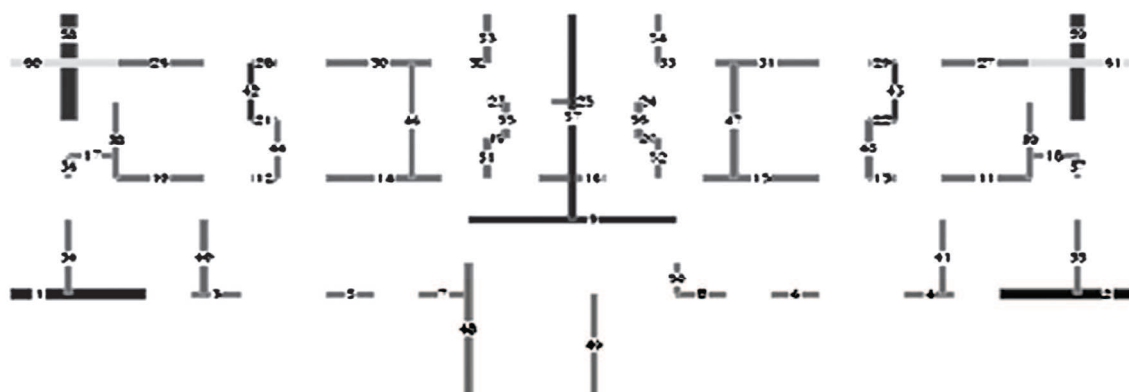


Figura 15. Propuesta de refuerzo del modelo B

Finalmente, los muros 5 y 6 de mampostería con refuerzo interior presentan una insuficiencia a las solicitaciones de flexocompresión por 13.54 kN-m (1.381 t-m) en el primer entrepiso. Esto puede resolverse reforzando localmente sus extremos e incrementando de 2.54 a 3.96 cm² el área de acero longitudinal, tal y como se muestra en la figura 16.

Modelo C

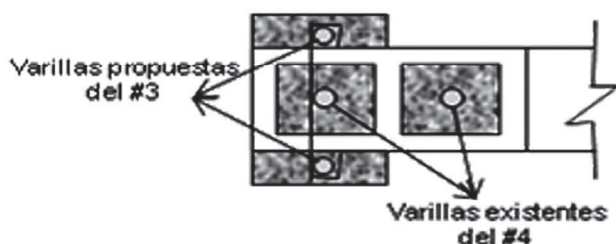


Figura 16. Refuerzo local de muros 5 y 6

De acuerdo a los resultados del estudio de los índices de resistencia, en el modelo C se encontraron deficiencias por carga vertical y flexocompresión. La solución estructural óptima se presenta en la figura 17. En esta propuesta se despreciaron los muros no confinados ni reforzados (15, 16, 17, 18, 25, 26, 27 y 28) por lo que el área tributaria se distribuyó en los muros vecinos. De esta manera, la estructura presentó una respuesta favorable y el 100% de los elementos verticales soportaron satisfactoriamente las solicitaciones sísmicas.

A fin de garantizar que los muros divisorios sean realmente no estructurales, se deberá aislar de forma apropiada; en este caso es suficiente separar un par de centímetros al muro del área de contacto con la losa superior, tal y como se muestra en la figura citada y emplear conectores que eviten su volteo. Deberá garantizarse además que el muro quede adherido a los muros transversales o perpendiculares a fin de disminuir el riesgo de deformaciones o de pandeo lateral.

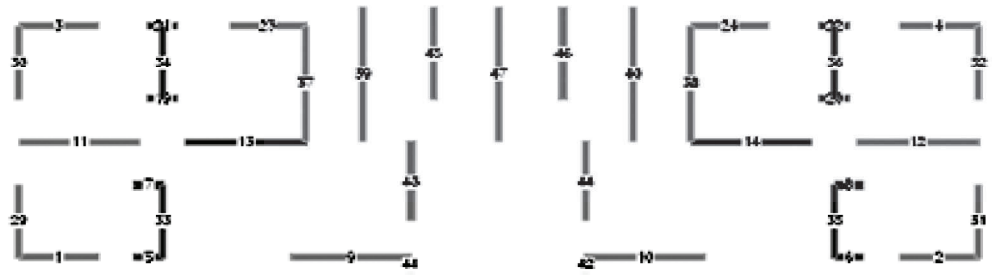


Figura 17. Propuesta de refuerzo del modelo C

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación realizada permitió definir los índices de resistencia de tres modelos diferentes de edificios multifamiliares del estado de Guerrero. Además, se identificaron los elementos de soporte deficientes y se definieron propuestas estratégicas de refuerzo para incrementar la resistencia de la estructura, principalmente bajo solicitaciones sísmicas. Se procuró no afectar en exceso la cimentación de los prototipos estudiados. El procedimiento descrito en este trabajo debe afinarse a fin de optimizar el proceso de cálculo, el cual puede ser aplicado inclusive a estructuras similares de vivienda del estado o particulares. Los índices de resistencia pueden utilizarse como guías en la generación de propuestas de refuerzo de edificaciones, o bien, para aplicarlos como criterios base para la formulación de reportes o dictámenes técnicos de seguridad estructural.

Los resultados del presente estudio también se han estado difundiendo no sólo ante las autoridades competentes, sino también de forma simplificada y práctica entre los inquilinos de dichas estructuras a fin de concientizarlos sobre la urgencia de implementar programas de rehabilitación y refuerzo que les ofrezcan mejores condiciones de seguridad para proteger sus bienes, pero sobre todo, a sus familias.



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- ALCOCER, S., Muriá D., Peña J. (1999). Comportamiento Dinámico de Muros de Mampostería Confinada. Series del Instituto de Ingeniería No. 616. México.
- CENAPRED. "Métodos de Evaluación y Reforzamiento de Estructuras". Nivel 2: Rehabilitación de Estructuras de Concreto y Mampostería Dañadas por Sismo. Colegio de Ingenieros Civiles de Guerrero, A. C. México. 1998.
- CORONA, G. "Programa ANEMgcW Versión 3.06". Análisis y revisión de edificios de mampostería. G. C. Ingeniería y Diseño, S. C. Puebla, Puebla. México.
- CHÁVEZ, C. Evaluación de la Capacidad Sismorresistente en estructuras de Mampostería Confinada de la Ciudad de Chilpancingo, Gro. XIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Puebla, Puebla. México. 2006.
- Gobierno del Distrito Federal. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, Mampostería y de Diseño por Sismo. Gaceta Oficial. México, D. F. 2004.
- Gobierno del Estado de Guerrero. Normas Técnicas Complementarias al reglamento de construcciones Diseño y construcción de estructuras de mampostería y Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo. Periódico oficial. Chilpancingo, Guerrero, México, 1989.
- Gobierno del Estado de Guerrero Reglamento de Construcción para los Municipios del Estado de Guerrero. Periódico oficial. Chilpancingo, Guerrero, México, 1994.
- RODRÍGUEZ, M. Castrillón, E. Manual de Evaluación Postsísmica de la Seguridad Estructural de Edificaciones. Series del Instituto de Ingeniería No. 569, México, 1995.
- TEJEDA, J. Licea, R. Araiza, J. C. "Evaluación del comportamiento estructural de la vivienda económica, en la zona conurbada Colima-Villa de Álvarez, durante el sismo de enero del 2003". XIV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Acapulco, Guerrero, México, 2004.
- VERA, R. Evaluación Simplificada de la Capacidad Lateral Última de Estructuras Reticulares. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, León, Guanajuato, México, 2003.