

6. Daños en las viviendas a causa del sismo de septiembre 19 de 2022

MANUEL JARA DÍAZ*

HUGO HERNÁNDEZ BARRIOS**

JUAN GERARDO ALCÁNTAR SÁNCHEZ***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.266.06>

Resumen

En este capítulo se analizan los daños en las viviendas de los municipios de Coahuayana, Aquila y Coalcomán, en el estado de Michoacán, después del sismo del 19 de septiembre de 2022. Los municipios se localizan próximos al epicentro y representan el nivel de daño y condiciones de las estructuras en la región. El trabajo se basa en la inspección física de las viviendas, realizada unos días después del terremoto y se enfoca en la descripción de la tipología estructural y los daños experimentados con mayor frecuencia en la región. En la parte final se presentan recomendaciones generales para la construcción de viviendas nuevas y posibles técnicas de rehabilitación para las estructuras existentes.

Palabras clave: *viviendas en Michoacán, daños sísmicos, estructuras tipo, sismo 19 septiembre 2022*

* Doctor en Ingeniería. Profesor-investigador titular C, de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4806-5287> ; correo: manuel.jara.diaz@umich.mx

** Doctor en Ingeniería. Profesor-investigador titular C, de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8515-5965>

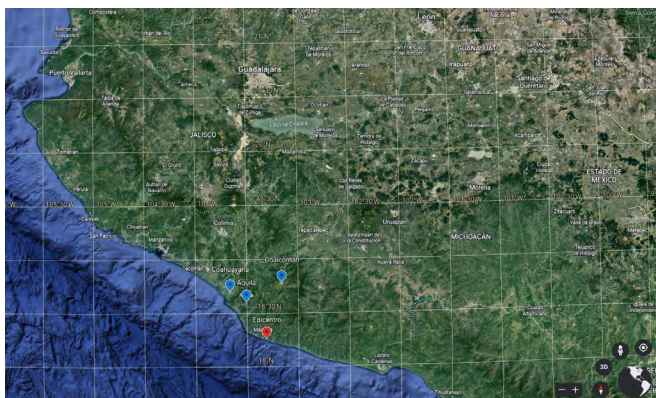
*** Maestro en Ingeniería (Estructura). Docente de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9349-5684>

Introducción

El día 19 de septiembre del año 2022 ocurrió un evento sísmico en las costas del Pacífico michoacano; el Servicio Sismológico Nacional (ssn, 2022) reportó que el sismo tuvo una magnitud de 7.7 Mw, con epicentro en las coordenadas 18.24 latitud Norte y -103.29 longitud Oeste, muy cercano a los municipios de Aquila y Coalcomán. Las mayores intensidades se presentaron en los estados de Colima y Michoacán, en donde se estimaron aceleraciones entre 130 y 150 cm/s^2 .

Un equipo conformado por profesores y estudiantes de posgrado y de licenciatura de la Facultad de Ingeniería Civil, realizaron una visita a los municipios más afectados. Se realizó una inspección a las viviendas dañadas, particularmente en los municipios de Aquila, Coahuayana y Coalcomán, en el estado de Michoacán. Las capitales de los municipios se encuentran a una distancia aproximadamente, de 42 y 65 km del epicentro, como se observa en la figura 6.1.

Figura 6.1. Localización del epicentro y de los municipios donde se inspeccionaron las viviendas



Fuente: elaboración propia.

Los principales objetivos de la inspección fueron: evaluar los daños provocados por el sismo, identificar las principales tipologías estructurales de las viviendas que se construyen en la región, y evaluar la respuesta de las estructuras ante un temblor con epicentro cercano.

Daños en estructuras típicas de viviendas

De acuerdo con información del INEGI (2017), en el municipio de Aquila, en 2015 existían 5 766 viviendas, ocupadas por 24 864 personas. El mismo establece que el material del piso de las viviendas es de cemento o firme en 58% de los casos y casi 38% es de tierra. En el 51% de los casos las paredes son de madera o adobe y cerca de 44% de piedra, tabique o concreto. El techo del 41% de las viviendas consiste en lámina metálica, asbesto, fibrocemento, madera o paja; de teja o terrado con viguería en el 38% de los casos; y el 16% es losa de concreto o viguetas con bovedilla.

La mayor parte de las viviendas en el área visitada forman parte del sector de la autoconstrucción o construcción informal, en la que no se cuenta con un ingeniero o arquitecto como encargado; a pesar de ello, se puede considerar que el número de colapsos es reducido si se toma en cuenta el conjunto de viviendas en la región, en la que predominaron el colapso de techos y de muros simples sin confinar. En la figura 6.2 se muestran casos de colapso total, colapso parcial y caída de techos observados durante la inspección. En general, los daños en las viviendas con muros de mampostería confinados o de concreto fueron moderados o ligeros.

Figura 6.2. Colapso total, parcial y caída de techo de tejas sobre elementos de madera



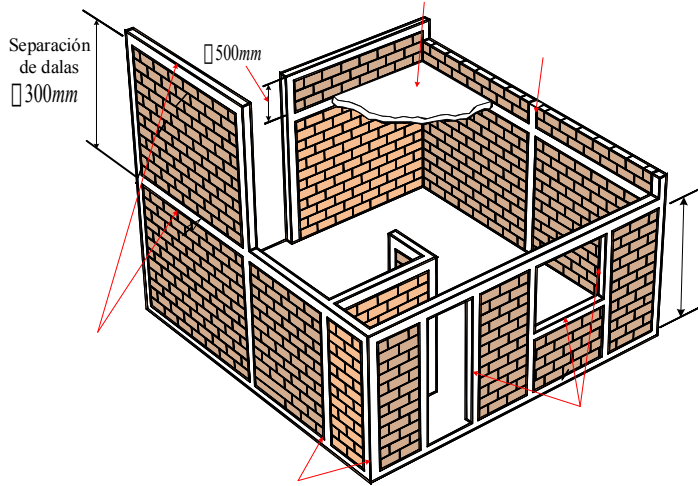


Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

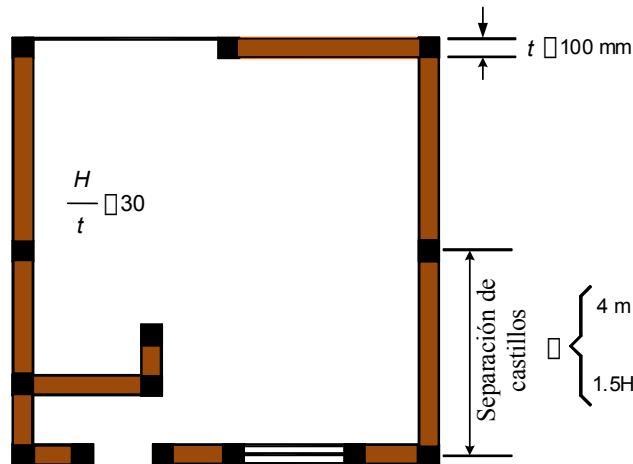
Muros de mampostería simple sin confinamiento

La mayoría de las viviendas visitadas, que tenían muros de mampostería simple contruidos con tabique o tabicón, no contaban con elementos de confinamiento con las características que se exigen en los reglamentos de las zonas sísmicas del país. Es importante recordar que la falta de confinamiento de los muros reduce de manera importante su capacidad para resistir fuerzas laterales. El confinamiento debe proporcionarse en los extremos, en la intersección de muros perpendiculares entre sí y en los extremos de aberturas como las que se dejan para puertas y ventanas. Los castillos deben colarse una vez que el muro esté terminado. Las características que deben cumplir los elementos de confinamiento (dadas y castillos), según las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, vigentes en la Ciudad de México (NTC, 2017), se muestran en la figura 6.3.

Figura 6.3. Confinamiento de muros de mampostería



a) Detalles en elevación



b) Planta, castillos en extremos de muros e intersecciones

Fuente: recuperada de NTC (2017).

Las NTC (2017) indican que los bordes verticales de los muros deben dentarse o colocarse conectores entre muro y castillo, condiciones que no se observaron en las viviendas de la región. La ausencia de castillos en la intersección de muros perpendiculares, conduce a fallas como las que observaron en las viviendas (figura 6.4).

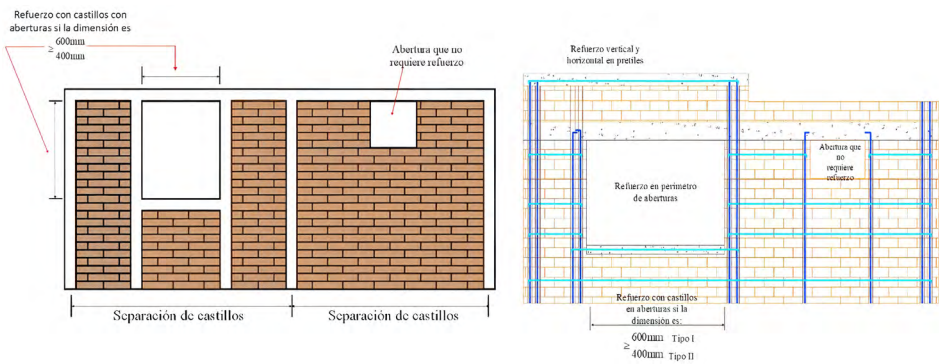
Figura 6.4 .Fallas típicas en muros de mampostería sin castillos en la intersección de muros perpendiculares



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

La figura 6.5 indica la forma recomendada para reforzar el perímetro de las aberturas que se dejan para colocar puertas y ventanas (NTC, 2017).

Figura 6.5. Refuerzo en los bordes de puertas y ventanas



Fuente: recuperada de NTC (2017).

Se observa que en la figura 6.6, se presentan daños típicos, originados por la ausencia de castillos en el perímetro de las ventanas. En la figura 6.7 se observa una dala en la parte superior del muro, pero la falta de un castillo de refuerzo en la abertura de la puerta debilitó al muro y permitió una falla fuera de su plano.

Figura 6.6. Fallas en muros de mampostería sin castillos en aberturas de puertas o ventanas



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Figura 6.7. Colapso de muros por falta de confinamiento lateral



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Habían fallas debidas al apoyo directo de las vigas que dan soporte a los techos sobre el muro, cuya reacción conduce a una concentración de esfuerzos que da origen a fallas en el muro (figura 6.8).

Figura 6.8. Concentraciones de esfuerzo sobre el muro en la zona de apoyo de la viga que soporta el techo



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Muros de mampostería enmarcados por elementos de madera

El uso de marcos de madera que dan soporte a los tejados es común en los municipios de Aquila, Coalcomán y Coahuayana. Los muros de mampostería quedan enmarcados dentro de los marcos de madera, sin embargo, debido a la falta de adherencia entre ambos materiales, no se puede esperar que los polines actúen como castillos que confinan a los muros, aunado a la falta de una zona de contacto adecuada entre el muro y el poste o dala de madera, así como a la falta de una cimentación apropiada de los elementos verticales (postes o polines). En la figura 6.9 se muestran algunas viviendas con este tipo de estructuración.

Figura 6.9. Estructuración típica de la región, con muros de mampostería dentro de un marco de elementos de madera

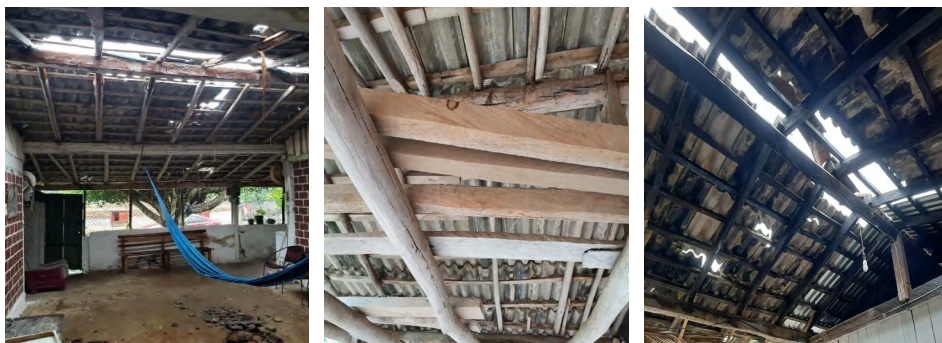


Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Casi todos los muros enmarcados en elementos de madera, presentan fallas fuera de su plano y otros tipos de falla comunes. Sin embargo, en algunos casos, los muros de mampostería, a pesar de no estar confinados y no tener una liga apropiada con los elementos de madera, si llegan a contribuir con cierta resistencia y rigidez al interactuar con la madera durante los desplazamientos laterales que produce el sismo.

La viga de madera en la cumbrera se apoya sobre un elemento vertical de madera que ofrece poca estabilidad lateral al conjunto de la techumbre, esto se observa en la mayoría de las viviendas. Sin embargo, falla como se puede observar en la figura 6.10.

Figura 6.10. Soporte de la techumbre mediante un elemento de madera vertical



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Muros de adobe sin confinar

El adobe es un material común para la construcción de viviendas en los municipios que forman parte de la Sierra-Costa de Michoacán; en la figura 6.11, se muestran viviendas con muros de adobe en los que se aprecia la falta de confinamiento y algunos daños típicos. Es necesario que las normas de diseño mexicanas incluyan recomendaciones referentes al diseño y construcción de estructuras de adobe en zonas sísmicas, ya que actualmente no están incluidas y en muchas poblaciones de la costa del Pacífico mexicano existe una gran cantidad de viviendas construidas con este material, en la literatura hay algunas referencias que pueden ser adaptadas para tal caso como Blondet *et al.* (2005), De Sensi (2003), IAEE (1987), MTC (2000) y CYTED (1995).

Figura 6.11. *Muros de adobe sin confinamiento y daños típicos*



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Paredes de bajareque

Este tipo de autoconstrucción artesanal se observa con frecuencia en poblaciones rurales y también es característico en países centroamericanos y sudamericanos. Consiste de la unión de un entramado de madera revestido de barro, generalmente por ambas caras. El entramado de madera puede ser una celosía de carrizo o cañas. A diferencia de algunos países latinoamericanos (AIS, 2010), en México no contamos con una reglamentación para el uso de este sistema estructural, a pesar de tener algunas ventajas en regiones de escasos recursos, como la economía, la disponibilidad de recursos, las ventajas térmicas y características sustentables de este sistema.

En la figura 6.12 se muestran viviendas con paredes de bajareque, en donde se observa también que las paredes cumplen con una función no estructural, debido a que es el marco de madera el encargado de soportar las cargas verticales; sin embargo, en caso de sismo, los desplazamientos laterales de la estructura de madera provocan la interacción entre los marcos de madera y las paredes de bajareque, con lo cual el sistema incrementa su rigidez y resistencia, en una magnitud que no se puede cuantificar por la falta de estudios al respecto. Por tal motivo, algunos de estos muros quedaron con desplazamientos laterales permanentes, acompañando a los polines de madera en su desplazamiento (figura 6.13). La ligereza del sistema estructural genera fuerzas de inercia bajas que contribuyeron a que los daños en este tipo de sistemas no fueran extendidos.

Figura 6.12. Marco de madera que da soporte a un techo de lámina con elementos de madera y paredes de bajareque



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Figura 6.13. *Desplazamiento lateral de las paredes de madera*



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Paredes formadas con elementos de madera

También existen viviendas construidas con madera sin revestir con ningún otro material. En la figura 6.14a se muestra una estructura con techo de lámina y paredes de carrizo sin ningún revestimiento. La holgura entre el

polín de madera y la pared evitó la interacción de la pared con el marco de madera, la cual no experimentó ningún daño. En la figura 6.14b se muestra un entramado de madera, que se observa con frecuencia en la vivienda de las zonas más alejadas de las cabeceras municipales, los daños en este tipo de estructuras no fueron comunes. La figura 6.14c es otra alternativa en el uso de la madera, en la que las paredes se forman con tablones de madera que sirven de apoyo a la vigería de madera que soporta un techo de teja. Quizá la poca masa del sistema, que conduce a fuerzas de inercia bajas, fue la causa de que no se observaran daños en este tipo de viviendas.

Figura 6.14. Casas habitación formadas con elementos de madera



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Pórticos con techos soportados por una vigería de madera

Existen también viviendas que cuentan con un pórtico en la fachada frontal, cuya estructura consiste en un techo de teja, lámina metálica o asbesto, soportado por vigas de madera. Uno de los extremos del techo se apoya en los muros de carga de la fachada de la vivienda y el otro extremo se apoya en una estructura de madera o concreto. En la figura 6.15 se muestran las tipologías estructurales de los pórticos más comunes. Algunos de los techos de los pórticos se derrumbaron durante el movimiento sísmico a causa de una deficiente conexión entre el techo y el sistema de soporte, o bien, por la diferencia de rigidez entre los dos extremos que dan soporte al techo.

Figura 6.15. Pórticos con techo de teja, lámina metálica o lámina de asbesto.



Los muros de la vivienda son de mampostería simple, mampostería confinada o adobe

Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Otros tipos de estructuración

La falta de recursos económicos y de apoyo técnico en la construcción de viviendas en zonas rurales conducen a estructuras como la mostrada en la figura 6.16, donde se observa una vivienda con techo de teja y paredes de tabicón sin cementante que una las piezas.

Figura 6.16. *Techo de lámina de cartón sobre un marco de madera y paredes de tabicón sin cementante*

Fuente: brigadas de inspección UMSNH.



En contraparte, también hay casas de uno o dos niveles construidas con materiales más resistentes. Este tipo de construcción es frecuente en las comunidades con mayor número de habitantes y en las cabeceras municipales. En la figura 6.17 se presenta una casa de dos niveles en la que la losa de azotea es discontinua y las partes que la constituyen no coinciden en su plano horizontal, de manera que una de ellas queda en contacto directo con uno de los muros de mampostería del segundo nivel, dando origen al agrietamiento mostrado. En la figura 6.19 de la derecha, se observa la caída de parte del techo de lámina como consecuencia de la deficiente conexión entre la techumbre y la columna de concreto que la soportaba.

Figura 6.17. *Deficiencias de estructuración que dieron origen a daños*



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

En la figura 6.18, se muestra una casa de dos niveles pero con la planta baja destruida. No es posible determinar con precisión la causa de la falla, quizá se deba a una menor densidad de muros en la planta baja, esto dejaría al primer nivel con una menor resistencia.

Figura 6.18. *Falla de los muros de la planta baja de una vivienda de dos niveles*



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Finalmente, se muestran casas de dos niveles con muros de tabicón sin un confinamiento adecuado (figura 6.19), lo que da origen a grietas típicas en muros y ventanas. En una de las viviendas se colocaron castillos en los bordes de las ventanas y se inhibió el agrietamiento en esos muros. En la figura 6.19, se puede ver al caso de un pretil en el volado del primer nivel que se derrumbó por falta de resistencia fuera del plano.

Figura 6.19. *Muros de mampostería sin confinamiento adecuado en puertas y ventanas*





Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Daños en estructuras con elementos de concreto

Es ampliamente aceptado que el componente vertical de los sismos tiene una mayor intensidad cerca de la zona epicentral (Jara, Hernández y Álvarez, 2022). En las figura 6.20 y 6.21 se observan fallas en elementos de concreto, esto se atribuye a las oscilaciones verticales. La figura 6.20 muestra la falla por compresión en dos columnas que sufrieron grietas verticales sin una rotación apreciable. Este tipo de falla se observó también en algunas escuelas y clínicas ubicadas en la zona epicentral.

Figura 6.20. *Falla por compresión en columnas de concreto*



Fuente: elaboración propia.

En la figura 6.20 se muestra una viga de concreto con una falla por flexión que se origina en una reducida relación peralte/longitud (h/L) aunado a las oscilaciones verticales que se producen por una mayor intensidad sísmica de dicha componente en la zona epicentral.

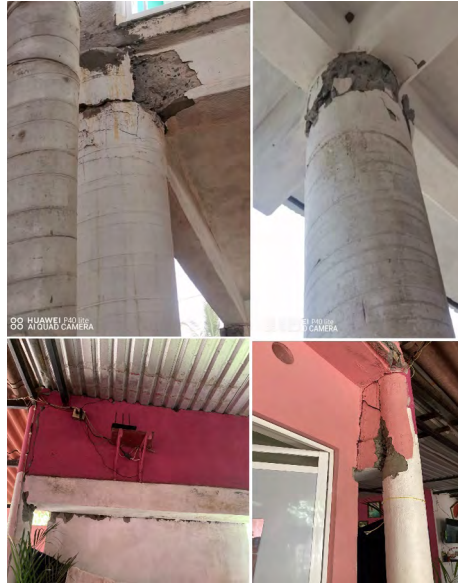
Figura 6.21. Falla por flexión en una viga de concreto debido a una baja relación peralte/longitud



Fuente: elaboración propia.

Otras fallas en estructuras de concreto se produjeron en los extremos superiores de las columnas y en la zona de la conexión viga-columna en estructuras tipo marco. Se atribuyen a una o varias de las siguientes deficiencias: separación excesiva de estribos, bajas cuantías de acero longitudinal, adherencia insuficiente en la región del nudo y diferencia de dimensiones entre las vigas y las columnas que impidieron la continuidad del acero longitudinal en la conexión y en el caso de fallas por compresión, a la elevada aceleración vertical (figura 6.22).

Figura 6.22. Fallas en la zona de conexión por falta de estribos, anclaje del acero, adherencia, falta de continuidad del acero longitudinal y bajas cuantías de acero



Fuente: elaboración propia.

También se observó el colapso de una vivienda debido a la presencia de una planta baja flexible (figura 6.23). El incremento de la demanda sobre las columnas de la planta baja se agravó por una conexión deficiente entre las columnas y las vigas, esto provocó el colapso de la estructura.

Figura 6.23. Colapso de una vivienda por el incremento de la fuerza cortante en la planta baja flexible, agravado por una deficiente conexión viga-columna.



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Falta de mantenimiento

Se observaron problemas asociados a la falta de mantenimiento en varias viviendas, principalmente, humedades, agrietamientos excesivos, pérdida del recubrimiento del acero de refuerzo y oxidación de las varillas. En la figura 6.24 se muestran algunos elementos con excesiva humedad, que deben ser atendidas para evitar afectaciones más serias en el futuro y que deriven en la disminución de la capacidad de los elementos afectados.

Figura 6.24. Problemas de humedad en muros



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

En la figura 6.25 se observan problemas originados en el pequeño espesor del recubrimiento de concreto, las varillas de refuerzo quedaron expuestas y con niveles de corrosión que deben corregirse.

Figura 6.25. *Espesor insuficiente del recubrimiento que deja expuesto el acero*



Fuente: elaboración propia.

Elementos no estructurales

Se observaron fallas en los muros que servían como base para los tinacos, debido a la falta de confinamiento o sujeción a la base sobre la que se apoyan, la cual actúa como apéndices estructurales durante el evento sísmico (figura 6.26). También se tuvo conocimiento del vuelco de tanques de gas, que pueden dar origen a fugas de gas y en algunos casos a explosiones e incendios. La aparición de grietas en los firmes de piso fue otra de las consecuencias que se derivaron del sismo.

Figura 6.26. *Caída de tinacos por falta de sujeción a la base de soporte y agrietamientos de los firmes de piso*



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

El problema más frecuente en elementos no estructurales fue la caída de pretilos y ornamentos fuera de su plano. Esta falla puede provocar lesiones serias sobre las personas que lleguen a ser golpeadas por los materiales, así como a la obstrucción de las salidas. En la Figura 6.27 se muestra la caída de pretilos y ornamentos, además de fallas por volteo en muros desligados que no contaban con sujeción lateral.

Figura 6.27. Caída de pretilos y ornamentos de fachada



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

En la figura 6.28 se muestran fallas de muros de mampostería en cercas perimetrales de casas habitación, debido a una incorrecta o inexistente cimentación y/o debido a la falta de elementos de confinamiento. Estos elementos, aun cuando no forman parte del sistema estructural de la vivienda, al colapsarse pueden poner en riesgo la integridad física de los habitantes.

Figura 6.28. Caída de muros perimetrales de terrenos



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

En México debido a la ocurrencia de un evento sísmico, es recurrente que se presenten fallas de muros de mampostería fuera de su plano, debido a la falta de confinamiento o de una cimentación correcta (figura 6.29).

Figura 6.29. *Falla de los muros fuera de su plano*



Fuente: brigadas de inspección UMSNH.

Recomendaciones

La falta de confinamiento en los muros de mampostería y de adobe fue la causa principal del daño en este tipo de viviendas, motivo por el cual se considera importante que se difunda entre la población la necesidad de colocar castillos y dadas en los muros, especialmente en la intersección entre muros perpendiculares, y como refuerzo de las aberturas en puertas y ventanas. Se deben colocar también castillos en la zona de apoyo de las vigas que dan soporte al techo para evitar concentraciones de esfuerzo que favorecen la aparición de grietas. Debe ponerse especial atención a una adecuada conexión entre los elementos de soporte del techo y de los muros de carga para evitar la caída de la techumbre y, a su vez, evitar el vuelco de los muros fuera de su plano. Es recomendable evitar apoyos con distintas características en los extremos de los techos, por ejemplo, marcos de madera o concreto en un extremo del techo, para evitar la caída de las techumbres debido a las distintas propiedades de los apoyos. La cimentación de los

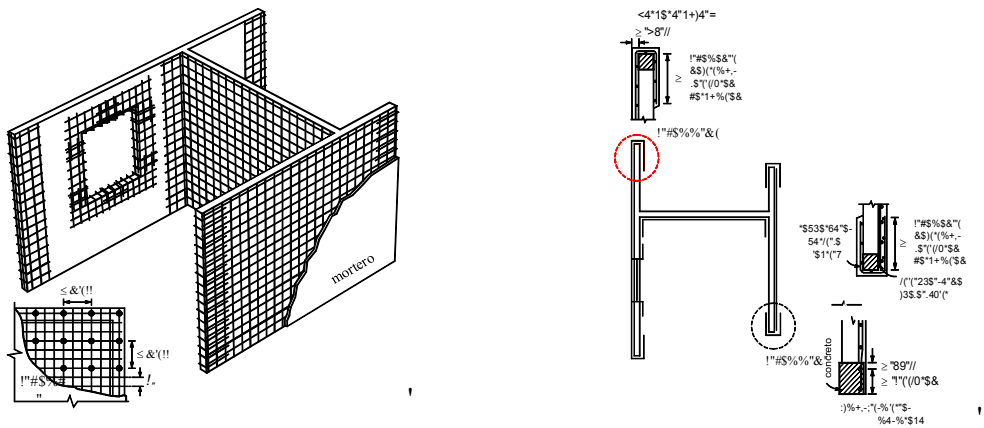
muros, castillos y polines de madera debe estar preparado para la posibilidad del volteo en caso de sismos.

En las estructuras de concreto se observaron conexiones deficientes entre las vigas y las columnas, razón por la cual también se sugiere dar difusión a la práctica correcta de estos detalles para evitar la caída de las estructuras en el futuro. Los problemas de configuración, como el caso de planta baja flexible, deben evitarse, ya que es común que se quiten muros de la planta baja o se hagan aberturas de gran dimensión con el fin de usarla como negocio o estacionamiento.

En los elementos no estructurales deben fijarse adecuadamente muros y pretilas para evitar su caída fuera del plano. Deben anclarse adecuadamente a su base tanques de agua y de gas, y verificar que no se dañen tuberías e instalaciones, para evitar fugas, explosiones e incendios. Es importante dar mantenimiento a las casas para evitar la disminución de su capacidad.

Un elevado porcentaje de las casas pueden rehabilitarse y seguir dando servicio a los inquilinos. Las técnicas de rehabilitación típicas de estructuras de mampostería y concreto se pueden aplicar a las afectadas. La reparación de grietas de 3 mm o menores, puede realizarse mediante la inyección de una lechada de mortero de cemento-arena; en caso de grietas hasta de 10 mm se puede agregar un aditivo expansor a la lechada y en grietas mayores a 5 mm también se puede recurrir a la técnica de rajueleo, que consiste en la colocación de pedazos de piezas en las grietas, las cuales deben acuñarse y pegarse con mortero. En grietas mayores pueden sustituirse las piezas dañadas o colocar castillos, mismos que pueden colocarse para dar confinamiento adecuado a los muros que no cuenten con ellos. Puede usarse malla de alambre en donde existan grietas, o para reforzar el muro al colocarla y que cubra todo. La malla (figura 6.30) debe rodear ambos bordes verticales del muro o castillos, así como los bordes de las aberturas. Si la malla se coloca de un solo lado del muro, esta debe rodear los extremos del muro y anclarse adecuadamente (NTC, 2017).

Figura 6.30. Refuerzo de muros mediante malla de alambre



Fuente: recuperada de NTC (2017).

En estructuras de concreto deben sustituirse el concreto y las varillas dañadas siguiendo las recomendaciones que se ofrecen en la literatura especializada (Iglesias *et al.*, 1987; INIFED, 2021).

Conclusiones

Con base en la información recabada durante la inspección de las viviendas en los municipios de Aquila, Coahuayana y Coalcomán, en el estado de Michoacán, se llega a las siguientes conclusiones con relación a los daños y tipología de las estructuras.

La mayor parte de las viviendas en el área visitada son del sector de la autoconstrucción o construcción informal, en la que no se cuenta con un ingeniero o arquitecto como encargado de la construcción. Las tipologías estructurales más comunes de las viviendas construidas en la región pueden agruparse en los siguientes tipos: muros de mampostería simple de tabique, tabicón o adobe, sin confinamiento, ni refuerzo con dalas y castillos en las aberturas de puertas y ventanas; es común el uso de techos ligeros de lámina metálica, asbesto, teja, cartón asfaltado y paja. En algunos casos, las vigas descansan sobre marcos de madera que transmiten las cargas verticales

directamente al terreno. En estas construcciones las paredes de mampostería quedan enmarcadas por la madera, pero no proporcionan confinamiento debido a la falta de una liga adecuada entre ambos elementos. Son comunes también estructuras con paredes de bajareque y entramados de madera sin ningún tipo de revestimiento.

Los daños principales consistieron en el agrietamiento diagonal de los muros, grietas en puertas y ventanas, derrumbe de techos y vuelco de muros fuera de su plano debido a la falta de una sujeción adecuada de los muros. En los elementos no estructurales, como pretiles y bardas no existían elementos de refuerzo para proporcionarles estabilidad lateral y fallaron fuera de su plano. La falta de anclaje de tanques y ornamentos también dio lugar a su caída.

Se identificaron problemas de mantenimiento, en especial la corrosión del acero de refuerzo, la pérdida del recubrimiento y la presencia de humedad en muros y losas de concreto.

Se recomienda difundir algunos aspectos básicos entre los responsables de la construcción de viviendas en la región, para que atiendan los problemas básicos, tales como el confinamiento de muros, refuerzo de aberturas de puertas y ventanas, anclaje adecuado de techos, muros, pretiles y otros elementos no estructurales.

Agradecimientos

Se agradece a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y a la Facultad de Ingeniería Civil, por su apoyo en la realización y difusión de este trabajo. Asimismo, se agradece a las autoridades municipales y centros de Protección Civil de los municipios por su invaluable apoyo. Se agradece el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán, que por medio de la convocatoria PICIR, Proyectos de Investigación Científica de Impacto Regional, del 2022, proporcionó parte del apoyo para la realización de este trabajo.

Referencias

- AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica). (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10* (título E: Casas de uno y dos pisos; título G: Estructuras de madera, estructuras de Guadua). AIS.
- Alcocer S., M. y Muriá, D. (2021). *Rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa de México: Guía técnica*. INIFED / Banobras.
- Blondet, M., Madueño, I., Torrealva, D., Villa, G. y Ginocchio, F. (2005). *Using industrial materials for the construction of safe adobe houses in seismic areas*. Earth Build.
- Brito, O. (2022, 23 de septiembre). Con mil 501 réplicas, sismo en Michoacán deja casas dañadas y tierra cimbrada. *Milenio*. <https://www.milenio.com/estados/sismo-19-s-michoacan-deja-casas-danadas-tierra-cimbrada>
- Comisión Federal de Electricidad (CFE). (2015). *Manual de diseño de obras civiles (MDOC)*. CFE.
- CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo). (1995). *Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo-cemento*. Red Habitterra.
- De Sensi, B. (2003). Terra cruda, la diffusione dell'architettura di terra. En *Soil, dissemination of earth architecture*. <http://www.terracruda.com/architetturadiffusione.htm>
- IAEE (Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica). (1987). *Guidelines for earthquake-resistant non-engineered construction*. IAEE.
- Iglesias, J., Robles, F., De la Cera, J. y González, O. (1985). *Reparación de estructuras de concreto y mampostería*. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Materiales.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo, 2017*. INEGI / Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo.
- Jara Díaz, M., Hernández Barrios, H. y Álvarez Mosqueda, O. (2022). Efecto del componente sísmico vertical en puentes. *Revista Ingeniería Sísmica*, (108), 79–107. <https://doi.org/10.18867/ris.108.602>
- Miranda, E., Abucar, V., Alcocer, S., Aldea, S., ... y Velasco, L. (2022). *Aquila, Michoacán, Mexico September 19, 2022, Mw 7.6 Earthquake: Preliminary virtual reconnaissance report*. Design Safe. <https://doi.org/10.17603/ds2-sbcj-nx44>
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú). (s/f). *Reglamento nacional de construcciones: Norma técnica de edificación (NTE) E.080: Adobe*. MTC.
- NTC. (2017, 15 de diciembre). Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*.
- Secretaría de Cultura. (2022, 19 de septiembre). *Daños menores en el patrimonio cultural de cuatro estados, saldo preliminar del sismo del 19 de septiembre de 2022* (Comunicado). Secretaría de Cultura. <https://www.gob.mx/cultura/prensa/danos-menores-en-el-patrimonio-cultural-de-cuatro-estados-saldo-preliminar-del-sismo-del-19-de-septiembre-de-2022>
- Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana (SSPC). (2022, 19 de septiembre). *Re-*

porte de afectaciones por sismo de magnitud 7.7 con epicentro en Coalcomán, Michoacán (Comunicado). SSPC. <https://www.gob.mx/sspc/prensa/reporte-de-afectaciones-por-sismo-de-magnitud-7-7-con-epicentro-en-coalcoman-michoacan>

Servicio Sismológico Nacional (SSN). (2022). *Sismo del 19 de septiembre de 2022, Michoacán (M 7.7)* (Reporte especial). SSN. http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2022/SSNMX_rep_esp_20220919_Michoacan_M74.pdf

UIS (Unidad de Instrumentación Sísmica). (2022, septiembre). *Sismo del 22 de septiembre de 2022, Coalcomán, Michoacán, México (M 6.9): Reporte preliminar: Parámetros del movimiento del terreno*. UNAM, Instituto de Ingeniería.