

predios rectangulares dentro de las manzanas, cuentan con largos muros de colindancia normales a la calle y muros cortos con aberturas de puertas y ventanas paralelos a la calle.

Se pueden clasificar como estructuras de mampostería simple a un amplio número de viviendas a pesar de contar con elementos de concreto reforzado, como las mismas losas para techos y entrepisos, así como cerramientos de concreto sobre aberturas para puertas y ventanas, o cadenas de concreto que rodean toda la casa y sirven de cerramiento a las aberturas. A éstas las consideramos de mampostería simple pues los elementos estructurales que son los muros de carga no cuentan con castillos de confinamiento ni otro tipo de refuerzo.

Las estructuras de las figuras 7.61 y 7.62 fueron casos severos de daños observados en la zona marcada en el mapa de la figura 7.54 anterior, en donde se identificaron problemas muy particulares en el terreno de cimentación (ver Cap. 5). Fuera de esta zona, los daños a mampostería simple fueron moderados, caracterizados por grietas inclinadas de pequeño grosor en muros.

El daño característico observado en estas estructuras fue el agrietamiento inclinado de los muros o segmentos de muro entre aberturas, en donde el espesor de las grietas dependió de la posibilidad de desplazamiento lateral de la parte superior de la estructura o de la posibilidad de que los grandes bloques en que quedó dividido el muro se desplazaran, por ejemplo, hacia el mismo hueco de la abertura. Cabe mencionar que un adecuado confinamiento con castillos y dalas controlaría el tamaño de las grietas, permitiendo el trabajo del muro por fricción entre las grietas, además de proporcionar capacidad de deformación y una reserva de resistencia una vez que el muro se ha agrietado.

En la 7.59a se muestra el modo de falla de un muro de mampostería simple, iniciado por grietas inclinadas donde debido a la falta de elementos de refuerzo puede derivar en el colapso súbito simplemente por la caída o el volteo fuera del plano de los grandes fragmentos en que se divide el muro. En una falla como ésta, además de perder la resistencia a carga lateral se pierde el elemento resistente vertical por lo que el colapso total de la estructura sería inminente.

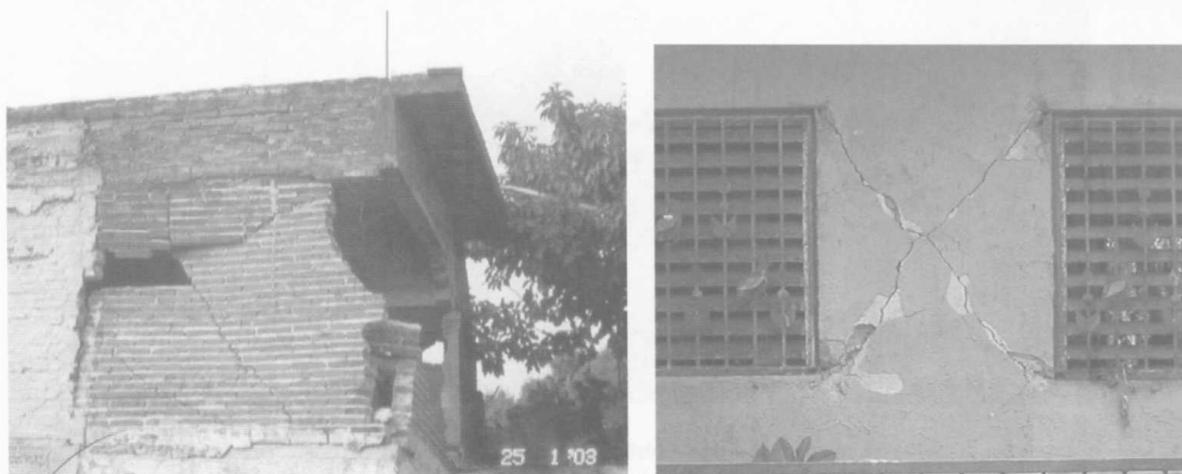


Figura 7.59 a) Daño en muro de mampostería simple; b) Agrietamiento en "X" en un segmento de muro entre ventanas, Villa de Álvarez, Col.

En la 7.59b se muestra el daño representativo de segmentos de muro entre aberturas. La acción del sismo en una dirección genera el agrietamiento inclinado hacia un lado, y al cambiar a la dirección contraria, se produce la grieta en la otra dirección conformando el patrón de grietas en

"X". Debido a la distribución interna de los esfuerzos en el elemento, las grietas inclinadas siguen aproximadamente las diagonales del muro buscando las esquinas de la abertura, lugar en donde se concentra el daño.

En la figura 7.60 se muestran más ejemplos del daño en mampostería simple. Las fachadas típicas observadas poseen aberturas para puertas, ventanas, y en algunos casos unas pequeñas aberturas para el medidor del suministro eléctrico. Se observó que incluso pequeñas aberturas para el medidor o ventilas debilitó el segmento de muro en la que se ubica, generando una trayectoria débil por donde se extendió el agrietamiento (Fig. 7.61).

En múltiples casos observados los muros con aberturas, como los de fachada, sí poseen castillos pero no en los lugares adecuados. En la figura 7.62 se presenta un ejemplo de una vivienda con castillos y dadas de confinamiento; aunque la separación entre castillos cumpliera con las especificaciones reglamentarias, no se colocaron estos elementos en el perímetro de las aberturas en el muro de fachada. El castillo colocado en el centro del segmento de muro no proporcionó confinamiento a éste, resultando el comportamiento de esta fachada como el de un muro de mampostería simple. Nótese además la presencia del hueco para el medidor eléctrico.

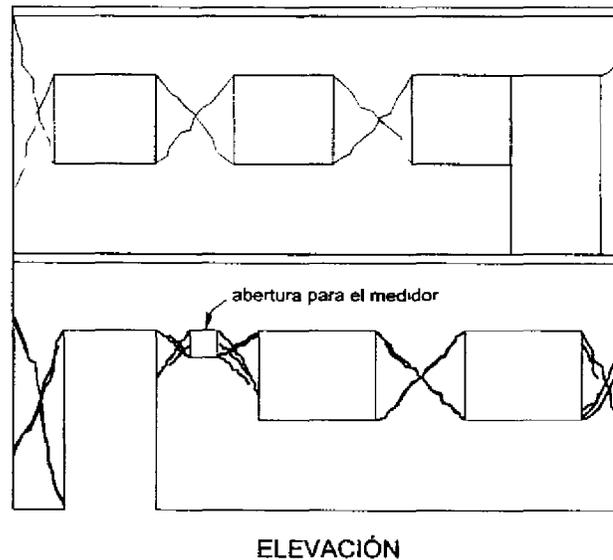


Figura 7.60 Geometría y patrón típico del agrietamiento en muros de fachada con aberturas



Figura 7.61 Viviendas de mampostería no reforzada, Villa de Álvarez, Col.

Este caso es representativo del daño en este tipo de vivienda, aunque el daño severo mostrado en las fotos se registró en la zona marcada en el mapa de la figura 7.54, fuera de ella se detectaron algunos casos con agrietamientos con la misma distribución, pero con mucho menor espesor de grietas.



Figura 7.62 Daño severo representativo de vivienda de mampostería de tabique (el castillo está al centro del muro y no en sus bordes), Villa de Álvarez, Col.

7.2.6.3 Mampostería confinada

En general la mampostería confinada correctamente tuvo un excelente desempeño. Si bien se observaron en la zona de mayor daño (con efectos locales muy demandantes) muros de mampostería confinada con agrietamientos inclinados formando el patrón en "X", estos

agrietamientos fueron controlados por los elementos de confinamiento, permitiendo que sus estructuras resultaran en condiciones de ser rehabilitadas con técnicas que minimizarán los costos de reparación y refuerzo.

En la figura 7.63 se presenta, a modo de ejemplo, el contraste entre una construcción que sufrió colapsos parciales y una vivienda de mampostería confinada intacta, como fue la mayoría de las viviendas del municipio.



Figura 7.63 Junto a una construcción con daño, una vivienda intacta

7.3 ESTADO DE JALISCO

Después del estado de Colima, Jalisco fue la entidad federativa que presentó graves daños en viviendas principalmente en los municipios colindantes a este. Según los datos del Instituto Promotor de la Vivienda del Estado de Jalisco (IPROVIPE), más de 5200 viviendas fueron afectadas por el sismo del 21 de enero (ver tabla 7.1).

Tabla 7.1 - Viviendas dañadas por el sismo de Tecomán, en el estado de Jalisco

Municipio:	Total (dañadas)	Daño leve	Daño moderado	Daño Grave (pérdida total)
Cuautilán de García Barragan	1,311	721	472	118
Zapotitán de Vadillo	1,017	220	522	275
Autlán de Navarro	647	118	527	2
Tuxpan	575	162	383	30
Pihuamo	265	36	227	2
Tolimán	222	112	59	51
Villa Purificación	221	83	131	7
Tuxcacuesco	149	90	44	15
San Gabriel	148	63	79	6
Tepalpa	144	19	120	5
Tecalitán	105	8	96	1
Tonila	103	29	60	14
Limón, El	82	49	24	9
Sayula	57	-	52	5
Zapotlán El Grande	37	19	14	4
Grullo, El	24	1	23	-
La Huerta	17	12	4	1
Unión de Tula	17	12	4	1
Ameca	15	7	7	1
Cuautilán	15	10	5	-
San Martín Hidalgo	14	8	2	4
Atenguillo	13	6	7	-
Chiquilistlán	13	5	8	-
Mascota	12	9	2	1
Zacoalco de Torres	12	8	4	-
Ejutla	10	8	2	-
Chapala	6	1	5	-
Casimiro Castillo	5	1	3	1
Gómez Farías	5	3	2	-
Tequila	4	-	3	1
Salto, El	3	2	1	-
San Sebastián del Oeste	3	-	3	-
Total en municipios afectados	5,271	1,822	2,895	554

- no se tuvo reporte de daño

También se pudo apreciar un nivel de daño considerable en construcciones de dos niveles. El daño se concentró en la planta baja. Al parecer es una práctica común de los pobladores construir los segundos pisos de sus viviendas sobre muros de adobe o de mampostería simple sin reforzar previamente con elementos de concreto o de acero.

La tendencia actual observada en la construcción de vivienda unifamiliar es el uso de piezas de mampostería (tabique macizo de arcilla recocida) con castillos y dalas de concreto reforzado y sistemas de techos a base de bóveda catalana o losa maciza de concreto armado.

Se visitaron los municipios que presentaron mayores daños. En las siguientes secciones se describe el tipo y distribución de los daños más comunes observados en los distintos tipos de vivienda por municipio visitado.

7.3.1 Autlán de Navarro

El municipio se localiza a 36 km al Suroeste del municipio de Unión de Tula y a 17 km al oeste del municipio de El Grullo.

7.3.1.1 Tipología de vivienda

En la región predominan las viviendas con muros de mampostería simple de arcilla recocida y de adobe. Asimismo, es común el uso de sistemas de techo a base de teja de barro sobre una cuadrícula construida de rollizos de madera apoyados sobre los muros y de techumbres resueltas con bóveda catalana.

Como en la mayoría de los municipios colindantes con Autlán de Navarro se tiene la práctica de construir bardas de adobe y de mampostería de barro recocido sin refuerzo a momento fuera de su plano, es decir, mampostería simple. Sin embargo, ya comienza a utilizarse la mampostería confinada con elementos de concreto reforzado (castillos y dalas). Desafortunadamente, no se refuerzan las aberturas en puertas y ventanas.

7.3.1.2 Daños observados

Durante la visita no se observó daño severo, tal como agrietamiento o separación de muros en las esquinas de las viviendas, construidas a base de muros de adobe y de mampostería simple de barro recocida (Fig. 7.65). La mayoría de las viviendas con daño severo, presentaron colapso parcial o total de muros y techos, también se apreció agrietamiento previo al sismo de Tecomán, así como un gran deterioro por falta de mantenimiento, a tal grado que en algunos muros habían crecido algunas hierbas (Fig. 7.66).

Se pudo observar que el movimiento del sismo provocó el corrimiento de los rollizos de madera que soportaban el sistema de techo a base de tejas de barro o de bóveda catalana. Incluso, en varios casos, provocó, el colapso total de la techumbre y el desprendimiento de las esquinas y elementos de apoyo de los rollizos (Fig. 7.67).



Figura 7.65 *Caída de teja en la periferia del sistema de techo, agrietamiento de muros y pedida de recubrimiento en construcciones relativamente antiguas sin mantenimiento*



Figura 7.66 *Corrimiento de los rollizos de madera que soportaban el sistema de techo y colapso total de la techumbre*



Figura 7.67 *Agrietamiento vertical en esquinas de muros de mampostería por ausencia de elementos que los ligan a muros transversales*

En una de las viviendas visitadas el sistema de techo estaba resuelto a base tejas de barro sobre de viguetas prefabricadas de concreto reforzado, algunas de las cuales presentaban grietas por flexión al centro del claro. Sin embargo, no se pudo precisar si se deben a la carga que transmite el sistema de techo o bien a un daño sufrido durante su colocación (Fig. 7.68).



Figura 7.68 *Agrietamiento por flexión en viguetas de concreto reforzado que soportan la tejas de barro*

7.3.2 Cocula

La ciudad de Cocula se encuentra a 64 km de la Ciudad de Guadalajara, Jalisco, en dirección Suroeste, y a 21 km del municipio de Villa Corona. Es una de las más importantes del estado por su relevancia en musical, el mariachi, que forma parte del folclor jalisciense. El nombre de Cocula se deriva de la lengua coca que a su vez deriva del Náhuatl: De Cocolli o Dios del Fuego y de la Tierra, y de la terminación "Tlan" que quiere decir lugar.

7.3.2.1 Tipología de la vivienda

Predominan las construcciones antiguas, construidas hace más de tres décadas, cuyas características son:

- Muros: adobe con recubrimiento de mortero (en la zona se conoce con el nombre de enjarre) y mampostería simple de arcilla recocida.
- Techos: predomina las cubiertas de teja sobre un bastidor de madera y las cubiertas a base de bóveda catalana.
- Número de niveles: predomina las viviendas unifamiliares de un sólo nivel, con alturas de entrepiso del orden de 3 m.

Existe la tendencia en las nuevas construcciones del uso de la mampostería confinada.

7.3.2.2 Daños observados

Daños menores: Agrietamiento en algunos muros de adobe y mampostería simple de viviendas relativamente antiguas y en algunas bardas.

El agrietamiento en los muros de mampostería simple y adobe se presenta como consecuencia de su escasa resistencia ante fuerzas laterales. El tipo de agrietamiento predominante fue por asentamientos diferenciales en las edificaciones (Figs. 7.69 y 7.70).