

CAPÍTULO 7

ESCUELAS E INSTITUCIONES EDUCATIVAS

7.1 INTRODUCCIÓN

Es frecuente que, después de la ocurrencia de sismos moderados e intensos, las escuelas e instituciones educativas sean empleadas como albergues temporales, centros de reunión y de información. Por la razón anterior y por la importancia intrínseca que tienen estas estructuras al alojar niños y jóvenes se consideran en los reglamentos de construcción como edificaciones que requieren condiciones de seguridad superiores a las normales; por ello se realizaron visitas a diversas edificaciones de este tipo en seis poblaciones. En general, se atendió a los informes recibidos por las diferentes coordinaciones de protección civil.

Se visitaron escuelas en Atlixco, Chapulco, Heroica Puebla de Zaragoza, San Mateo Ozolco, Santa María la Alta y Tecamachalco. Los daños observados van desde los no estructurales hasta aquellos que provocaron la evacuación de inmuebles.

7.2 ATLIXCO

7.2.1 Introducción

Durante la visita a Atlixco, se contó con el apoyo de la Coordinación Municipal de Protección Civil, que sugirió la asistencia a los lugares que habían exhibido mayores daños. De acuerdo con la propuesta de la Coordinación, se realizó un recorrido que comprendió cuatro instituciones: la Escuela Primaria Ignacio Zaragoza, el Jardín de Niños Los Ángeles, la Escuela Secundaria Gabino Barreda y la Escuela Secundaria Melchor Ocampo.

7.2.2 Escuela Primaria Ignacio Zaragoza

Esta escuela se localiza en la parte nororiental de la ciudad de Atlixco, en la colonia Los Ángeles. El predio que ocupa es aproximadamente cuadrado, de unos 35 m de frente por 30 de fondo. El frente del predio está orientado sensiblemente en dirección NE-SO. El conjunto está formado por cuatro cuerpos, tres de ellos de un solo nivel y el restante de dos. Los tres cuerpos de un nivel alojan salones de 6 m de anchura y 7 m de longitud. La altura de entrepiso es de alrededor de 3 m.

La estructura de los salones fue resuelta mediante muros de mampostería confinada por castillos de concreto reforzado de sección cuadrada de 15 cm por lado. El sistema de techo, a dos aguas, es una losa de concreto apoyada en una retícula ortogonal de perfiles de acero tipo montén. Los perfiles empleados están soldados en las puntas de las alas para formar secciones rectangulares huecas de 15 cm de anchura por 20 cm de peralte.

En el recorrido efectuado por el conjunto no se observó daño estructural alguno. La seguridad estructural de los inmuebles no se encuentra comprometida. Los daños reportados por profesores y padres de familia se limitaron a agrietamientos en muros y losas a lo largo de conductos eléctricos. Los primeros pudieron ser causados por un recubrimiento insuficiente en muros y losas, mientras que los segundos se pudieron asociar con un mantenimiento deficiente y la existencia previa de filtraciones y humedades.

Se recomienda dar inicio o continuar, en su caso, un programa integral de mantenimiento que permita recuperar las condiciones originales de la escuela. Una vez corregidas las humedades y filtraciones, los agrietamientos observados se pueden reparar localmente mediante el retiro de los recubrimientos y la colocación de un repellado de mortero.

7.2.3 Jardín de Niños Los Ángeles

A espaldas de la Escuela Primaria Ignacio Zaragoza, sobre la calle Gardenias, se encuentra el Jardín de Niños Los Ángeles. Esta institución ocupa un predio de planta rectangular en el que se encuentran tres cuerpos independientes de un nivel. Los distintos cuerpos tienen diferente fecha de construcción y geometría en planta. De acuerdo con los profesores, el inmueble podría tener entre 12 y 16 años. El cuerpo más grande y antiguo tiene cuatro salones (fig. 7.1). Los dos cuerpos restantes están formados por un solo salón y se construyeron después (fig. 7.2). El cuerpo más moderno tiene menos de dos años de construido y se encontró desocupado al momento de la visita. A decir de profesores e intendentes, no se ha utilizado por problemas de humedad en la losa. Ninguno de los cuerpos mostró signos de daño estructural por el sismo de Tehuacán.



Figuras 7.1 y 7.2 - Vista general de dos de los cuerpos del Jardín de Niños Los Ángeles

Los daños observados se limitan a grietas pequeñas en losas que no ponen en riesgo la estabilidad de la estructura. Se registraron agrietamientos que coinciden con la traza de conductos eléctricos de lámparas, probablemente debidos a un recubrimiento insuficiente. Adicionalmente, se observaron grietas en losas que van del centro de las mismas hacia las trabes perimetrales, sin alcanzarlas. Por su tamaño y disposición, estas grietas parecen ser producto de la contracción del concreto, cuya anchura pudo acentuarse por deficiencias en el mantenimiento de los inmuebles. Efectivamente, se observaron algunas manchas debidas a humedad y filtraciones en las losas.

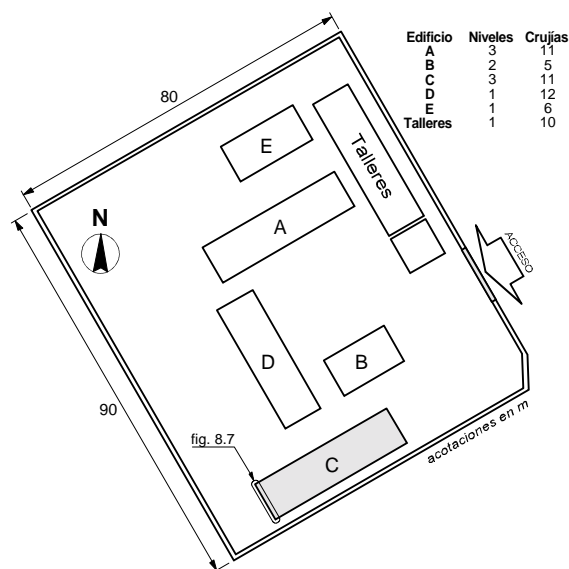


Figura 7.3 - Detalle de la losa de uno de los cuerpos

Es importante destacar que el cuerpo de más reciente construcción mostró grietas y deformaciones relacionados con deficiencias constructivas. Como se puede observar en un primer plano de la fig. 7.3, el centro de la losa presenta una flecha inadmisibles. Como no se aprecian grietas por flexión, se puede suponer que hubo problemas con el soporte de la cimbra durante el colado. Resulta preocupante observar que, por defectos constructivos, una edificación moderna destinada a escuela se encuentre desocupada.

7.2.4 Escuela Secundaria Gabino Barreda

El complejo está ubicado en el extremo norte de la unidad habitacional del Infonavit de Atlixco. Fue construido en 1982. Consta de seis edificios con diferente número de niveles (figs. 7.4 y 7.5). Los edificios están construidos a base de marcos de concreto reforzado en ambas direcciones. Las dimensiones de las columnas son diferentes según el edificio de que se trate. En los de un nivel, las columnas miden 40x25 cm; mientras que en los restantes miden 45x30 cm. En todos los casos, las trabes son de 30x55 cm. En la dirección corta, como es común en este tipo de inmuebles, las aulas están separadas por muros diafragma de tabique de barro extruido del tipo doble-hueco. En la dirección larga de los edificios, se cuenta con antepechos de tabique de barro extruido y ventanería. No se logró determinar si los muros y antepechos de mampostería están reforzados interiormente.



Figuras 7.4 y 7.5 - Planta general y vista de los cuerpos A y D de la Escuela Secundaria Gabino Barreda

De acuerdo con el reporte del director del plantel, los daños se concentraron en el edificio C, en la parte central del edificio A y en el de talleres. En la fig. 7.6 se muestra esquemáticamente la localización del daño en la planta y la elevación del edificio C. Las plantas y elevaciones de los edificios restantes son similares a las de dicha figura.

El daño en el cuerpo C se evidenció en el muro diafragma del tercer piso del marco extremo, que mostró signos de movimiento significativo fuera de plano (fig. 7.7). Esto se debe a la falta de restricción del movimiento fuera del plano de dichos muros con relación a la estructura principal (columnas y trabes). Recuérdese que el muro de la fig. 7.7 tiene 7 m de longitud. Dado el tipo de desplazamiento es probable que el muro no cuente con castillos ahogados intermedios, o bien que su número sea insuficiente. El muro no colapsó dado que la última hilada se vio restringida por la cara inferior de la viga. El muro quedó deformado, sin exhibir grietas, con convexidad horizontal y vertical.

El daño observado en el edificio B y en el edificio de talleres, se limitó a pequeñas fisuras en losas y trabes. En ambos casos, el agrietamiento se pudo deber al desarrollo de fisuras previas provocadas por la contracción del concreto. En el caso particular del edificio de talleres, algunas trabes en la dirección corta mostraron fisuras aproximadamente verticales que coincidían con la traza de los estribos. La falta de recubrimiento pudo ser la causa de la aparición de estos agrietamientos. Lo inusual del patrón de fisuramiento es su aparición en la parte superior de la viga, aun al centro del claro (agrietamiento esperado en zonas de momento negativo, es decir, con las fibras superiores sujetas a tensión). Se especula que se deba a aceleraciones verticales de magnitud no despreciable. Sin embargo, debido a la ausencia de registros en la zona, el fenómeno anterior es mera hipótesis.

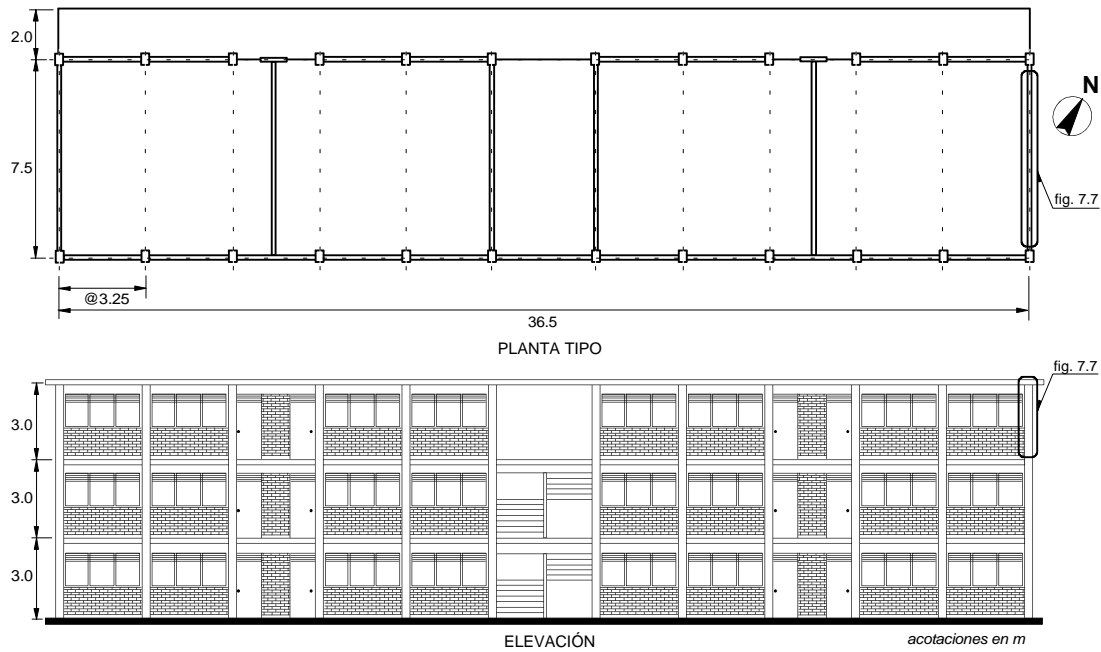


Figura 7.6 - Planta y elevación del edificio C

La estabilidad de los edificios no se ve comprometida en ningún caso. Se recomienda la reparación del muro extremo del edificio C volviéndolo a colocar a plomo (sin necesidad de demolición y reconstrucción) y fijándolo mediante conectores metálicos en forma de ángulo a la trabe correspondiente, con objeto de evitar problemas posteriores de volteo fuera del plano. La misma precaución se deberá tomar en los muros restantes de dicho edificio y los del conjunto. Los agrietamientos de trabes y losas no merecen ningún tratamiento especial. Se recomienda hacer un levantamiento de la localización y anchura de dichos agrietamientos con objeto de estudiar su evolución en el tiempo y decidir sobre su posible reparación.

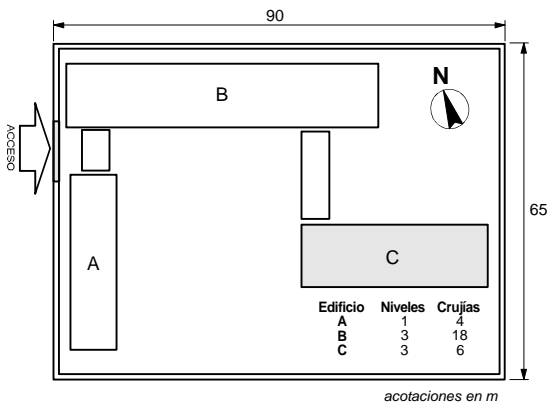
7.2.5 Escuela Secundaria Melchor Ocampo

Esta escuela se localiza en la calle 2 Sur, entre la 23 y 25 Oriente, en la parte sur de la ciudad de Atlixco. Es un conjunto de tres edificios construido hace 33 años. De acuerdo con los profesores y personal administrativo que acompañaron el recorrido y con algunas observaciones hechas en las columnas de uno de los edificios, la estructura pudo haber tenido daño en el sismo de 1973. Uno de los edificios tiene cuatro niveles y otro tres; están conectados entre sí mediante un puente de escaleras. El tercero es de un solo nivel y alberga las oficinas administrativas. En las figs. 7.8 y 7.9 se muestran la planta general y una vista de la Secundaria Melchor Ocampo.



Figura 7.7 - Detalle del movimiento fuera del plano del muro extremo del edificio C

Los tres edificios y los cubos de escaleras están estructurados a base de columnas y losas planas de concreto reforzado. Al igual que en otras escuelas, en la dirección corta de los edificios se construyeron muros divisorios de bloque de arcilla para formar las aulas. En la dirección larga, las fachadas de los edificios cuentan con antepechos de bloque de arcilla extruída de alrededor de 1 m de altura, ventanería y aberturas para puertas (fig. 7.10). Con excepción del edificio A, donde los claros entre columnas son de 4.5 m, las crujías miden 6 m.



Figuras 7.8 y 7.9 - Planta general y vista del cuerpo B de la Escuela Secundaria Melchor Ocampo

Las columnas del edificio B miden 20x40 cm, mientras que las del edificio C son de 25x40 cm. En los cuerpos B y C, así como en las dos torres de escaleras, la mayor dimensión de las columnas está orientada en la dirección corta de los mismos, conservando sus dimensiones en toda la altura. Todas las losas son de 40 cm de peralte. No se conoce si la losa es aligerada. No se logró determinar el tipo ni características de la cimentación de los edificios. En la fig. 7.11 se muestran esquemas de la planta y de las fachadas del cuerpo C. Una vista panorámica de este cuerpo se muestra en la fig. 7.12. El cuerpo B tiene una distribución similar a la mostrada en la fig. 7.11.



Figura 7.10 - Vista de un salón tipo del cuerpo C

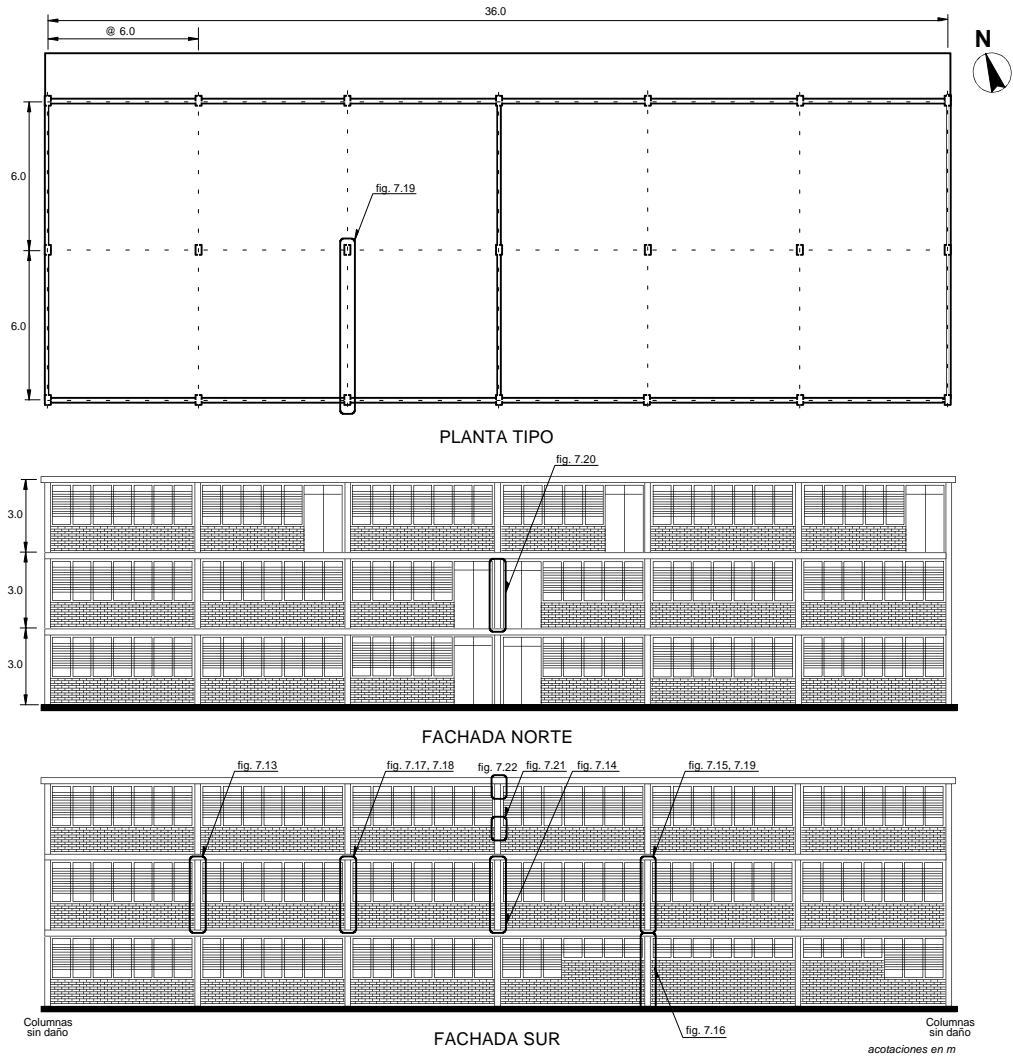


Figura 7.11 - Planta y elevación del cuerpo C

Durante el recorrido, se observó que el daño se concentró en el segundo y tercer niveles del edificio C y en la junta del puente de escaleras que lo conecta con el edificio B. La concentración del daño en sólo dos de los niveles del edificio C podría explicarse por un cambio en la resistencia del concreto empleado durante la construcción. Por la magnitud del daño, el edificio C fue evacuado por decisión de las autoridades administrativas. Los cuerpos restantes, que no mostraron daño evidente, continuaban en operación al momento de la visita. En la fig. 7.11 se destacan algunos puntos de la estructura que exhibieron daño.



Figura 7.12 - Fachada sur del edificio C

El daño típico del edificio C fueron grietas inclinadas en la mitad superior de las columnas. En las figs. 7.13, a 7.16 se muestran detalles del agrietamiento inclinado que, en general, apareció en las columnas del segundo nivel. El daño es característico de elementos de concreto reforzado con una capacidad deficiente al corte y con deterioro de adherencia. El primero es claro por el agrietamiento inclinado, mientras que el segundo lo es por el fisuramiento vertical coincidente con la ubicación del refuerzo longitudinal de las columnas. De acuerdo con las dimensiones medidas, en la dirección del daño (dirección EO o larga), la relación altura libre-peralte de las columnas fue de 7. Es decir, el comportamiento esperado no estaba regido por corte como en columnas cortas con relación menor o igual que 5. Es posible que la presencia de los antepechos de bloque de arcilla, que confinan la parte inferior de las columnas, provocara un incremento en la demanda de corte de las mismas. Esto, junto con la reducida capacidad al corte, produjo la falla registrada. El confinamiento lateral adicional con que cuenta la región inferior de las columnas evita que se presenten daños, como es evidente en las figs. 7.13 a 7.16.



Figuras 7.13 y 7.14 - Detalle del daño en columnas del cuerpo C (fachada sur)



Figuras 7.15 y 7.16 - Detalle del daño en columnas del cuerpo C (fachada sur)

En la cara interior de una de las columnas del segundo nivel del edificio C se observaron grietas inclinadas y verticales a lo largo del refuerzo de hasta 1.5 cm de anchura (figs. 7.17 y 7.18). En esta columna se observaron barras de refuerzo longitudinal del no. 6 en las esquinas y refuerzo transversal consistente en estribos de alambroón liso de 6.4 mm de diámetro espaciados 20 cm, aparentemente en toda la altura. El recubrimiento del núcleo de concreto fue de alrededor de 3 cm. La inspección visual permite suponer que el concreto empleado fue de buena calidad.



Figuras 7.17 y 7.18 - Detalle del daño en una columna del cuerpo C (fachada sur)

En contraste con el daño observado en las columnas de fachada, aquéllas ubicadas en el eje longitudinal intermedio del edificio C (primer plano de la fig. 7.19), o bien no confinadas por antepechos de bloque de arcilla (fig. 7.20), no mostraron agrietamiento alguno. Esta observación refuerza la hipótesis de que las demandas de corte fueron mayores por el arriostamiento de los antepechos.



Figuras 7.19 y 7.20 - Columnas del cuerpo C sin confinamiento lateral

Adicionalmente, se observaron agrietamientos por flexión a media altura de las columnas de la fachada sur (fig. 7.21) y por flexión-cortante en algunos puntos de las losas del tercer nivel (fig. 7.22). El giro de la columna con respecto a la losa produjo demandas de flexión y corte que concentraron el daño en la región de la conexión (fig. 7.22).



Figuras 7.21 y 7.22 - Grietas de flexión y daño por punzonamiento en losas del cuerpo C

En algunas de las columnas fue posible la medición de la anchura de grietas. Las correspondientes a flexión oscilaron entre 0.08 y 0.4 mm, mientras que las de corte alcanzaron los 2 cm. El tamaño de estos agrietamientos sugiere la reparación del daño mediante inyección de resinas, así como el encamisado mediante elementos de acero o concreto, una vez apuntalado el edificio. Se deberá evaluar la conveniencia de limitar las distorsiones de entrepiso a través de elementos más rígidos.

Durante el recorrido se observaron algunos defectos constructivos como la falta de concreto o lechada en castillos interiores de muros divisorios de mampostería de bloque hueco (fig. 7.23) o defectos de mantenimiento (fig. 7.24) que acentuaron el daño. Un ejemplo de esto son las regiones vecinas a las juntas entre el edificio B y las torres de escaleras que mostraban evidencia de haber sido reparadas en diferentes ocasiones, siempre cerrando la abertura de la junta mediante relleno de morteros, en lugar de limpiar la junta para permitir los desplazamientos horizontales de los cuerpos libremente y protegerla de posibles filtraciones.



Figuras 7.23 y 7.24 - Castillo interno sin rellenar y falta de mantenimiento en una de las torres de escaleras

Con objeto de hacer un análisis aproximado de las demandas a que estuvo sujeto el cuerpo C, se calculó la capacidad a corte de las columnas. Se consideraron dos casos: las columnas con mayor daño en las que se puede suponer que trabajaron tanto el concreto como el acero (mayoría de la fachada sur) y las columnas con escaso agrietamiento en las que se puede suponer sólo la contribución del concreto. Empleando las expresiones de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (DDF, 1996), suponiendo resistencias a compresión del concreto f'_c de 200 y de 250 kg/cm², y que el refuerzo observado en una de las columnas es igual en el resto, se calcularon las resistencias a corte de los dos casos establecidos.

La tabla 7.1 resume los cálculos efectuados. Los valores de las columnas referentes a $V_{resistente}$ se calcularon considerando que, en los entrepisos 1 y 3, todas las columnas contribuyen a la resistencia a corte sólo con la participación del concreto. En el segundo entrepiso, se consideró que cinco columnas de la fachada sur contribuyeron con la resistencia del concreto y del refuerzo transversal mientras que en el resto sólo contribuyó el concreto a través de su resistencia a tensión diagonal. En la tabla 7.1 se incluyen los coeficientes sísmicos calculados para los dos casos de resistencia del concreto considerados. Se observa que los coeficientes sísmicos obtenidos son muy semejantes entre sí para los dos casos de resistencia de concreto considerados. Es de notar que los coeficientes se reducen prácticamente en 50% al bajar un nivel en la estructura.

Tabla 7.1 - Resistencias a corte y coeficientes sísmicos del cuerpo C

Entrepiso	W carga muerta, t	W carga viva, t	W total, t	V resistente (200), t	V resistente (250), t	c (200)	c (250)
3	493	35	528	121	136	0.23	0.26
2	1009	161	1170	148	162	0.12	0.13
1	1524	287	1811	121	136	0.07	0.07

De acuerdo con los cálculos de la tabla 7.1, se esperaría que el daño se concentrará en el primer entrepiso; sin embargo, no sucedió así. Aún más, considerando distribuciones de fuerza cortante de entrepiso constante o en triángulo invertido, el mayor cortante se concentra en la planta baja. Una causa probable de la discrepancia anterior podría ser, como ya se dijo, un cambio en las propiedades mecánicas de los materiales empleados en la construcción. Por otro lado, en este análisis se considera que la contribución de los elementos

a resistir cargas laterales es sólo función de su resistencia al corte. Sin embargo, la existencia de elementos con comportamiento elástico lineal sugiere la necesidad de un análisis detallado de la capacidad del edificio C ante cargas laterales y gravitacionales considerando sus rigideces relativas. Para ello se deberá tomar en cuenta la resistencia real de los materiales obtenida mediante calas y la verificación de los armados en las columnas.

7.3 CHAPULCO

7.3.1 Escuela Primaria José María Morelos y Pavón

La escuela se encuentra ubicada en el costado norte de la Iglesia de Chapulco. Consta de tres cuerpos independientes de un solo nivel. Según se informó, uno de los cuerpos está destinado a las oficinas de la escuela y los restantes a las aulas. Los cuerpos fueron construidos en dos etapas; en la primera, se construyeron las oficinas y el cuerpo del norte, mientras que en una segunda etapa el cuerpo sur.

Todos los edificios están contruidos a base de muros diafragma de mampostería de tabique de barro recocido dentro de marcos de concreto reforzado. En la dirección corta, los muros cabeceros y divisorios de las aulas rellenan la crujía del marco completamente, sin holgura entre ellos y el marco. En la dirección larga, los muros cubren parcialmente las crujías para permitir la colocación de ventanas y puertas.

Los daños que se encontraron en esta escuela son básicamente la rotura de casi todos los vidrios de unos de los cuerpos, además del agrietamiento horizontal de una de las columnas (fig. 7.25). Se piensa que la rotura de los vidrios se generó por una mala fijación, ya que no se encontraron deformaciones permanentes en la cancelería de fierro ni en los elementos estructurales. No se encontraron problemas de *columna corta*, ni agrietamientos en ninguno de los elementos restantes.



Figura 7.25 - Vista lateral de la Escuela Primaria José María Morelos y Pavón, observándose la rotura de vidrios

En la colindancia poniente de uno de los cuerpos de aulas, existe un muro de adobe de 4 m de altura y 7 m de longitud aproximadamente, que perteneció a una construcción del siglo XVII y que por el intemperismo que ha sido objeto, así como por eventos sísmicos, se encuentra en riesgo de derrumbe. El derrumbe de parte o todo el muro afectaría seriamente las aulas. Aún más pone en riesgo la seguridad de los educandos.

Por lo anterior, se considera que la estabilidad de los cuerpos de la escuela no se encuentra en riesgo. Sin embargo, se deben tomar las medidas necesarias para la estabilización y arriostramiento del muro descrito.

7.4 HEROICA PUEBLA DE ZARAGOZA

7.4.1 Introducción

La única edificación empleada para educación que se visitó en la ciudad de Puebla fue la Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Sólo uno de los edificios del conjunto resultó dañado. Alrededor de una semana después del sismo se completó su demolición.

7.4.2 Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Se revisó el edificio de aulas de la Facultad de Medicina de la BUAP que experimentó daños estructurales de consideración. El edificio constaba de planta baja y tres pisos, así como de cinco crujiás en la dirección larga. El edificio estaba estructurado a base de marcos viga-columna de concreto reforzado en la dirección corta y de marcos losa-columna en la dirección larga. Como es costumbre en edificaciones para docencia, las aulas estaban separadas por muros diafragma, en este caso hechos con bloques de cemento. En la dirección larga, en la fachada que colinda con la calle, los marcos estaban parcialmente cerrados mediante muros diafragma de mampostería; estos muros eran interrumpidos en la altura para permitir la ventilación de los salones.

Análogamente, en la fachada larga del interior, los marcos estaban parcialmente rellenos con muros diafragma que se interrumpen en su altura y longitud (antepechos) para permitir la ventilación y acceso a los salones de clase. Las aulas estaban intercomunicadas en cada planta mediante pasillos que estructuralmente estaban en voladizo y que estaban apoyados en las columnas del marco longitudinal interior. Una peculiaridad de este edificio es la inclinación de parte del sistema de piso con respecto a la horizontal. Con objeto de producir un escalonamiento de las butacas y mesa bancos, la losa de piso está inclinada. Esta particularidad se presenta también en la planta baja, en donde se tiene una plataforma inclinada construida sobre el piso a nivel de calle.

Los daños más importantes se presentaron en las columnas de la planta baja del marco interior. Las columnas exhibieron articulaciones plásticas por flexión con severo deterioro de corte (fig. 7.26), así como grietas por corte en media altura (fig. 7.27). Los estribos de alambrozón de 6.4 mm de diámetro estaban separados a cada 300 mm, como era costumbre en la práctica de diseño de hace algunas décadas. El recubrimiento de las columnas era menor de que actualmente se exige; la calidad del concreto no era la adecuada para estructuras de esta importancia.

Debido al acortamiento de las columnas, el edificio se asentó diferencialmente, provocando agrietamientos de flexión en las losas donde el asentamiento diferencial era mayor (fig. 7.28), así como fisuras en columnas y trabes. Al momento de la visita, según se informó, la estructura se había asentado más, ya que nunca se tomó la decisión de apuntalarlo después del sismo. Los muros diafragma en la dirección corta exhibieron agrietamiento horizontal e inclinado. Cuando se realizó la visita, se había iniciado la demolición de algunos muros de fachada en la dirección larga (fig. 7.29). El edificio fue totalmente demolido el viernes 18 de junio según una fotografía publicada en la primera plana de El Sol de México del sábado 19 de junio.

El nivel de daño de la estructura, concentrado casi en la planta baja, no era suficiente para justificar la demolición del inmueble. Como fue expresado en su oportunidad durante la visita del jueves 17 al Director de la Facultad de Medicina, técnicamente el edificio podía ser rehabilitado. Se comentó las varias experiencias con problemas similares en la ciudad de México a raíz de los sismos de 1985.

Como en cualquier rehabilitación, se recomendó la determinación del costo de demolición y construcción de un nuevo edificio para ser comparado contra el costo de rehabilitación (reparación y refuerzo). Este ejercicio no había sido realizado a la fecha de la visita y, de hecho, su realización no era contemplada. Se indicó que si bien en la decisión de rehabilitar intervienen otros factores, como lo son el estético y económico, es determinante considerar la factibilidad técnica de llevar a cabo la rehabilitación.



Figura 7.26 y 7.27 - Articulaciones plásticas y falla por corte de las columnas de planta baja

Mientras lo anterior se hacía, se señaló la necesidad de apuntalar el edificio. Finalmente, se recomendó revisar la seguridad estructural de los otros edificios que, aunque no exhibieron daños estructurales y son más modernos, están estructurados de manera similar al edificio dañado.

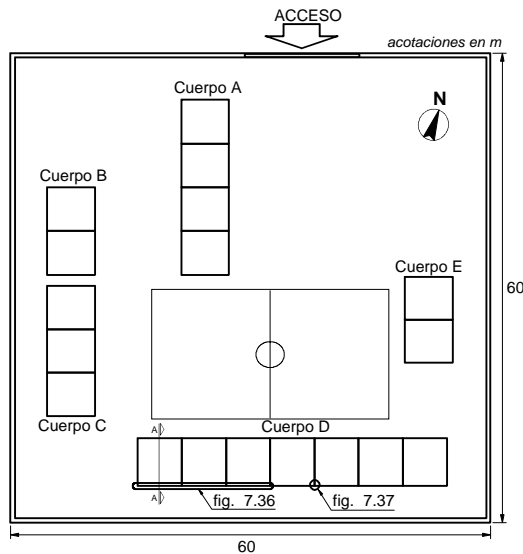


Figuras 7.28 y 7.29 - Agrietamiento de losas por flexión y demolición de muros de fachada

7.5 SAN MATEO OZOLCO

7.5.1 Escuela Primaria Rural Federal Miguel Negrete

La escuela se encuentra ubicada en el no. 4 de la calle Reforma, en un predio aproximadamente cuadrado de 60 m de lado (figs. 7.30 y 7.31). La escuela colinda hacia el oriente con el Edificio de Gobierno del poblado y consta de cinco cuerpos de un piso. Fue inaugurada el 7 de diciembre de 1992. Los cuerpos albergan un total de 18 aulas y oficinas.

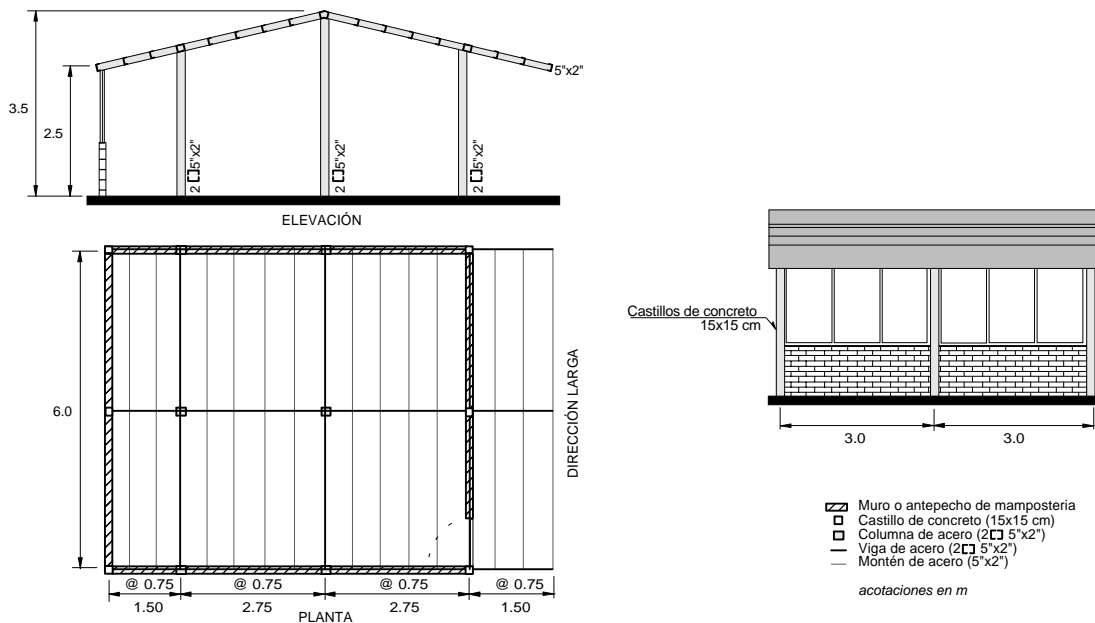


Figuras 7.30 y 7.31- Planta general y vista panorámica del cuerpo D de la Escuela Primaria Rural Federal Miguel Negrete

En los cuerpos B, C y E, estructurados a base de marcos de concreto, las aulas miden 6 m en la dirección corta del edificio y 4 m en la dirección larga. En los cuerpos A y D, la estructura está resuelta con marcos de acero con muros diafragma de mampostería de barro recocido en la dirección corta. Las dimensiones de los marcos del cuerpo D se presentan en las figs. 7.32 y 7.33. La estructura metálica consiste en perfiles metálicos tipo montén con las dimensiones indicadas en la fig. 7.33.

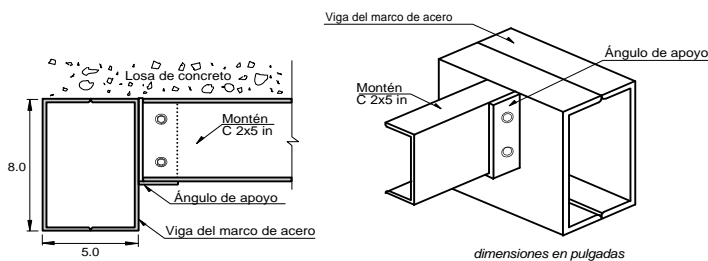
La losa de techo es de concreto reforzado con un enladrillado en su cara superior, apoyada en una parrilla de perfiles metálicos que se extienden en el sentido largo del edificio y que se apoyan, a su vez, en las vigas de los marcos de acero. Estos perfiles también son tipo montén y están espaciados 75 cm. El apoyo de los montenes longitudinales a las vigas de los marcos metálicos se logra mediante un ángulo metálico corto soldado al alma de las vigas longitudinales (fig. 7.34). La conexión se logra mediante tornillos y tuercas. Las almas de la mayoría de los montenes longitudinales están conectadas transversalmente mediante redondos de acero con cuerda y tuercas en los extremos (fig. 7.35).

Durante la visita se advirtió daño ligero en la estructura de los cuerpos. Fue evidente la falta de tornillos y tuercas en varias conexiones viga-montén secundario; incluso se apreció la rotación ligera del patín inferior del montén con respecto a su eje longitudinal (torsión). Es recomendable la colocación de los tornillos faltantes para prevenir daño en futuros eventos sísmicos. Como se aprecia en la fig. 7.36, el muro posterior de los salones del cuerpo D corresponde con el alero del techo de dos aguas. Los muros son del tipo diafragma que rellenan parcialmente la crujía para permitir la ventilación. Los muros están confinados verticalmente con castillos de concreto que coinciden con los ejes de los marcos metálicos. Están presumiblemente anclados en su base y, deficientemente en su parte superior, a la techumbre metálica mediante barrenos (fig. 7.37).



Figuras 7.32 y 7.33 - Dimensiones y vista posterior de una aula tipo del cuerpo D

Fue claro el daño por flexocortante en los extremos de los castillos; incluso, el deterioro se extendió a los muros diafragma perpendiculares en forma de grietas inclinadas. Si bien estos muros confinantes no contribuyen a resistir las demandas sísmicas, sí son elementos que se pueden dañar debido a desplazamientos laterales considerables al estar adosados a los marcos y, son susceptibles de daño y reparación frecuente después de sismos de similar o mayor intensidad. Se sugiere revisar la posibilidad de separarlos de la estructura metálica, misma que se supone fue diseñada para resistir las acciones permanentes y accidentales. En este caso, se debe prestar especial atención al diseño y detallado de elementos de sujeción que eviten la falla del muro fuera de su plano y que, simultáneamente, permita los desplazamientos laterales en la dirección larga del edificio.



Figuras 7.34 y 7.35 - Detalle y vista de la conexión entre vigas principales y montenes



Figuras 7.36 y 7.37 - Muro y detalle del anclaje de la techumbre en la fachada sur del cuerpo D

Durante el recorrido fue clara la presencia de ligeras fisuras de flexión en las losas de techo. De acuerdo con testimonios recabados, estas grietas no eran aparentes antes del sismo. No es posible explicar el patrón observado por las demandas horizontales del sismo. Es posible que, ante aceleraciones verticales del terreno de magnitud considerable se hicieran aparentes las fisuras. En algunos casos, las fisuras coinciden con la traza de los tubos o mangueras con cables de suministro eléctrico, así como del refuerzo de la losa. Sin duda, un escaso recubrimiento pudo contribuir a la aparición de este daño. Sin embargo, el tipo y magnitud del fisuramiento no ponen, de manera alguna, en riesgo a la construcción.

Con base en los daños observados y los datos recabados se afirma que la estabilidad de las estructuras no está comprometida. Se sugiere, además de lo ya señalado, procurar un mantenimiento periódico. Un mantenimiento deficiente conduce al deterioro progresivo de los elementos estructurales y al consecuente aumento de la vulnerabilidad.

7.6 SANTA MARÍA LA ALTA

7.6.1 Escuela Primaria Ignacio Allende

Esta es una estructura a base de mampostería de piedra y tabique confinada con elementos de concreto reforzado. Los techos son losas de concreto reforzado. Es un conjunto de edificios de un solo nivel, donde únicamente el edificio denominado Justo Sierra presentó daño, en forma de agrietamiento inclinado, siendo ligero en la dirección larga del edificio, y de nivel medio en la dirección transversal presentando también desprendimiento de mortero de acabado (fig. 7.38). En los demás edificios del conjunto no se observó daño alguno.



Figura 7.38 - Muro dañado en la Escuela Primaria Ignacio Allende

7.7 TECAMACHALCO

7.7.1 Escuela Primaria Miguel Hidalgo y Costilla

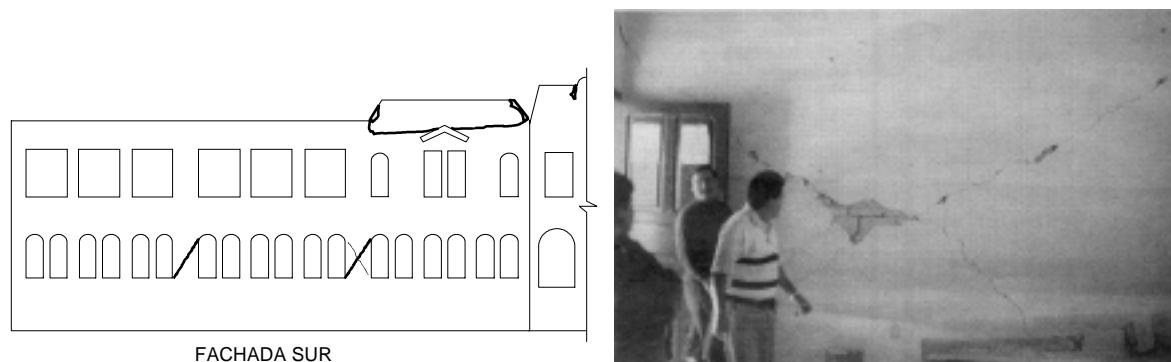
Se ubica en la esquina de la calle Benito Juárez y la calle 7 Poniente, con fachadas abiertas hacia el sur y hacia el este (figs. 7.39 y 7.40). No fue posible acceder al inmueble el día de la visita, pero se revisó externamente y se recibió informes de algunos de los daños interiores. Se trata de un edificio de dos niveles, con ventanas de planta baja con dintel terminado en forma de arco, y algunas ventanas rectangulares en la planta alta. Sobre la entrada principal, en la esquina, se levanta un pretil con almenas y formas decorativas.

La estructura está construida a base de muros de mampostería de piezas de barro rojo. Se desconoce si se trataba de mampostería confinada o simple, pero los muros del pretil de azotea, que fue uno de los daños observados, no mostraban refuerzo alguno. Este pretil sufrió agrietamiento aproximadamente horizontal debido al movimiento fuera de su plano, con pérdida del aplanado. Los muros están recubiertos por aplanado de mortero.



Figuras 7.39 y 7.40 - Croquis de localización y fachada de la Escuela Primaria Miguel Hidalgo y Costilla

Sobre la fachada sur se apreciaron grietas inclinadas en los muros cortos (*mochetas*) que separan los conjuntos de ventanas (fig. 7.41). En algunos diarios locales aparecieron fotografías de agrietamientos inclinados en los muros interiores divisorios de las aulas (fig. 7.42).



Figuras 7.41 y 7.42 - Croquis de grietas en el muro de fachada sur y daño en muros interiores de mampostería