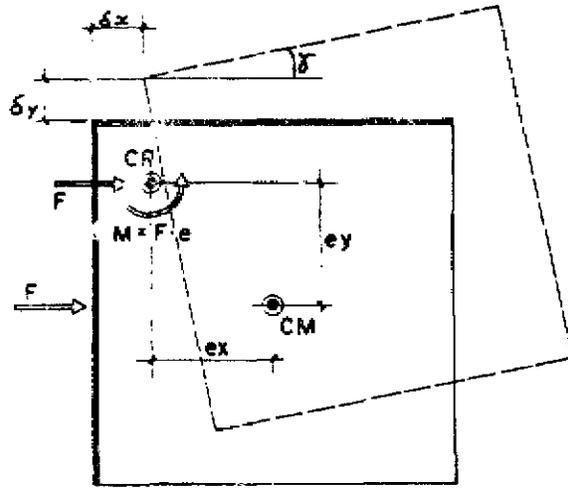


a) DISPOSICION EN PLANTA



b) SISTEMA DE FUERZAS EQUIVALENTE-  
DESPLAZAMIENTO Y ROTACION EN PLANTA

Fig.11 Efecto de torsión en un edificio esquinero - Las paredes de colindancia de mampostería rígida desplazan el centro de rigidez hacia la esquina interior, produciendo gran excentricidad y el efecto nocivo de torsión.

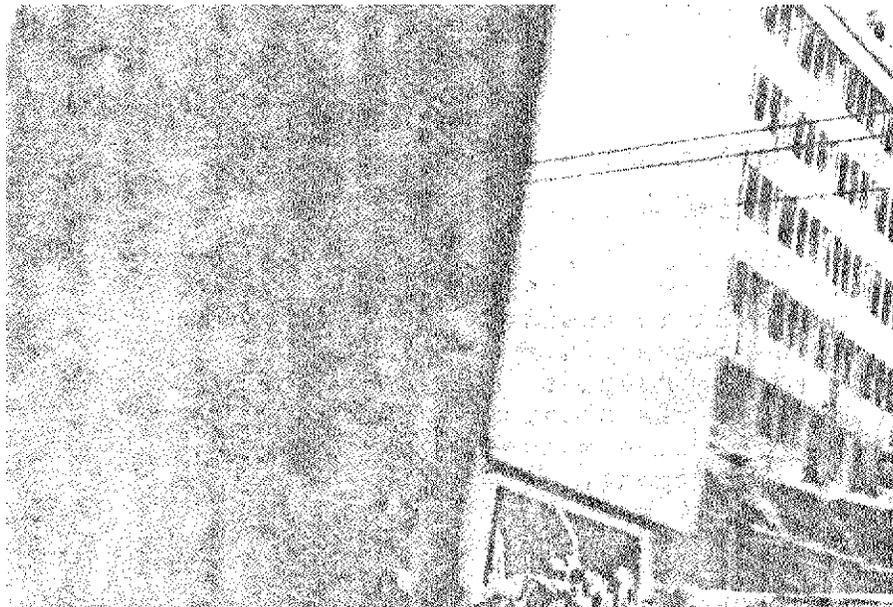


Fig.12 Colapso de un edificio esquinero - Terremoto de San Salvador 1986.

Salvador 1986) se ha observado que los edificios esquineros son más vulnerables a sufrir colapso (Fig.12).

### MOMENTOS DE VOLCAMIENTO

La tabiquería dispuesta en los ejes extremos de un edificio (Fig.13), si está ligada al sistema resistente, debido a su gran rigidez convierte los pórticos extremos en virtuales muros estructurales de corte que absorben la mayor parte de la fuerzas laterales inducidas por sismo. Los momentos de volcamiento resultantes en los ejes correspondientes son tomados por fuerzas axiales en las columnas extremas y pueden conducir a la falla por compresión de los elementos estructurales. Por otro lado, si se discontinúan las paredes de mampostería en alguno de los ejes extremos se inducen en el sistema efectos de torsión que agravan el problema y hacen el edificio extremadamente vulnerable a sufrir daño o colapso durante un sismo.

### DAÑOS SECUNDARIOS EN LA MAMPOSTERIA

La experiencia de eventos sísmicos destructivos ocurridos durante las últimas décadas, ha demostrado que muchos edificios de construcción moderna a base de pórticos flexibles, correctamente diseñados y contruidos de acuerdo con los requisitos del código sísmico, han resistido sismos de alta intensidad con poco o ningún daño estructural; por lo tanto, han sido un éxito desde el punto de vista del ingeniero y diseñador. No obstante, debido a la flexibilidad del sistema resistente y a los grandes desplazamientos laterales, han sufrido cuantiosos daños secundarios en paredes y tabiques de mampostería (Fig.14), en acabados arquitectónicos y en instalaciones electromecánicas, resultando en un fracaso desde el punto de vista del propietario, cuyo inmueble ha quedado inservible y fuera de funcionamiento.

Los daños secundarios más frecuentes y cuantiosos ocasionados por los sismos son los causados a paredes y tabiques de mampostería. Fisuras en el enlucido de mortero, grietas en la tabiquería (Fig.14) y desprendimiento de paredes (Fig.15) representan la mayor parte de las pérdidas económicas ocasionadas por eventos de moderada intensidad y dan lugar al mayor número de reclamos de indemnización que los propietarios presentan a las compañías de seguro después de un siniestro. Daños severos en paredes de mampostería ocasionados por eventos destructivos, han sido la causa para que muchos edificios, sin daño estructural aparente, salgan fuera de operación y deban ser declarados inhabitables (Fig.14 y 15). De aquí la necesidad de adoptar en la concepción y diseño de la obra las medidas tendientes a reducir los daños secundarios, especialmente a la tabiquería, procurando así que la edificación pueda seguir funcionando después de un evento destructivo y para evitarle al propietario cuantiosas pérdidas económicas. La falta de amarre adecuado de la tabiquería ha dado origen al desprendimiento y colapso de

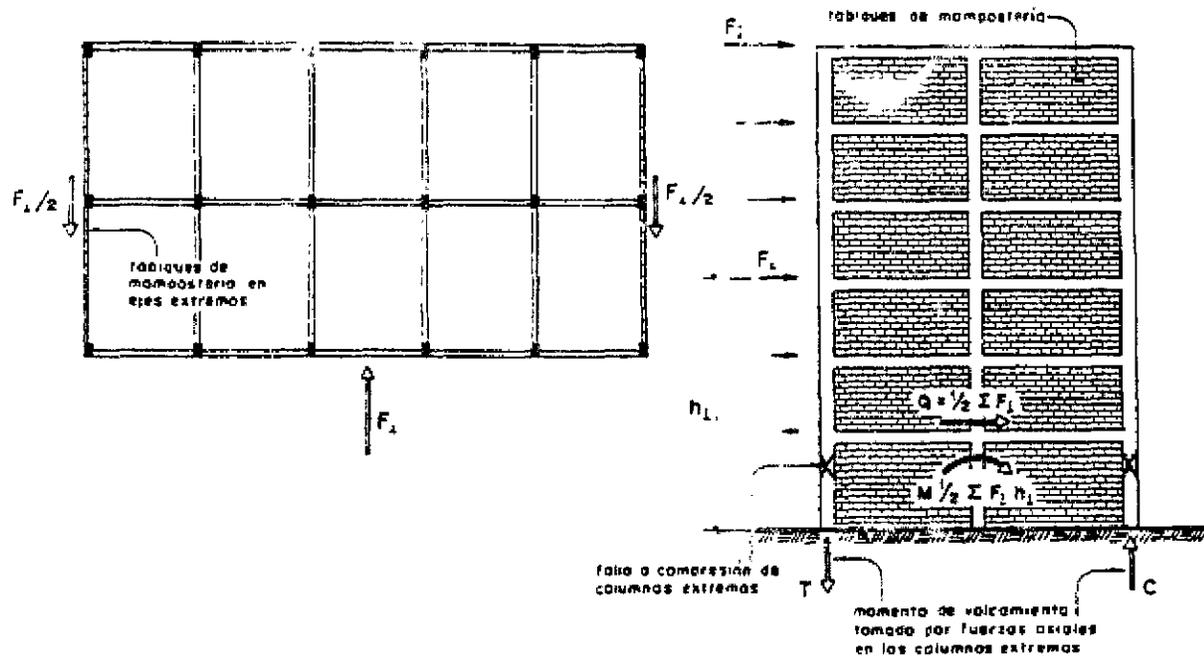


Fig.13 Paredes de mampostería debido a su rigidez, transforman los pórticos extremos en virtuales muros de corte, que atraen las fuerzas laterales. Cargas axiales debido a momentos de volcamiento pueden causar la falla de las columnas

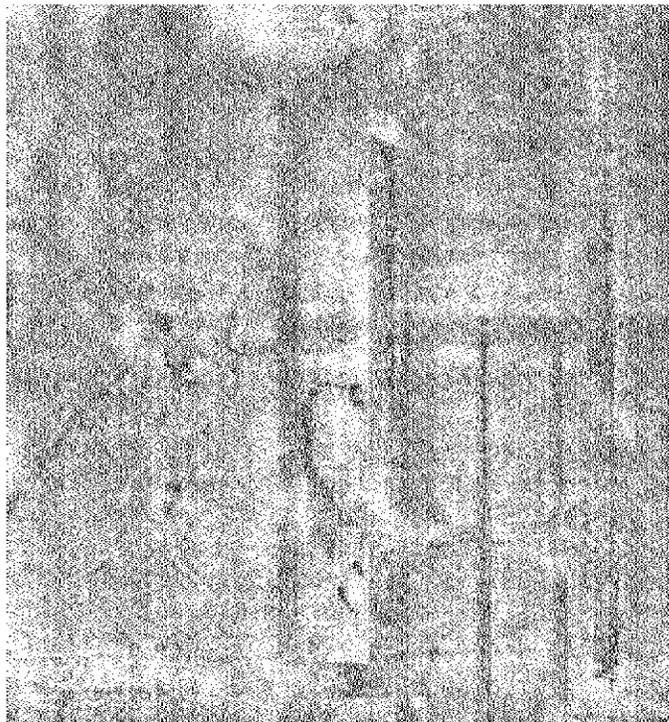


Fig.14 Edificio cuya estructura mostró buen comportamiento durante el terremoto de Managua 1972; no obstante, daños severos a la mampostería y elementos secundarios sacaron fuera de servicio al edificio que quedó inhabitable.



Fig.15 Daños severos y desprendimiento de paredes de mampostería a consecuencia del terremoto de México D.F. 1985.- Los daños a la tabiquería pueden representar pérdidas económicas cuantiosas y sacar un edificio fuera de operación.

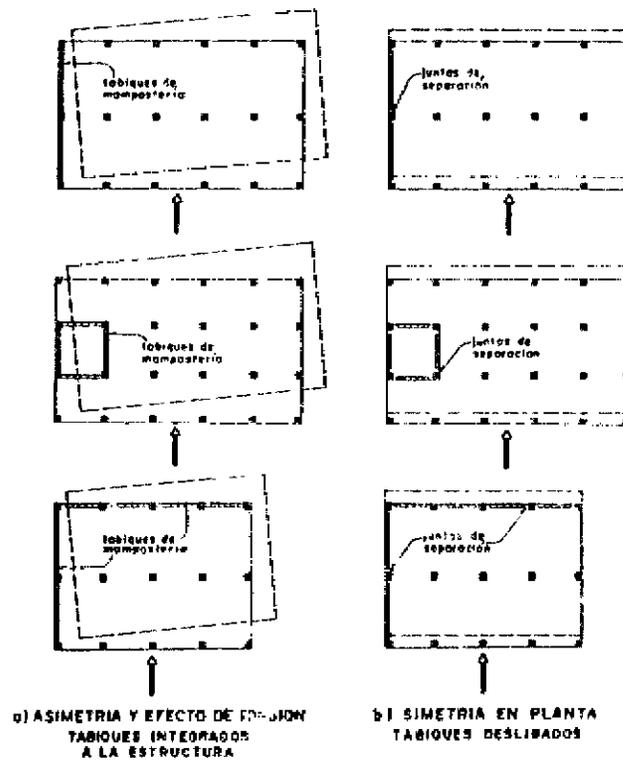


Fig.16 La disposición asimétrica de las paredes de mampostería inducen efectos de torsión, aún en edificios de planta simétrica - Detalles constructivos tendientes a desligar la tabiquería del sistema resistente evitan este efecto.

paredes (Fig.15), por lo cual se debe procurar que las mismas tengan estabilidad lateral en sentido perpendicular a su plano o estén debidamente fijadas a la estructura para evitar que se desprendan.

### MEDIDAS PARA EVITAR DAÑOS A LA MAMPOSTERIA

La elección del sistema resistente a cargas laterales tiene gran incidencia sobre la cuantía de los daños secundarios. Sistemas a base de pórticos flexibles, debido a los grandes desplazamientos relativos, son generalmente más vulnerables a sufrir daños secundarios mayores. En sistemas que incluyen muros estructurales rígidos, los desplazamientos y, por lo tanto, los daños serán menores. La adopción de muros rígidos como parte del sistema resistente representa, pues, un medio eficaz para la reducción de daños en la tabiquería.

La sustitución de las paredes internas por tabiques livianos a base de materiales flexibles, tal como el conocido sistema "muro seco" (dry wall), con perfiles de acero y láminas de yeso o fibrocemento, es también una medida acertada para reducir los daños secundarios en paredes y tabiques, y es recomendada sobre todo en edificios altos. Otro medio para evitar daños secundarios en paredes y tabiques, es separar estos elementos de mampostería de la estructura tendiente a que no interfieran con la deformación y no restrinjan los desplazamientos laterales del sistema resistente. A continuación se describen algunos métodos para desacoplar la tabiquería de la estructura.

### METODOS PARA DESLIGAR LA MAMPOSTERIA

De lo expuesto anteriormente, se concluye que las paredes y tabiques de mampostería, cuando están integrados a la estructura, restringen los desplazamientos laterales, cambian la distribución de rigideces, y modifican el comportamiento sísmico del sistema resistente. Frecuentemente, la tabiquería ejerce un efecto desfavorable sobre el sistema y una disposición irregular de la misma induce durante un sismo efectos torsionales que pueden conducir a la falla de elementos estructurales y al colapso de la edificación.

Por lo tanto, en edificios que incluyen elementos de mampostería caben dos alternativas: 1) Considerar en el análisis la contribución de los elementos rígidos de mampostería en la respuesta del sistema y su influencia en el comportamiento general de la edificación. 2) Para obviar el problema, se deben adoptar medidas constructivas adecuadas para desligar en forma efectiva la tabiquería del sistema resistente, asegurando que el mismo se comporte como lo predice el modelo analítico.

En la Fig.16 se muestra como edificios simétricos en planta muestran efectos torsionales significativos debido a la disposi-

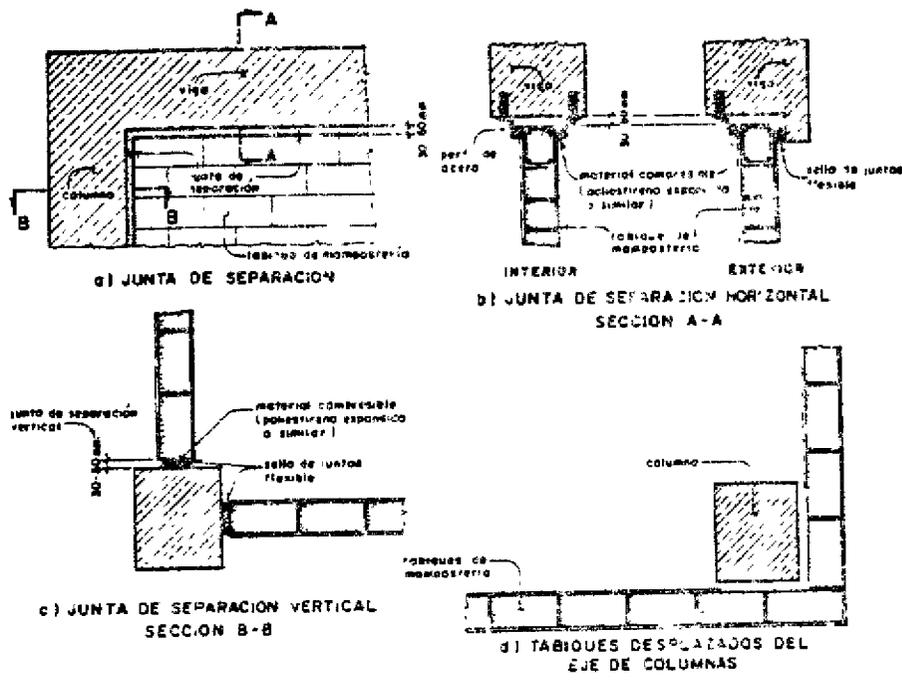


Fig.17 Detalles constructivos tendientes a separar los elementos de mampostería de la estructura - a.,b. y c.) Juntas de separación verticales y horizontales - d.) Tabiques desplazados del eje de las columnas.

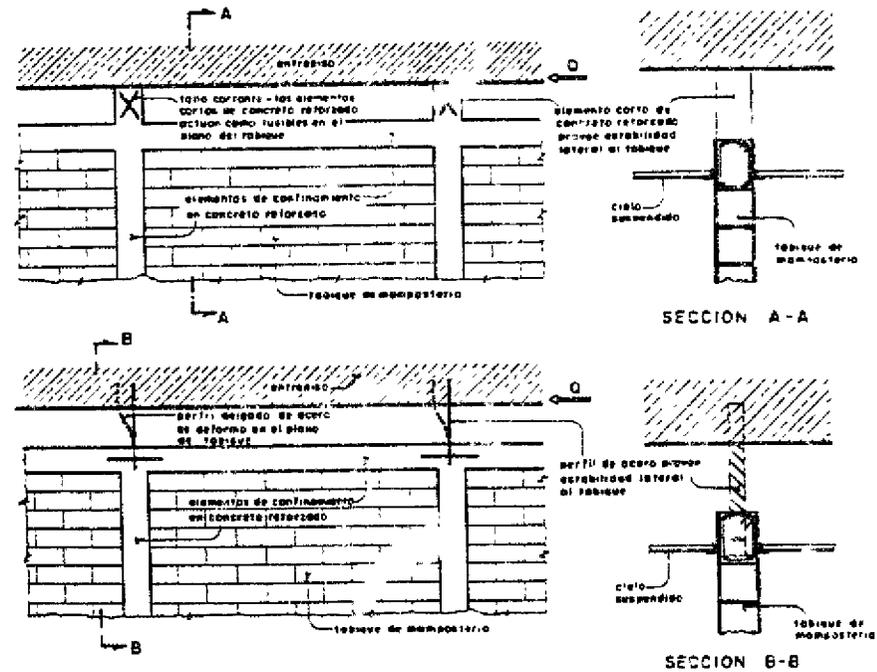


Fig.18 Detalles constructivos tendientes a separar los tabiques del entrejeso superior y a proveer a la pared estabilidad lateral en sentido perpendicular a su plano.

ción asimétrica de las paredes de mampostería. Los mismos pueden convertirse en sistemas simétricos en cuanto a distribución de rigideces, separando la tabiquería, mejorando en esta forma el comportamiento general de la obra.

Las paredes se pueden desligar de los elementos estructurales mediante juntas de separación (Fig.17), verticales en las columnas y horizontales en las vigas o entrepiso. Las juntas deben tener un espesor adecuado, mayor que el desplazamiento relativo entre pisos, y se rellenan con poliestireno expandido (Styropor, Styrofoam) o con materiales flexibles similares (Fig.17.a y c.) como barrera acústica. Las juntas exteriores deben ser selladas con material de juntas especial (joint sealer) (Fig.17.b y c.) para evitar la filtración de agua; las interiores se pueden cubrir con molduras de madera o perfiles de metal. Las paredes desacopladas en esta forma es preciso apoyarlas en su parte superior para darles estabilidad lateral en el sentido perpendicular a su plano. En la Fig.18 se sugiere como lograr dicho propósito. La eficacia de las juntas de separación entre tabiquería y estructura quedó demostrada durante el terremoto de San Salvador 1986; en el edificio de la Facultad de Medicina (Fig.19), una construcción de 7 pisos a base de pórticos en concreto reforzado, se previeron juntas de poliestireno expandido entre tabiques y columnas (Fig.20), evitando la interacción mampostería-estructura y el nocivo efecto de columna corta; la obra mostró un excelente comportamiento sísmico, sin daño estructural y sin daños secundarios en la tabiquería.

Otra forma de desacoplar la tabiquería de la estructura es desplazando las paredes fuera del eje de las columnas (Fig.-17.d), evitando que interfieran con su libre deformación, e interrumpiéndolas sobre el cielo suspendido a cierta distancia debajo del entrepiso o de las vigas superiores (Fig.18). También en este caso es necesario proveer estabilidad lateral en el sentido perpendicular al plano de la pared, ligándola al entrepiso superior con elementos cortos de concreto reforzado (Fig.-18.a); estos elementos, debido a su baja resistencia, no restringen los desplazamientos relativos del piso superior y en caso de un sismo actúan como fusibles al fallar en cortante (Fig.21). Otra forma de proveer estabilidad lateral a la pared consiste en unir ésta con el entrepiso superior mediante perfiles de acero (Fig.18.b), rígidos en sentido perpendicular y flexibles en el mismo plano de la pared, permitiendo con su deformación el desplazamiento relativo entre pisos.

#### REFERENCIAS

1. Arnold, Christopher, and Reitherman, Robert (1982)- Building Configuration and Seismic Design - John Wiley & Sons, New York.
2. Dowrick, David J. (1977) - Earthquake Resistant Design- John Wiley and Sons, London.



Fig.19 Facultad de Medicina, Universidad Nacional de El Salvador - La estructura a base de pórticos de concreto reforzado, mostró buen comportamiento en el terremoto 1986. Juntas de separación entre tabiques y sistema resistente evitaron el efecto de columna corta y daños a la mampostería.



Fig.20 Juntas de separación entre tabiques y elementos estructurales, rellenas con poliestireno expandido (Styropor) evitan la interacción de la mampostería con la estructura- Facultad Medicina, Universidad Nacional, San Salvador.

3. Grases, José, López, Oscar y Hernández, Julio J. (1984)- Edificaciones Sismorresistentes, Manual de Aplicación a la Norma - Fondo Nacional de Desarrollo Urbano, Caracas.
4. Newmark, Nathan M. and Rosenblueth, Emilio (1971) - Fundamentals of Earthquake Engineering - Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
5. Sauter, Franz (1987) - The San Salvador Earthquake of October 10, 1986, Structural Aspects of Damage - Earthquake Spectra, Vol. 3, No. 3, August 1987, Earthquake Engineering Research Institute, El Cerrito, Calif.
6. Sauter, Franz y Shah, Haresh C. (1978) - Estudio de Seguro contra Terremoto - Instituto Nacional de Seguros, San José, Costa Rica.
7. Sauter, Franz (1968) - Daños Estructurales en el Terremoto de Caracas - Publicación No.4, Asociación Centroamericana del Cemento y Concreto, San José, Costa Rica

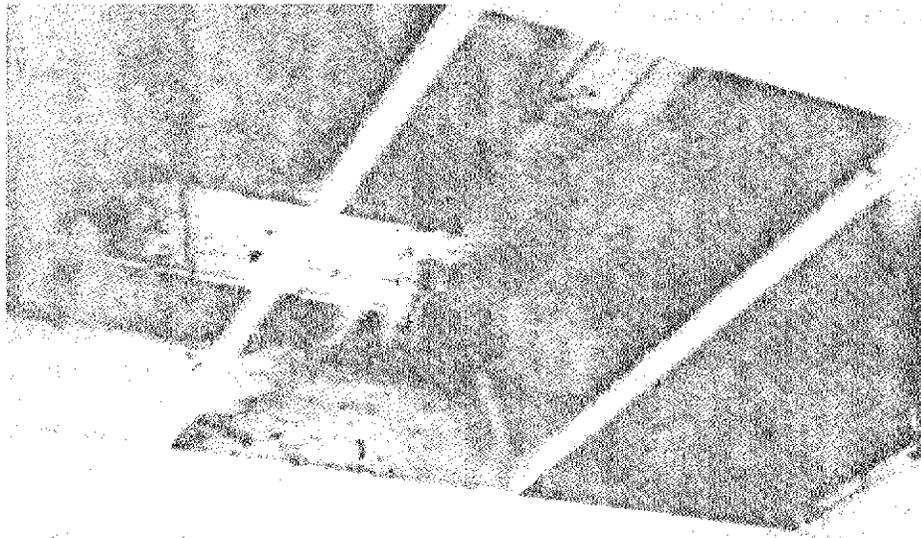


Fig.21 Hospital de Niños Benjamín Bloom, San Salvador - Los tabiques interiores han sido separados del entrepiso superior y unidos a éste mediante elementos cortos de concreto reforzado que durante un sismo actúan como fusibles y proveen a las paredes estabilidad lateral. Esta medida constructiva evitó daños secundarios cuantiosos a la mampostería.