

Tercer Encuentro Académico

SEDATU
SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



CONAVI
COMISIÓN NACIONAL
DE VIVIENDA



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Noviembre 2016

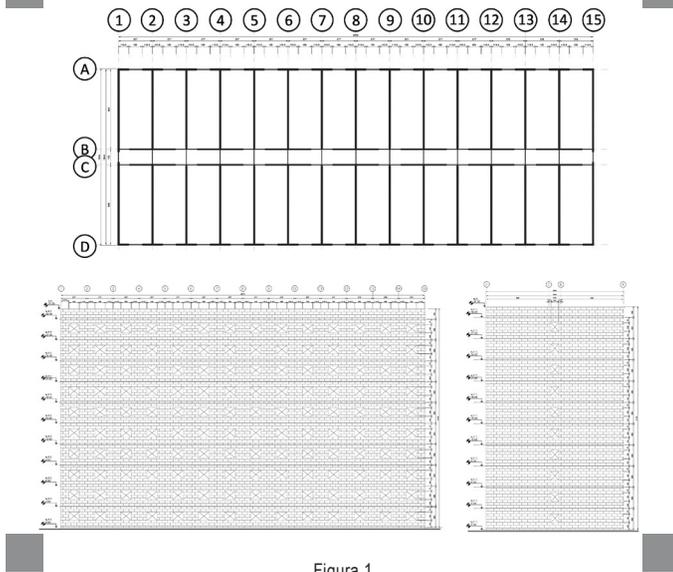


Figura 1

Bases para el diseño de edificios altos de mampostería en zonas de alta sismicidad

A partir del estudio del desempeño sísmico esperado de un edificio de diez pisos, se concluye que es posible construir en México edificios altos de mampostería en zonas de alta sismicidad.

Las tendencias arquitectónicas y las necesidades de urbanización de los grandes centros de población han dado lugar a edificios de mampostería que exhiben características muy diferentes a las que tenían hace algunos años. Por un lado, es posible ver edificios cuya estructuración no satisface las condiciones de regularidad que se requieren para fomentar un desempeño sísmico adecuado. Por el otro lado,

empiezan a construirse edificios que tienen un mayor número de niveles en relación a los que se tenían hace tan solo una o dos décadas. Aunque el *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal* no limita de manera explícita la altura de las estructuras de mampostería, por el momento los estrictos límites impuestos por las *Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería* (NTCM) a la distorsión lateral de

diseño restringen de manera importante, desde puntos de vista técnico y económico, el uso de este material estructural en edificios con más de 5 o 6 niveles.

Planteamiento y desarrollo de la investigación

Se planteó y calibró un modelo de análisis dinámico no lineal para edificios altos de mampostería. En particular, se usó un modelo modificado de la columna ancha que considera la posibilidad de comportamiento no lineal a flexión y a corte en los muros de mampostería confinada. El modelo se utilizó para establecer el desempeño sísmico de un edificio de mampostería de 10 pisos y, con base en los resultados obtenidos, se estudiaron las acciones de diseño que se requieren para hacer posible el diseño y construcción de edificios altos de mampostería en zonas de alta sismicidad.

Exposición de resultados

Para estudiar la posibilidad de diseñar y construir edificios altos de mampostería en zonas de alta sismicidad, se consideró el edificio mostrado en la Figura 1. El edificio está estructurado con base en muros de mampostería confinada y tiene 10 pisos de 3m. El edificio se destina a alojar un hotel, y se le considera ubicado en la Zona de Transición de la Ciudad de México.

El edificio fue diseñado conforme a las NTCM. Debido a lo innovadora que resultó la situación, se analizaron varias opciones. Aunque la gran mayoría de las opciones estructurales resultaron inviables, se adquirió la suficiente experiencia para finalmente diseñar el edificio. Dadas las particularidades del edificio, se requirió usar piezas de mampostería de alta resistencia.

Para el análisis por sismo se adoptaron las especificaciones de las *Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo*. Dado que la distorsión máxima de entrepiso para muros esbeltos de mampostería es mayor que los valores considerados por las NTCM, no se revisaron las distorsiones de entrepiso durante el diseño del edificio. En términos de resistencia, a nivel global se revisaron los requerimientos de cortante basal mínimo, y a nivel local, la resistencia a flexo-compresión y corte para cada muro.

Una vez que se tuvo disponible el diseño del sistema estructural, se revisó en detalle la distribución de elementos mecánicos a lo largo, ancho y alto del edificio. Se encontró un alto potencial para la formación de un entrepiso débil en la planta baja de la fachada orientada en la dirección largao. Dado que esto limitaba de manera importante la capacidad de deformación lateral del edificio y ponía en riesgo su estabilidad estructural, se optó por eliminar cada dos niveles los pretiles de mampostería. A través de lo anterior, se planteó para la fachada el uso de muros razonablemente esbeltos, lo que resultó en un comportamiento dominado por flexión que hizo posible un incremento considerable en la capacidad de deformación lateral de la fachada.

En términos de refinar el sistema estructural originalmente propuesto, hubo un segundo punto a considerar. Con el fin de reducir la incertidumbre en términos del comportamiento estructural de la fachada, se propuso el uso de pretiles de concreto reforzado. Finalmente, se redujo la cuantía de acero longitudinal en los castillos de los muros. La necesidad

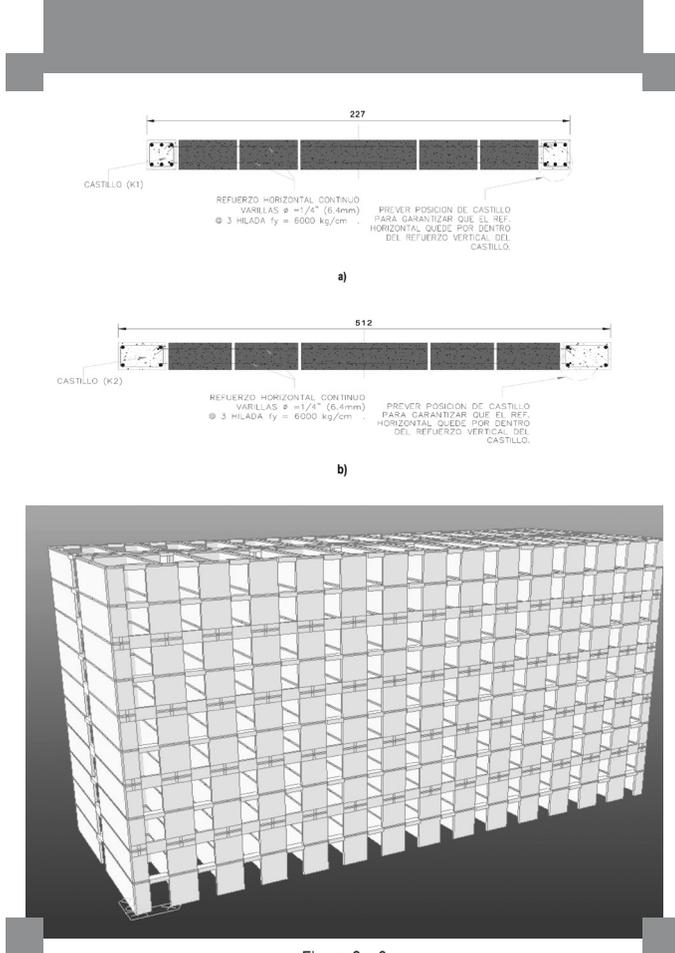


Figura 2 y 3

de reducir la cuantía de acero puede entenderse si se considera que el diseño a flexo-compresión de los muros se realizó con el método optativo propuesto por las NTCM, y que si bien este método da lugar a diseños conservadores cuando se aplica a muros que fallan a corte, su uso para el diseño de estructuras altas de mampostería puede tener consecuencias inesperadas que resulten en un comportamiento estructural deficiente. La Figura 2 muestra la geometría final de uno de los muros centrales de fachada, y de uno de los muros de pasillo, ambos orientados en la dirección larga del edificio.

Para estimar las propiedades estructurales en la dirección larga del edificio, se preparó el modelo de análisis no lineal mostrado en La Figura 3. Las curvas de capacidad para la dirección larga del

edificio muestran que este es capaz de acomodar de manera estable un desplazamiento de azotea cercano a los 15cm. Con fines de evaluar el desempeño sísmico del edificio de 10 pisos, se buscó el sitio dentro de la Zona de Transición que resultará en las mayores demandas de deformación lateral. Esto resultó en la consideración de un sitio con un periodo dominante del terreno de 1s. Se usaron doce movimientos registrados en un sitio así durante diferentes eventos sísmicos. Todos los movimientos se escalaron linealmente de tal manera que su aceleración máxima del terreno coincidiera con el valor de 0.175g prescrito por la normatividad vigente.

Note que la demanda de desplazamiento de azotea corresponde a un valor de 15cm; valor que puede ser alcanzado por el edificio

de manera estable. Es posible concluir que el edificio de 10 pisos es capaz de sobrevivir el sismo de diseño sin poner en riesgo su estabilidad estructural.

Potencial de aprovechamiento

Para hacer posible un desarrollo sustentable de la vivienda en México, es importante estudiar el uso de diferentes materiales estructurales que ofrezcan alternativas atractivas desde puntos de vista económico y ambiental. Una opción que debe estudiarse dentro de este contexto es el uso de mampostería para construir edificios altos en zonas sísmicas, y esto impli-

ca la necesidad de desarrollar técnicas de análisis no lineal para este tipo de sistemas con el fin de plantear estudios que hagan posible la formulación de recomendaciones de diseño que no sean excesivamente conservadoras, y que resulten en sistemas estructurales con niveles aceptables de seguridad estructural. Los resultados obtenidos indican que en México sería posible construir edificios altos de mampostería en un lapso de pocos años. Para ello sería necesario plantear una serie de estudios experimentales que permitan desarrollar expresiones de diseño para muros esbeltos fabricados con mamposterías mexicanas de alta resistencia.



Amador Terán-Gilmore

Amador Terán-Gilmore obtuvo el grado de licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), y los grados de Maestro y Doctor en Ingeniería en las Universidades de Texas en Austin y California en Berkeley, respectivamente. Ha sido profesor de tiempo completo en la UAM desde 1989, y profesor invitado en varios posgrados nacionales e internacionales.

Ha sido autor de más de 200 publicaciones en el ámbito de la ingeniería estructural; dictado más de 200 presentaciones, conferencias, pláticas y cursos en México y el extranjero; y asesorado a varios despachos de cálculo estructural.