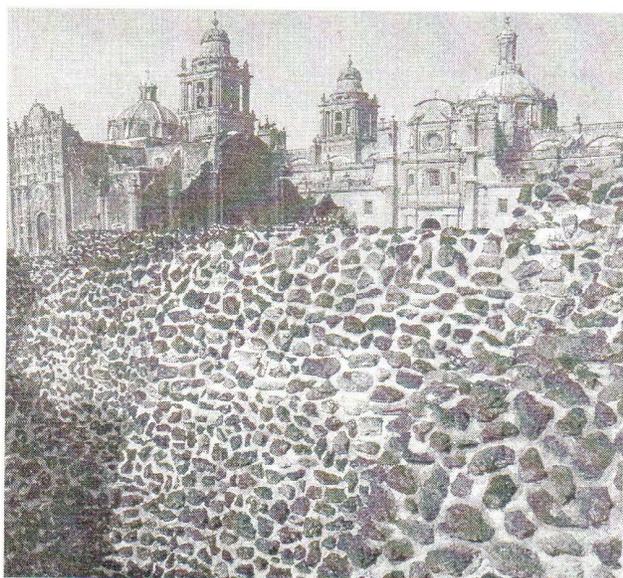


Catedral y sagrario de la ciudad de México

Marta Cecilia Bolaños de Escaler*

Localizada en el altiplano central de la República Mexicana se encuentra la ciudad de México, en ella se ubican centenares de edificios coloniales, uno de suma importancia y el cual descansa frente a la Plaza de la Constitución (Zócalo), es la



La Catedral descansa sobre un terreno de diversos rellenos incluso se dice que debajo hay pirámides completas.

*Maestra en Ciencias. Profesora de la ESIA Tecamachalco.

Catedral Metropolitana que junto con el sagrario, forman parte del patrimonio histórico de los mexicanos, además de contar con el reconocimiento de la UNESCO desde diciembre de 1987.

Es un edificio de relevante importancia pues es el primero de su tipo en la América colonial. Ubicado en una de las ciudades más grandes del mundo da muestra de un excepcional trabajo de rescate, mismo que describiré más adelante. La historia explica el origen de la ciudad de México como algo insólito. El pueblo azteca salió en peregrinaje por

uno de sus dioses (Huitzilopochtli), hacia el sitio prometido, identificaron un lugar en medio de un lago con un islote, en él, había un nopal y sobre de éste, un águila devorando una serpiente, ahí se inició la construcción de Tenochtitlan. Adaptándose a la naturaleza del lago, el pueblo azteca diseñó un suelo propio para la agricultura y la vivienda, esto lo lograron mediante islotes que al ir multiplicándose formaron canales, mismos que con el paso del tiempo se fueron cerrando con el afán de poder transitar por tierra, así aquel lago se transformó en una gran capa de rellenos. Los sistemas de cimentación en los lotes de cultivo y en las viviendas se hicieron de pilotes hechos con troncos de árboles no muy grandes y en algunos casos éstos llegaban a brotar y a crecer. Cuando los conquistadores llegaron a esta bella ciudad, el sistema de tránsito funcionaba por medio de canales, cuatro eran las grandes avenidas que cruzaban el lago hacia tierra firme, en el centro ceremonial, hecho de basamentos piramidales, era donde convergían estas avenidas; toda la armonía del conjunto causó gran impresión entre los recién llegados.

Durante la conquista se iniciaron edificaciones, las cuales se desplantaron sobre terrenos de relleno aplicando cimentaciones parecidas a las construcciones aztecas. A esta serie de edificios de difícil estabilidad se sumó la Catedral, descansando sobre un terreno de diversos rellenos incluso sobre pirámides completas, lo que dio por resultado un apoyo bastante dudoso.

Durante siglos, la población de la ciudad de México, se ha abastecido del agua de este lago; la aplicación de suelos no permeables en la superficie



El sagrario y la Catedral se ubican en un área de siete mil 140 metros cuadrados, tiene un peso de 75 mil 160 toneladas en la superestructura, y en la cimentación tres mil 610 toneladas.

de las calles, ha imposibilitado la regeneración de los mantos acuíferos ocasionando hundimientos del orden de 2.5 centímetros por año; debido a los rellenos, hay tramos sólidos y arcillosos sin detectada precisión, los cuales ocasionan en un mismo edificio, hundimientos diferenciales.

La Catedral y el sagrario metropolitano se mantienen rebeldes a la naturaleza que amenaza con derribarlos. La Catedral se ubica en un área de siete mil 140 metros cuadrados, tiene un peso de 75 mil 160 toneladas en la superestructura y en la cimentación tres mil 610 toneladas. Para un suelo que sufre deslizamientos de arcillas, no es posible mantener el edificio inalterable, lo que tiene consecuencias en diferencias de hundimiento de más de dos metros de un punto a otro.

En un esfuerzo de controvertido sistema de rescate, se aplican técnicas especiales de salvamento de edificios. La primera técnica utilizada desde los años setenta fue por medio de pilotes de control, la cual fue ideada por el ingeniero Manuel González Flores. Estos pilotes se ubican al noreste y noroeste de Catedral y en el este del sagrario, dando un total de más de 300 pilotes. Hay algunas variantes según requiera el sitio: el primero es el fijo, se apoya en la capa dura o bien hasta oponer resistencia al suelo, éste queda estable a la tierra y al edificio; el segundo es también de punto o fricción, se coloca fuera de las trabes de cimentación y tiene la posibilidad de transformarse, cuando así se requiera, en pilotes de control preparados con anclas y cubiertos con un tapón de concreto; la tercera variante y la más importante, es el pilote de control, se coloca antes o después de la construcción, se hinca en la capa dura o bien, hasta presentar oposición a la penetración y se sujeta con dos anclas

fijadas a la cimentación; en la cabeza del pilote se encuentran tres, cuatro o dos niveles de cubos de caobilla llamadas celdas de deformación, las cuales al comprimirse mostrarán movimiento en el edificio.

Para algunos, el sistema de pilotes de control resultó insuficiente, pues el edificio continuaba en estado crítico. Por tal situación, se decidió poner en práctica un método ideado en Italia que tenía como fin congelar los movimientos en la Torre de Pisa; la iniciativa no se hizo esperar y el experimento se aplicó en la Iglesia de San Antonio Abad mediante tres lumbreras; los resultados fueron favorables, así que se optó por aplicarlo en tan importante edificio.

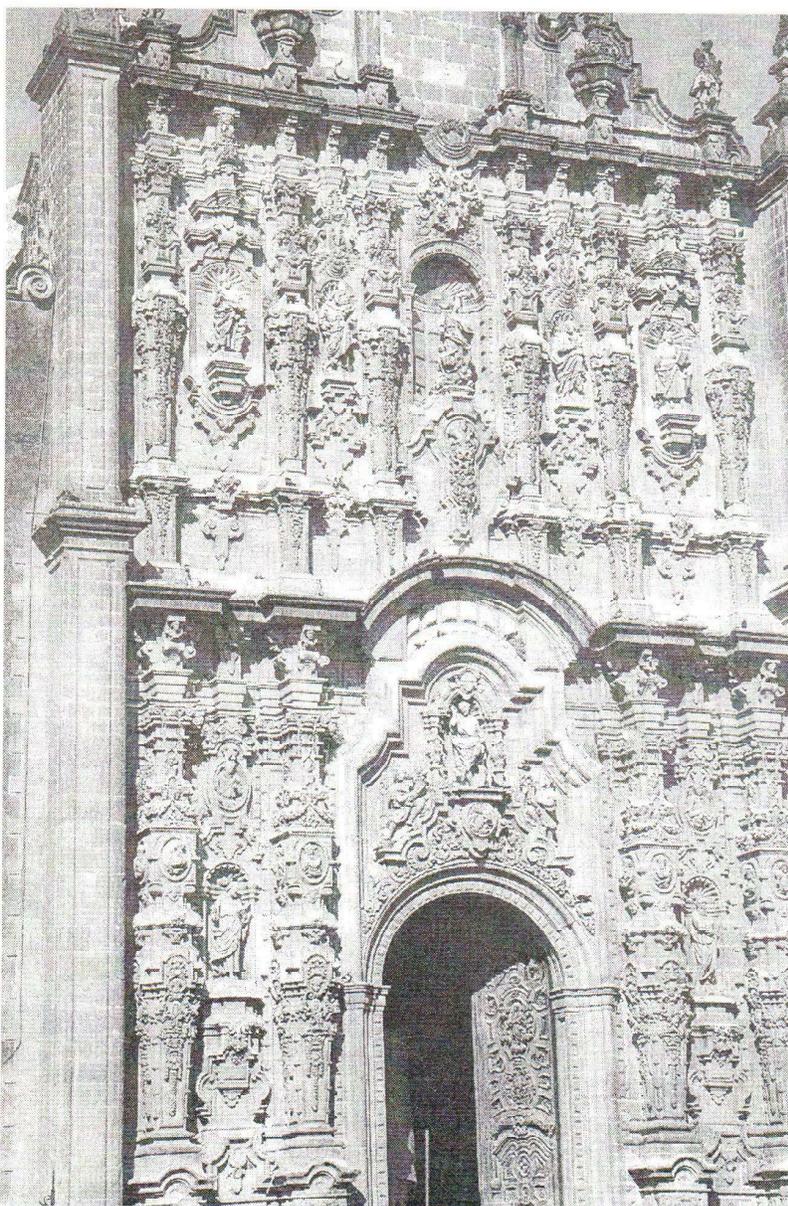
Esta rectificación geométrica es un logro más de la ingeniería mexicana, consiste en extraer relleno del mismo terreno donde descansa la construcción con el fin de lograr que descendan las partes que no lo hicieron conforme se hundía el resto. El reto es hacer descender el edificio de forma horizontalmente homogénea. Estriba en ubicar estratégicamente 30 lumbreras excavadas, de ser posible a mano debido a que existen tesoros arqueológicos, la profundidad es de 30 a 22 metros, con un diámetro entre 2.6 y 3 metros, llega más allá de los rellenos y alcanza las arcillas por debajo de la costra natural, la primera capa dura se encuentra a 35 metros y la costra superficial dura tiene de 12 a 15 metros.

Las paredes de la lumbrera se revistieron de concreto, en el fondo se colocaron boquillas de 15 centímetros de diámetro con un espesor de 50 milímetros a cada seis grados de circunferencia, sumando un total de entre 40 y 50 boquillas por pozo. En el suelo de la lumbrera se coloca una

La rectificación geométrica es un logro más de la ingeniería mexicana.

máquina neumática rotatoria que hace que los tubos penetren de forma radial hasta seis o siete metros de profundidad horizontal; la extracción de suelo hace descender lentamente el edificio abatiendo los desequilibrios de la superficie. El resultado de más de cinco años de aplicación, ha sido bajar hasta 86 centímetros en la parte más alta de la superficie (se modificó después de 100 años). Los reflejos de estos movimientos aparecieron en la superestructura.

Los desplomes verticales y las elongaciones en las cuerdas de los arcos formeros amenazaban con venirse abajo; cuando se planeaba la subexcavación se contemplaba que en la primera etapa gira-



El reto es hacer descender el edificio de forma horizontalmente homogénea.

rían las naves procesionales en sentido vertical y los muros hacia el exterior, pues así se invertiría el efecto girándolos al centro de la nave principal. En la siguiente etapa se corregirían los desplomes resultantes en el sagrario con un plan similar al anterior, cerrando la estructura en dirección central. Todos estos trabajos ponían en duda la estabilidad del edificio, se llegó a pensar hasta en una pérdida total en caso de sismo, para prevenir esto se implementó un apuntalamiento dinámico el cual soporta permanentemente la superestructura añadiendo rigidez a los arcos dañados. Dicha estructura se ajusta constantemente de acuerdo a lo obtenido en las revisiones mensuales o si se presenta un sismo (los sismos del 14 de septiembre de 1995 de siete grados Richter no modificaron la estructura). Evidenciando el buen trabajo de rescate en Catedral (según la revista *Proceso* del 26 de septiembre de 1994 en la página 26), criticó el sistema de trabajo en su totalidad y en cuanto a la aparición de grietas señalaba que "no es posible destruir para volver a construir"; en cuanto a las grietas, algunas se cerraron, pero en su mayoría se rellenaron dando por resultado un buen maquillaje, con la duda de cuánto tiempo durará. Se aplicaron dos procedimientos diferentes: uno como inyección de silicona, el cual tiene la posibilidad de retirarse cuando sea necesario, y el otro tradicional, consistió en cubrir la grieta con un mampostero de tezontle dejando en cada 30 centímetros una manguera para inyectar mortero.

Los desplomes de los muros evitan el funcionamiento homogéneo de la superestructura, por lo que se colocaron tensores de acero sostenidos por vigas; cada vez que la estructura sufre un movimiento se corrige el esfuerzo de la tensión. Ha habido obras pequeñas de sustitución en elementos de ornamento como florones, balaustas, gárgolas, etcétera, en estos remplazos se aplica una pátina que simula la parte nueva.

Después de todos los esfuerzos técnicos y económicos, ¿durante cuánto tiempo más las generaciones futuras podrán contemplar estas dos obras coloniales? Por el momento esto no se puede predecir, pero debemos considerar que la extracción de agua del subsuelo se sigue aplicando, lo que provoca hundimientos diferenciales, aún tenemos graves problemas de sismos y todavía se efectúan obras ajenas a este edificio, lo que causa el deslizamiento de los suelos e