

años y la información geotécnica descrita en el inciso anterior.

Las variables descritas en a), b) y c) son atributos de cada celda que no cambian de temblor a temblor, por lo menos en el corto plazo. Las cantidades de construcción son necesarias para estimar las pérdidas económicas, mientras que las restantes se utilizan en la estimación del movimiento del suelo, tal como se describe a continuación:

En el modelo que se expone, un escenario sísmico queda definido al postular la magnitud de un temblor hipotético y la distancia entre la ciudad de México y el área de ruptura del temblor. Dadas estas dos variables, es posible estimar el tamaño del movimiento sísmico en un sitio de terreno firme del D.F., mediante relaciones semiempíricas. En vista de que se dispone de funciones de amplificación entre este sitio y las 751 celdas de que consta el modelo, es posible también determinar el tamaño de los movimientos del terreno que se presentarán en cada celda.

El tamaño de los movimientos del terreno se expresa en términos de espectros de respuesta de aceleraciones, que son cantidades estrechamente ligadas al comportamiento de las estructuras. En la figura 5 se presenta un mapa con la distribución de la aceleración máxima del terreno, en la dirección EW, para un temblor como el del 19 de septiembre de 1985.

Técnicamente, la aceleración máxima del terreno es la ordenada del espectro de respuesta para estructuras con periodo nulo. En las figuras 6 se presenta un mapa similar para ordenadas del espectro de respuesta correspondientes a dos segundos de periodo en la dirección NS. Nótese que las intensidades sísmicas son máximas cuando coinciden el periodo predominante del suelo y el periodo al que se miden las aceleraciones.

Una vez que se dispone de la cantidad de construcción por clase estructural y de una medida de la intensidad sísmica en cada celda durante el temblor postulado, procede calcular el daño esperado a las edificaciones. Para este propósito se derivaron relaciones intensidad-daño empíricas, a partir de estimaciones de las pérdidas económicas experimentadas durante temblores previos, particularmente los eventos del 14 de marzo de 1979 y 19 de septiembre de 1985.

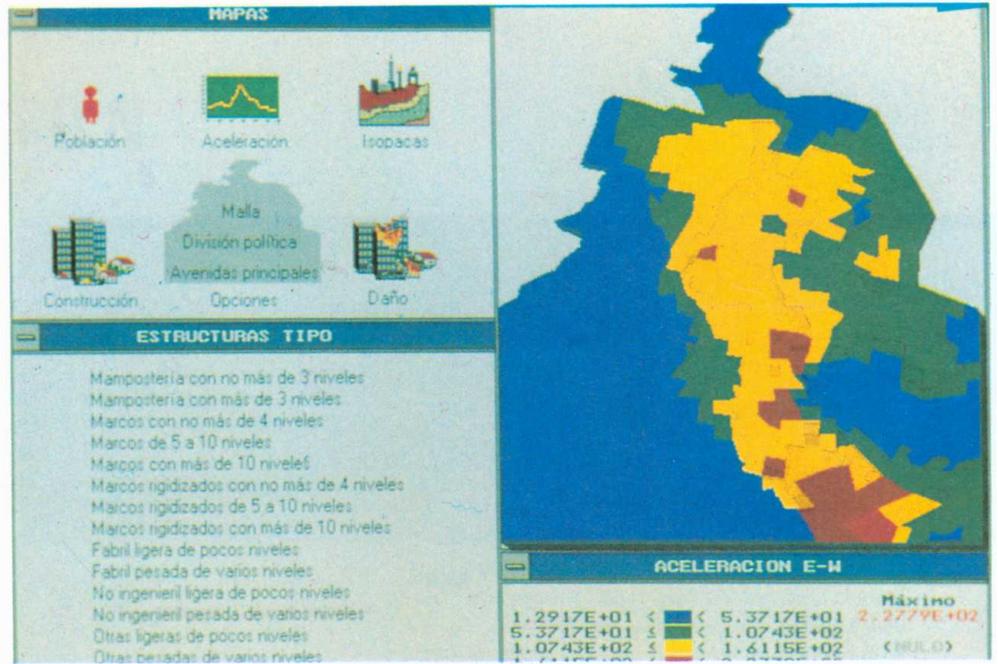


Figura 5

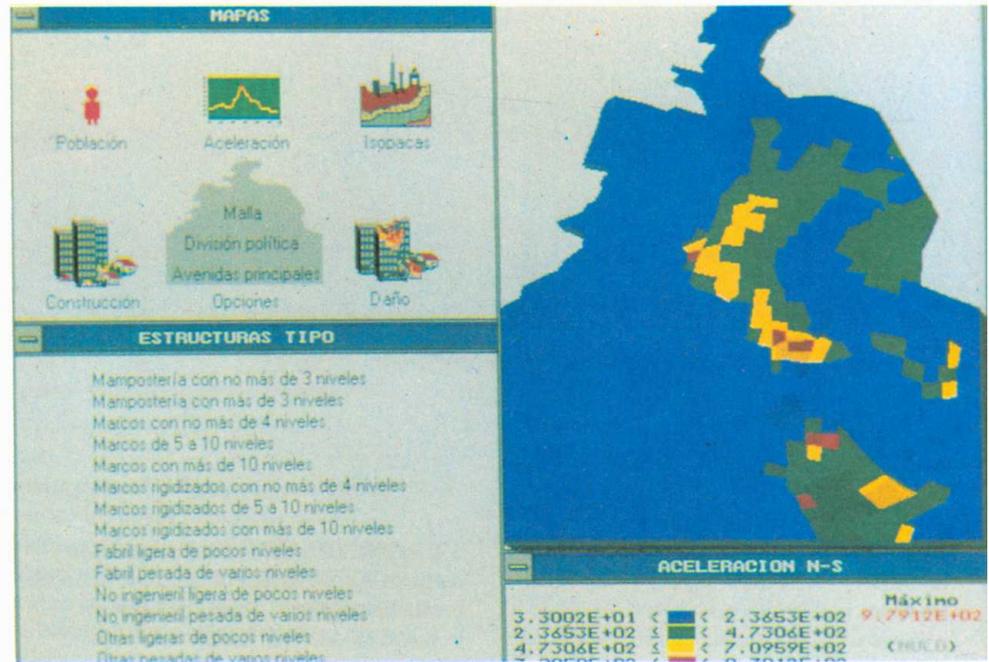


Figura 6

Estas estimaciones se basaron en información recopilada por las compañías de seguros y en los levantamientos de daños llevados a cabo después de los sismos de 1985. Las pérdidas económicas se expresan, en primera instancia, en términos de un índice de daño, cuyo valor está entre 0 (pérdidas nulas) y 1 (pérdida total), que expresa qué fracción del valor de las construcciones se perdió. Así, por ejemplo, un valor de 0.2 para el índice de daño de cierta clase de estructuras en una celda dada, implica una pérdida económica

cuyo monto es igual al 20% del valor de las construcciones consideradas en dicha celda. Posteriormente, este índice de daño es multiplicado por el área cubierta con estructuras de la clase considerada en el sitio que se estudia. De esta manera, el daño queda expresado en términos de un área equivalente perdida; el valor monetario de la pérdida podría entonces obtenerse multiplicando el área equivalente perdida por el valor de reconstrucción de un metro cuadrado del tipo de construcción considerada. Nótese que el

concepto de área equivalente es sólo un artificio para poder agregar pérdidas económicas. Hablar de una pérdida de 150,000 m² no significa necesariamente que en efecto se perdieron 150,000 m² de construcción; significa que el valor de la pérdida es igual al valor que tendría construir un área de esta cuantía. Esto es de especial importancia en zonas de daño moderado, en las cuales las pérdidas no están asociadas al colapso de ninguna estructura. Nótese también que el valor de reconstrucción para una clase de edificios variará según la zona de la ciudad, ya que la clasificación adoptada atiende a las características estructurales y la gama de costos para una misma clase es muy amplia.

En la figura 7 se presenta un mapa con la distribución de daños totales calculados para un temblor como el de 1985. Nótese, al comparar esta figura con las figuras 5 y 6, que las zonas de máximo daño no necesariamente coinciden con las de máxima intensidad sísmica. Los patrones de daños están gobernados tanto por la distribución de intensidad sísmica cuanto por la cantidad de construcción y la vulnerabilidad de las clases estructurales predominantes en cada zona. En la figura 8 se presenta otro ejemplo de mapa de daños calculados para marcos con alturas de entre 5 y 10 niveles. Las diferencias en los montos del daño en diferentes clases estructurales reflejan, por una parte, las diferentes cantidades de construcción de cada tipo, y por otra, las diferentes vulnerabilidades sísmicas de los sistemas estructurales.

Toda la información que se ha discutido se encuentra organizada en forma de sistema de información geográfico y puede manejarse en una computadora personal. El sistema permite generar los mapas que se han presentado, y algunos otros, para tantos escenarios sísmicos como se desee.



Figura 7

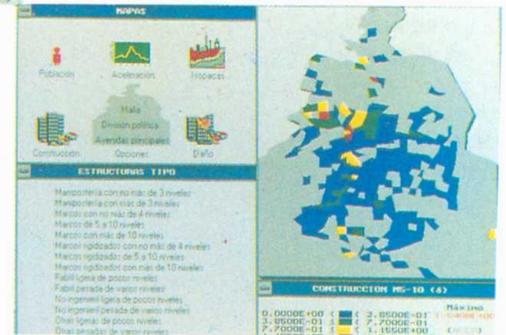


Figura 8

COMENTARIOS FINALES

En su versión actual, el modelo está restringido al análisis de grandes temblores originados en la costa del Pacífico. Aunque históricamente estos son los eventos que han producido los máximos daños, debe tenerse en mente el potencial destructivo de temblores de origen local. En estos casos, la distribución de daños podría diferir sustancialmente.

Los daños que pueden estimarse con este modelo están basados en el desempeño de las estructuras durante temblores pasados. La vulnerabilidad presente de las estructuras es probablemente menor a la que se ha considerado, por varias razones: a) los edificios más vulnerables se derrumbaron durante el temblor de 1985; b) las edificaciones importantes que sufrieron daños severos durante este temblor han sido reforzadas; y c) los edificios nuevos están siendo diseñados para resistir fuerzas sísmicas superiores. Por otra parte, otros edificios que sufrieron daño moderado en 1985, y que no fueron reforzados, son, seguramente, más vulnerables de lo que eran antes de 1985. Si nuestra conjetura es cierta, los estimadores de daño que presentamos son conservadores.

Se considera que el modelo desarrollado podría ser de utilidad para las autoridades metropolitanas en sus funciones de planeación de uso del suelo y manejo de emergencias. Además, la resolución espacial con que pueden estimarse los movimientos del terreno ante temblores futuros abre las puertas a una zonificación sísmica más detallada para el D.F.

Dr. Mario Ordaz Schroeder, Dr. Roberto Meli, M.J. Carlos Montoya D., M.J. Lorenzo D. Sánchez y Luis Eduardo Pérez Rocha.- Área de Riesgos Geológicos del CENAPRED