

## ***Tesis graduadas***

Recientemente Marco Antonio Montiel Ortega obtuvo el grado de doctor en ingeniería dentro del Programa de Maestría y Doctorado de la Facultad de Ingeniería, UNAM. El título de su tesis doctoral es: *Confiabilidad implícita en estructuras convencionales como base para establecer criterios para el diseño sísmico de estructuras reforzadas con disipadores de energía.*

En la primera parte de su tesis, analiza la influencia que tiene la incertidumbre de algunos parámetros en la confiabilidad sísmica de varios marcos de concreto reforzado. 1) Se comparan las curvas de peligro de de

manda estructural de varios marcos obtenidas con el método de integración numérica y, alternativamente, con el método simplificado propuesto por C A Cornell. Encontró que las diferencias se vuelven grandes conforme se incrementa el nivel de distorsiones máximas de entrepiso. 2) Se evalúa la influencia que sobre la confiabilidad estructural tiene la incertidumbre en las propiedades de los materiales y en la carga viva instantánea. Las curvas de peligro de demanda de los marcos considerando valores medios de las propiedades de los materiales y de la carga viva instantánea resulta muy similar a la de los valores en donde se consideran valores inciertos; sin embargo, conforme las distorsiones se incrementan, las diferencias son más significativas. 3) Se analiza la influencia de las incertidumbres en la capacidad de las distorsiones máximas de entrepiso y, al-

ternativamente, en la capacidad en función del nivel de intensidad sísmica, al evaluar las tasas de falla de los edificios. La capacidad estructural se estima por medio de Análisis Dinámicos Incrementales (ADI). Para las estructuras que presentan «ablandamiento» al entrar al pico del espectro, resulta más adecuado usar como medida de la capacidad estructural las distorsiones máximas de entrepiso, en vez del nivel de intensidad que causa la falla. Los resultados de los ADI se comparan con los obtenidos por medio de análisis estático no lineal (*push-over*). Las capacidades de distorsiones de entrepiso obtenidas con ADI son mayores que las obtenidas con los análisis de los *push-over*. 4) Se propone un criterio para formar grupos de movimientos sísmicos a partir de las

curvas de los ADI por medio de su comportamiento no lineal y de la forma que tienen los espectros de los sismos usados en los análisis. En general se identifican dos grupos de sismos: el grupo I, asociado a espectros de banda angosta, y grupo II, asociados a espectros de banda ancha. 5) Se obtiene que la influencia de la incertidumbre en la capacidad estructural al evaluar la tasa media anual de falla de los edificios es más significativa para el estado límite cercano al colapso que para el estado límite de fluencia. 6) El estudio da una idea de la importancia que tiene el contenido de frecuencia de los movimientos sísmicos en la confiabilidad de las estructuras.

En la segunda parte de la tesis se propone un método de diseño basado en confiabilidad para edificios reforzados con dispositivos disipadores de energía sísmica. El método asegura que la confiabilidad del edificio reforzado es igual o mayor que un valor preestablecido (por ejemplo, el correspondiente a un edificio similar convencional diseñado de acuerdo con algún reglamento sísmico). El método de diseño se formula dentro del formato de diseño que usa factores de demanda y capacidad (DCFD, por sus siglas en inglés). La aproximación propuesta se basa en la comparación entre los niveles de confianza correspondientes al edificio reforzado y al edificio convencional. Los factores de confianza se asocian a los estados límite de servicio y seguridad de vida. La aplicación del método propuesto se ilustra mediante la rehabilitación de un edificio de cinco niveles reforzado con disipadores de energía tipo TADAS.

La tesis fue dirigida por Sonia E Ruiz Gómez, investigadora de la Coordinación de Mecánica Aplicada.



Hérica Sánchez Larios, becaria de la Coordinación de Ingeniería de Sistemas del Instituto de Ingeniería, obtuvo con mención honorífica el grado de doctora en ingeniería (investigación de operaciones) con la tesis *Mode-*

*lado de funciones distancia asimétricas y no uniformes*, dirigida por el doctor Servio Tulio Guillén Burguete.

La investigación doctoral partió de una pregunta que no aparece formulada en la literatura especializada: ¿Bajo qué condiciones una función distancia determina un camino más corto entre dos puntos dados? Se encontró que para esto la función debe ser continua y garantizar la existencia de ciertos arcos, llamados arcos inducidos, caracterizados por la propiedad de conservar esa distancia, en el sentido de que para todo desplazamiento de un punto a lo largo del arco, con dirección al extremo final del arco, la reducción en la distancia a ese extremo es igual al aumento en la distancia al extremo inicial del mismo. Se demuestra que si para todo par de puntos existen arcos inducidos que los conectan, entonces es posible definir la longitud de los arcos en términos de la función distancia. También se demuestra que si la función distancia, además de inducir arcos, cumple la desigualdad del triángulo, entonces los arcos inducidos son también arcos de longitud mínima, y estas funciones distancia toman el nombre de premétricas.

A diferencia de las tradicionales métricas  $L_p$ , las premétricas pueden tomar valores negativos y no ser simétricas, por lo que son apropiadas para atacar problemas de ingeniería como: a) determinación de rutas óptimas de un punto a otro de un robot con recuperación de energía que se mueve sobre una superficie irregular, donde la distancia de un punto a otro es la energía mínima requerida por el robot para trasladarse de un punto a otro; b) problemas de transporte en medios no homogéneos; c) problemas de localización de servicios en espacios continuos.

El método propuesto para modelar premétricas consiste en resolver un problema de cálculo de variaciones, cuyo integrando es la función lagrangiana de la premétrica por determinar. La ventaja de esta estrategia de modelado es que la función lagrangiana, a diferencia de la premétrica, contiene información puramente local, que se refiere a la razón de cambio o «eficiencia» del desplazamiento en cada punto para cada dirección del espacio.