

Ing. Roy Acuña Prado, M.Sc.

Hospital México

Diagnóstico de la estructura, diseño y construcción del reforzamiento estructural

Recientemente se han terminado los trabajos de construcción del reforzamiento estructural de los edificios del Hospital México, el mayor proyecto de readecuación sísmica llevado a cabo en nuestro país.

Las actividades que se desarrollan en esta edificación producen condiciones especiales que debieron ser consideradas durante las etapas de diseño y de ejecución de la obra, con el objeto de reducir las interferencias con la operación normal del hospital.

En este artículo se presentan los aspectos técnicos más importantes de las etapas de evaluación de las edificaciones, diseño de reforzamiento y construcción.

Antecedentes

A finales de la década de los 50 y principios de los 60, la Caja Costarricense del Seguro Social experimentó la necesidad de contar con un centro hospitalario de gran magnitud, previendo el crecimiento de la población urbana de nuestro país, para mejorar los

servicios de atención médica que se requerirían en un futuro cercano.

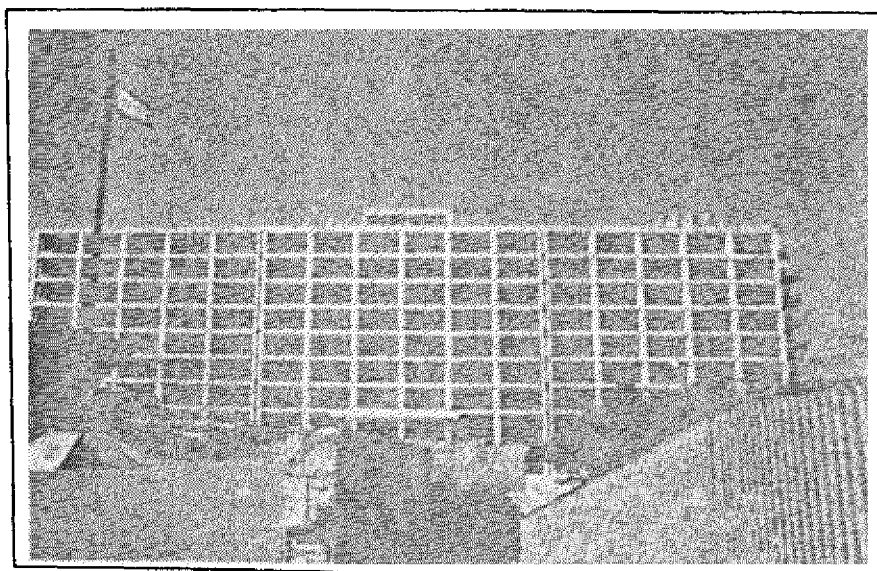
A pesar de que una firma peruana ganó el concurso internacional promovido para el diseño de un Hospital Central, la falta de entendimiento entre las partes dio oportunidad a que se aprovecharan las buenas relaciones entre México y Costa Rica en materia hospitalaria, y que el Instituto Mexicano del Seguro Social donara en 1962 los planos y especificaciones de un hospi-

tal, que en señal de agradecimiento se le dio el nombre de Hospital México.

La construcción se llevó a cabo en etapas, debido a la magnitud del proyecto, separando la construcción de los diversos edificios y áreas exteriores.

En el edificio principal se adjudicaron independientemente la estructura, las instalaciones eléctricas, las instalaciones mecánicas y los acabados, que se concluyeron en 1968.

Debido a las experiencias sufridas por los centros hospitalarios durante los eventos sísmicos de San Isidro de Pérez Zeledón (1983) y en México (1985) se despertó el interés de las autoridades de la CCSS por conocer las condiciones estructurales y los posibles daños que podrían presentarse en las instalaciones hospitalarias en caso de que ocurriera un evento sísmico fuerte.



Hospital México cuyos planos y especificaciones fueron donados por el Instituto Mexicano del Seguro Social en 1962.

El "Estudio de vulnerabilidad sísmica del Hospital México" (1 y 2) realizado bajo la dirección del Ing. Miguel Cruz y del Ing. Roy Acuña en el Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, representa un primer paso hacia el diagnóstico del sistema hospitalario nacional. Esta investigación se llevó a cabo con el valioso apoyo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), y cubrió tanto el estudio de vulnerabilidad de la estructura como el de los elementos no estructurales y equipos médicos.

Edificios considerados

Con el objetivo de determinar, entre todos los edificios que pertenecen al hospital, cuales serían analizados inicialmente, se consideró su número de pisos y la importancia de la función que desempeñan. De esta manera se concluyó que se considerarían los tres edificios de hospitalización (Edificio Sureste, Edificio Central y Edificio Noroeste en la figura 1), que cuentan con diez niveles y un área de 17900 m², el edificio de quirófanos con seis niveles y 3600 m², y el edificio que alberga la lavandería y casa de máquinas, dos niveles y 2500 m².

Del resto de edificios, el de biblioteca y auditorio (antiguas residencias médicas) sufrió daños estructurales de

leves a moderados durante los sismos de diciembre de 1990 y abril de 1991. La solución de refuerzo estructural está lista para llevarse a cabo en los próximos meses.

Características estructurales

Los edificios de hospitalización y de quirófanos tienen estructuras formadas por marcos de vigas y columnas de concreto reforzado con sección rectangular constante, cimentados sobre una losa de 25 cm de espesor y un sistema de vigas de amarre de 40 x 190 cm. El sistema de entrepiso consiste en una losa de 10 cm de espesor armada en una dirección principal, apoyada en vigas secundarias y en las vigas de los marcos.

Los materiales utilizados en la construcción son: concreto con $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y acero de grado duro con esfuerzo de cedencia de 4000 Kg/cm^2 , con ductilidad baja.

Las paredes son principalmente de bloques de concreto y llegan hasta nivel de cielo, lo que provoca que se presenten columnas cortas en los casos en que la pared se ubica entre columnas. Este es el caso de las paredes que separan habitaciones en los edificios de hospitalización.

Las paredes exteriores cubren toda la altura entre vigas en el edificio de quirófanos y en los costados sureste y noroeste de hospitalización, en todos los niveles con excepción del inferior. Este cambio de ri-

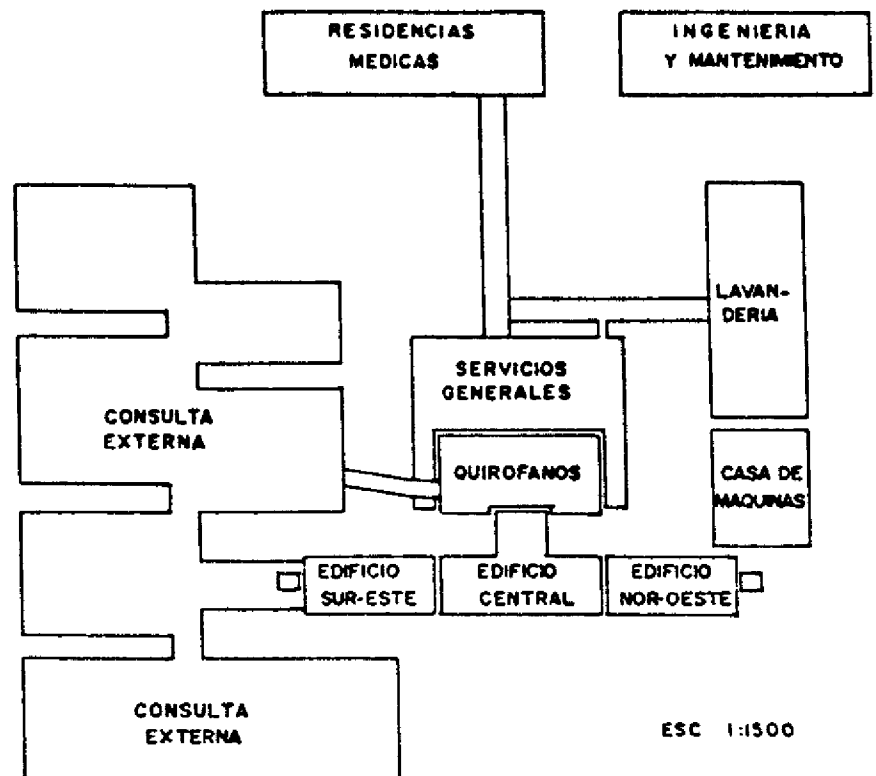


Figura 1.- Distribución de edificios principales del Hospital México.

una inversión relativamente baja para desligarlos de la estructura principal, se decidió analizar también un modelo de los edificios sin consideración de los paneles.

Resultados del análisis

Se realizó el análisis de las estructuras para determinar las fuerzas en los elementos para las condiciones de desempeño límite mencionadas, y se compararon estos valores con la resistencia disponible en cada elemento.

En un primer análisis se determinó que los paneles de mampostería empezarían a tener daños para aceleraciones del suelo relativamente bajas, por lo que desaparecería su participación para movimientos más intensos.

El análisis del modelo sin paneles indica un aumento de la flexibilidad en relación con el modelo con paneles variando el período del primer modo de vibración de 1.19 seg y 0.87 seg a 1.31 seg y 1.18 seg en las direcciones longitudinal y transversal respectivamente, en el Edificio Central. Los aumentos de flexibilidad son similares en los otros edificios.

Nótese que la flexibilidad es muy alta, comparando el período calculado con el aproximado sugerido por el Código Sísmico de Costa Rica (3) $T = .01 N$ (N: número de pisos). Esto es especialmente crítico en el Edificio de Quirófanos, con $T_1 = 1.06$ seg y $T_2 = 1.02$ seg ($N = 6$).

Debido a esta condición, hay un alto riesgo de choque entre las estructuras, pues los desplazamientos calculados exceden la separación existente.

En cuanto a la resistencia de los elementos, se determinó que, en general, las columnas tienden a alcanzar la cedencia o la falla en cortante antes que las vigas. Las vigas tienen un exceso de refuerzo en flexión, lo cual perjudica el comportamiento general de las estructuras.

En los Edificios Central y de Quirófanos algunas columnas alcanzarían la cedencia, con poca capacidad de disipación de energía pues a continuación ocurriría la falla por cortante de varias columnas. En el Edificio de Quirófanos hay riesgo también de falla por "piso suave". Debe considerarse adicionalmente que la

ductilidad es limitada por el escaso confinamiento que proveen los aros muy separados. En los edificios Sureste y Noroeste la condición es peor, pues los daños inician con fallas por cortante en columnas.

Se puede prever que, con la condición de desligar los paneles de mampostería, se estaría en condición de no. daño con aceleraciones máximas del suelo de hasta .15 g, y en condición de daño estructural sin colapso con aceleraciones de .20 g a .25 g. Para aceleraciones mayores se espera daño general y colapsos parciales.

Los resultados anteriores se confirmaron al someter los marcos más afectados del Edificio Central a un análisis no lineal utilizando el programa DRAIN 2D, utilizando el acelerograma del sismo de El Centro 1940 (S 00 E), modifica-

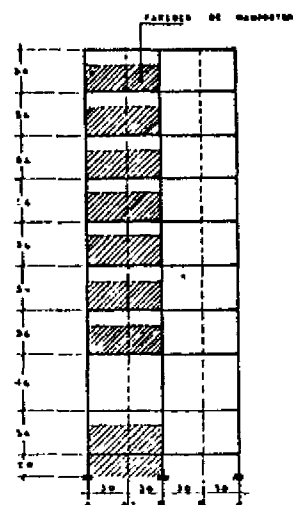


Figura 3.- Elevación del eje B.

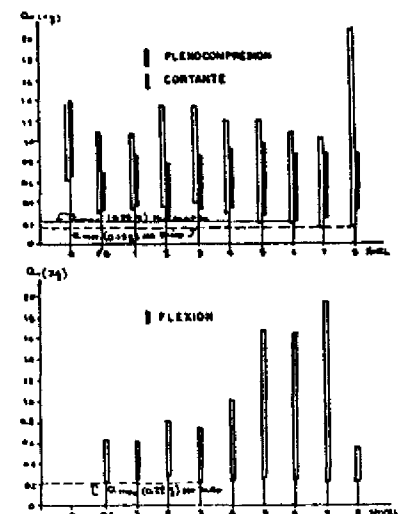


Figura 4.- Nivel de aceleración para la aparición del primer daño en elementos.