

CONFIGURACIÓN Y DISEÑO SISMORRESISTENTE EL USO DE MODELOS DIDÁCTICOS

Susana Comoglio¹– José Méndez Muñoz²– Arturo Terán Navarro³

Palabras claves: Docencia - Arquitectura - Configuración - Sismorresistencia - Modelos

Resumen

A lo largo de la historia, la mayor parte de los grandes estilos arquitectónicos han surgido en regiones sísmicas. Muchas edificaciones antiguas han sobrevivido a grandes terremotos gracias a su **configuración**, pues han sido diseñadas antes del surgimiento de los principios que actualmente rigen el diseño sismorresistente.

En la actualidad el diseño sismorresistente ha adquirido gran relevancia a escala mundial y a medida que avanza la investigación, el nivel de la práctica del diseño sísmico se vuelve más complejo. De allí la importancia del conocimiento y la responsabilidad a nivel profesional para actuar en el medio.

De la seguridad sísmica de las construcciones no se puede responsabilizar sólo al ingeniero, de ser así, habría escasa motivación para que el arquitecto se interesara por esta temática. Sino, por el contrario, el diseño sísmico constituye una responsabilidad compartida entre el arquitecto y el ingeniero. El arquitecto, en el proceso de diseño, es quien define la configuración de la construcción.

Una manera de visualizar y analizar el problema de la configuración en el comportamiento sísmico de los edificios, es utilizando modelos didácticos cualitativos que permiten analizar el comportamiento estructural **“de lo deformatorio a lo tensional”** como dice Torroja.

En la búsqueda de este objetivo desarrollamos un modelo experimental en el marco de la Materia Electiva “Arquitectura en Zona Sísmica”, a cargo de la cátedra de Estructuras I de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán.

En esta Ponencia queremos mostrar la importancia de la configuración en la respuesta sísmica del edificio, el rol del arquitecto en la determinación de la misma y como con un modelo didáctico sencillo se puede estimular al estudiante en el diseño sismorresistente. Este método experimental permite establecer ante los jóvenes estudiantes la diferencia entre **conocer, aprender a pensar y saber usar lo aprendido.**

1. Arquitecta. Profesora Adjunta de Estructuras I de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de TUCUMÁN - Argentina. Investigadora Cat. III. Codirectora de Programa y Directora de Proyectos de Investigación. Dirección Postal: Brasil 912 – Yerba Buena – C.P. 4107. E-mail: sucom@amet.com.ar

2. Arquitecto. Jefe de Trabajos Prácticos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de TUCUMÁN - Argentina Dirección Postal: Pedro de Villalba 580 – Yerba Buena – C.P. 4107.

3. Ing. Civil (orientación Estructuras). Jefe de Trabajos Prácticos de Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de TUCUMÁN - Argentina. Dirección Postal: 25 de Mayo 560 – Dpto E – San Miguel de Tucumán – C.P. 4000. E-mail: arteran@tucbbs.com.ar

VIII CONGRESO ARQUISUR

San Juan 27 al 30 de octubre de 2004

CONFIGURACIÓN Y DISEÑO SISMORRESISTENTE EL USO DE MODELOS DIDÁCTICOS

Susana Comoglio¹ – José Méndez Muñoz² – Arturo Terán Navarro³

Introducción

A lo largo de la historia, gran parte de los grandes estilos arquitectónicos han surgido en regiones sísmicas. Así, podemos encontrar, como algo notable, el hecho de que numerosas edificaciones antiguas han sobrevivido a la acción sísmica. Muchas de ellas están construidas con materiales que sólo son efectivos para esfuerzos de compresión y fueron diseñadas antes del surgimiento de los principios que actualmente rigen el diseño sismorresistente. Evidentemente, la adecuada respuesta de estas construcciones está en la **configuración**, que es casi la única herramienta de diseño sísmico con la que se podría haber contado en ese entonces.

En la actualidad, esta problemática ha adquirido gran relevancia a escala mundial y a medida que avanza la investigación, el nivel de la práctica del diseño sísmico se vuelve más complejo. De allí la importancia del conocimiento y la responsabilidad a nivel profesional para actuar en el medio.

De la seguridad sísmica de las construcciones no se puede responsabilizar sólo al ingeniero, de ser así, habría escasa motivación para que el arquitecto se interesara por esta temática. Por el contrario, la sismorresistencia del edificio constituye una responsabilidad compartida entre el arquitecto, quien lo diseña, y el ingeniero, quien lo calcula y ambos cuando resuelven conjuntamente los aspectos constructivos.

Cabe aquí preguntarse cuál es la función que cumple el arquitecto que influye en el comportamiento sísmico del edificio. La respuesta es que el arquitecto, en el proceso de diseño, es quien define la configuración de la construcción.

De la Configuración

La configuración en general se define como el tamaño y la forma del edificio, esto implica la naturaleza, el tamaño y la situación tanto de los elementos estructurales como los no estructurales que puedan influir en el comportamiento sismorresistente.

La configuración y los elementos formales que la crean se originan en el programa arquitectónico. Pero existen otras determinantes de configuración a tenerse en cuenta como la geometría, geología y clima del lugar, requisitos de diseño urbano y aspectos arquitectónicos de estilo. La configuración, en definitiva, es el resultado de un proceso de decisión que considera estas variables.

Al definir la configuración del edificio el arquitecto está determinando los posibles sistemas resistentes que se pueden usar, así como el tamaño y modulación estructural. Muchos daños graves o colapso de las construcciones se deben a fallas de configuración.

¹ Arquitecta. Es Profesora Adjunta de Estructuras e Investigadora cat. III en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Actúa como codirectora del Programa "El Bambú: Arquitectura y Desarrollo Sustentable" y como directora del Proyecto "El Bambú como Material Estructural: Diseño y Desarrollo". Realizó diferentes cursos de posgrado relacionados al diseño estructural y constructivo y participó en Congresos y Seminarios Nacionales e Internacionales con presentación de Ponencias. E-mail: sucom@arnet.com.ar – Tel.: 0381 4364093 – int. 441

² Arquitecto. Es Jefe de Trabajos prácticos de Estructuras e Investigador cat. III en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Actúa como Integrante del Programa "El Bambú: Arquitectura y Desarrollo Sustentable". Realizó diferentes cursos de posgrado relacionados al diseño estructural y constructivo y participó en Congresos y Seminarios Nacionales e Internacionales con presentación de Ponencias. Tel.: 0381 4364093 – int. 441

³ Ingeniero Civil. Es Jefe de Trabajos prácticos de Estructuras e Investigador cat. V en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán. Actúa como Integrante del Programa "El Bambú: Arquitectura y Desarrollo Sustentable". Realizó cursos de posgrado relacionados al diseño estructural y constructivo y participó en Congresos y Seminarios Nacionales e Internacionales con presentación de Ponencias. E-mail: arteran@tucbbs.com -Tel.: 0381 4364093 – int. 441

No se quiere decir con esto que la configuración es lo único a tener en cuenta, y que las técnicas de cálculo y diseño constructivo de la ingeniería no son determinantes, sino que ambas contribuyen en la seguridad y eficiencia del edificio. Las primeras ideas del diseñador sobre la configuración son muy importantes, ya que en una etapa muy conceptual y tal vez antes de que se discutan los aspectos de ingeniería, el arquitecto está tomando decisiones que van a tener gran importancia en las etapas posteriores del proyecto. El sismo ataca al edificio en su conjunto y no distingue entre aquellos elementos proyectados por el arquitecto y aquellos concebidos por el ingeniero

Está comprobado desde hace tiempo que la configuración y la sencillez del sistema estructural sismorresistente son más importantes que las fuerzas equivalentes de cálculo. Si originalmente la configuración es mal concebida, todo lo que el ingeniero puede hacer es sólo mejorar una solución básicamente deficiente lo mejor posible, en cambio si se empieza con una configuración adecuada, un cálculo menos ajustado no afectaría demasiado el comportamiento final

En cuanto a los reglamentos de la mayoría de los países, éstos especifican normas para el cálculo estructural y la construcción, pero no abordan el problema de la configuración. Sólo hacen referencia a que estructuras con formas irregulares, se determinarán teniendo en cuenta las características dinámicas de las mismas. Si el tema es tan importante, es necesario cuestionarse porqué los reglamentos lo tratan en forma tan general. Lo que ocurre es que a pesar de que los especialistas que participan en el campo de la sismología han reconocido que la configuración es un aspecto clave, es muy difícil reducir el tema al simple conjunto de especificaciones definidas en un reglamento, por la infinita variación de configuraciones que pueden concebirse.

De los fundamentos para el diseño del modelo

Las medidas más importantes del movimiento del suelo son tres: aceleración, velocidad y desplazamiento. La aceleración indica el cambio de velocidad; cuando se multiplica por la masa, da la fuerza de inercia que debe resistir el edificio. La **aceleración** se mide en término de g, que es la aceleración de un cuerpo que cae libremente debido a la gravedad de la tierra (9,8 m/seg²). La **velocidad**, que se mide en metros por segundo, se refiere al cambio del movimiento del suelo. El **desplazamiento**, medido en metros, se refiere a la distancia de una partícula que se mueve de su posición de reposo.

La medida de aceleración se usa comúnmente para indicar el posible poder destructivo de un sismo en relación con un edificio. Una medida más significativa es la de aceleración combinada con la duración. La frecuencia es otro parámetro importante del movimiento del suelo en cuanto diseño.

Una aceleración del suelo cercana a 0.5 g es muy alta. En los pisos superiores de los edificios, las aceleraciones máximas serán más altas, dependiendo del grado en que la masa y la forma del edificio actúen para amortiguar los efectos vibratorios. Se puede alcanzar una cifra de 1.0 g o 100% de gravedad. En un sentido estático esto es equivalente a tratar de diseñar un edificio que se proyecta horizontalmente, teniendo su base sobre una superficie vertical. Cuando se observa el comportamiento real de los edificios se ve que varios factores modifican esta equivalencia, y las estructuras que por su diseño nunca podrían quedar en voladizo respecto a una superficie vertical, pueden soportar por breves instantes un sacudimiento sísmico de 1.0 g.

El movimiento del suelo no daña al edificio por un impacto o por presión aplicada externamente, como la del viento, sino por fuerzas de inercia que se generan internamente por la vibración de la masa del edificio. La configuración determinará parcialmente tanto la naturaleza de estas fuerzas como la manera en que serán resistidas.

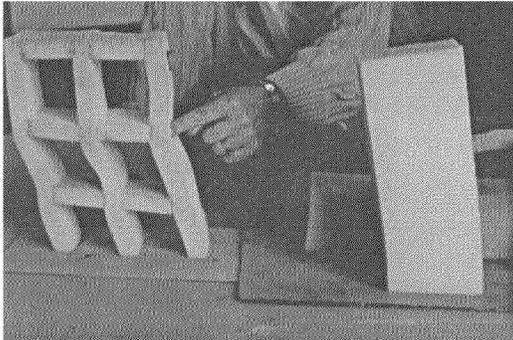
Un eficiente diseño sismorresistente se logra con una distribución continua y uniforme de masas, resistencia y rigideces tanto en planta como en elevación, así como con una adecuada ductilidad para disipar energía.

De los modelos didácticos

Teniendo en cuenta los conceptos explicitados y en el marco de la materia Electiva "Arquitectura en Zona Sísmica", cuyo dictado está a cargo de la Cátedra de Estructuras I de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, desarrollamos un modelo didáctico a los efectos de visualizar y estudiar cualitativamente los problemas de configuración en relación a los efectos de la acción sísmica sobre los edificios. Cabe señalar que en dicha materia electiva se encara el problema sísmico en forma global teniendo en cuenta aspectos geológicos, urbanos, de diseño estructural y constructivo, tecnologías apropiadas, y aspectos psicológicos y de comportamiento humano.

La importancia de la búsqueda de un modelo cualitativo es que en la Enseñanza de las Estructuras éste constituye una poderosa herramienta de interés práctico y didáctico, que permite la comprensión del fenómeno estructural; el observar la estructura deformándose, bajo la acción de las cargas, lleva a imaginar el estado de tensión del elemento estructural e intuir su probable mecanismo de falla. Es decir que el análisis debe partir, como propone Torroja (Ing Español) “**de lo deformatorio a lo tensional**”.

Esta metodología de enseñanza que asocia la teoría con la realidad, a través del estudio por modelos tridimensionales resulta muy eficaz y hasta en ciertos casos insoslayable en el proceso de enseñanza-aprendizaje porque permite formar alumnos críticos, creadores, activos, que aprendan a descubrir por sí mismos y no aceptar todo lo que se les ofrece



Análisis “de lo deformatorio a lo tensional”

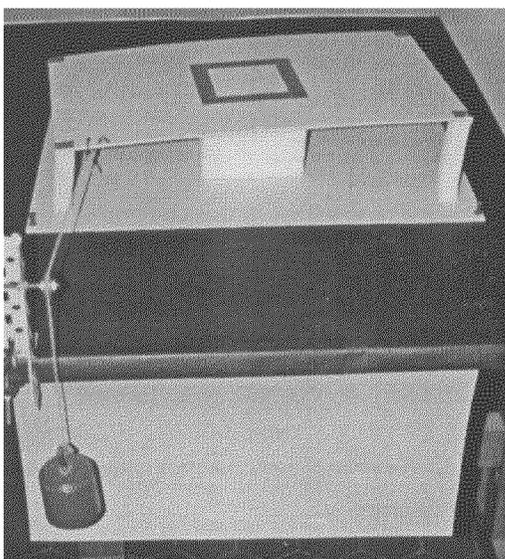


Análisis estructural a partir del uso del modelo

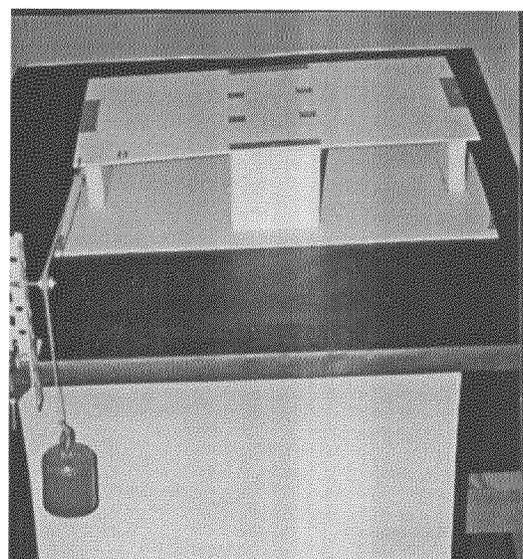
En este fin de siglo, dado el explosivo desarrollo de las nuevas tecnologías, el avance del conocimiento y el fácil acceso a la información, la Educación Universitaria impone, más que nunca, una nueva forma de enseñanza alejada del enciclopedismo y que privilegie lo conceptual y lo metodológico, y no la mera acumulación de información o procedimientos que da como resultado lo que se denomina el “**conocimiento inerte**”, o sea el conocimiento que los alumnos no pueden llevar a la práctica para resolver los problemas profesionales.

En el campo de las estructuras, estamos convencidos de que el proceso de aprendizaje debe estar en estrecho contacto con la realidad práctica, por esto más que presentar modelos matemáticos en abstracto, es necesario ver a la estructura como una realidad material que acompaña la forma arquitectónica.

Inicialmente desarrollamos un modelo para el estudio de la configuración en planta. El mismo está formado por una base y un diafragma de cartón, con diferentes disposiciones de planos verticales sismorresistentes, materializados con espuma de poliuretano; éste nos permitió analizar mediante un mecanismo apropiado para la aplicación de la fuerza sísmica, la estabilidad del sistema frente a las traslaciones según dos direcciones horizontales y a la rotación, previa determinación aproximada del centro de masa y del centro de rigidez. Con ello se pone en evidencia la excentricidad y por lo tanto se tendrá una idea de la torsión a la que va a ser sometida la estructura.



Modelo experimental para analizar la rigidez torsional



Alternativa en la configuración para mejorar