

CREACION DE TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE EDIFICACIONES EN ZONAS SISMICAS

José a. Peña U. *

Carmen Yáñez *

Nancy Dembo **

Carlos Díaz P. **

*Profesor IDEC, FAU, Universidad Central de Venezuela, UCV.

** Miembros del Equipo de Diseño de OTIP, C.A. y LARPRE C.A.

Resumen

Se plantea la necesidad de lograr una mayor productividad en la construcción de las edificaciones, para lo cual es necesario crear nuevas tecnologías que deben ser coherentes con los medios y con los recursos de que se disponen para la producción de edificaciones para vivienda y servicios, tales como escuelas, hospitales, centros comunales, centros culturales, entre otros.

Se exponen los aspectos conceptuales que rigen el diseño y el análisis estructural de los sistemas constructivos haciendo énfasis especialmente en dos aspectos: el riesgo sísmico y la participación interdisciplinaria para la creación, desarrollo y puesta en marcha de nuevas tecnologías. Se presentan algunas experiencias realizadas en Venezuela por el equipo multidisciplinario el cual co-participan los autores.

No sin vacilaciones nos hemos preguntado en más de una oportunidad como participa la ingeniería del mundo contemporáneo en el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

No es casual que el desarrollo de nuevas tecnologías hayan creado sociedades más prósperas en términos materiales, sólo que estos adelantos tecnológicos no siempre han correspondido con una cultura más desarrollada en cuanto a su sabiduría y bienestar.

El espectáculo de los acontecimientos políticos, sociales y económicos nos hacen intuir que vivimos el fin de una época, donde el reto a la imaginación y la creatividad tiene la palabra. Es en actitud de diálogo, del diálogo visto como forma de investigación, que deseamos exponer algunos conceptos de diseño estructural que nos han resultado orientadores en los desarrollos de tecnologías en el área de la construcción.

¿Cuáles han sido para el hombre moderno las directrices en el diseño de sus edificaciones?

Al consultar la descripción correspondiente a la palabra diseño en el diccionario de la Lengua Española ésta comienza así: "*Traza, delineación de un edificio o de una figura...*". Diseño-Edificación aparece así como una asociación un binomio indisoluble.

Cuando hablamos de buen diseño en el campo que nos concierne, nos orientamos en general, a la alternativa de solución más viable en términos de funcionalidad, seguridad y en último término economía. Este último puede ser muy variable según el objetivo del proyecto; por ello quizás deberíamos hablar de la racionalidad y no en términos de costo.

Tradicionalmente los dos primeros requerimientos tienen sus responsables inmediatos. Los logros en el funcionamiento de la edificación se transforman en méritos para el Arquitecto, la acertada resistencia de la estructura ha sido siempre menester del Ingeniero.

La racionalidad del diseño, con sus evidentes ventajas económicas no despierta generalmente entusiasmas tan evidentes cuando de hacerse responsables de ella se trata.

¿Qué proposiciones o conceptos nos resultan atractivas en el campo de estructuras racionales?

Uno de ellos es el concepto del flujo de fuerzas, concepto que generalmente es asimilado en forma intuitiva y que entendemos como el saber expresar con certeza la forma en como las fuerzas se conducen a través de los elementos que conforman la estructura hasta el nivel de soporte; visualizando además los cambios que se producen en la conducción de los mismos y evaluando las magnitudes de ellos en los puntos vitales de la estructura.

El flujo de fuerza se origina bajo las acciones o cargas del peso propio y de las sobrecargas o aquellas que se refieren a efectos de viento, sismo u otras eventualidades.

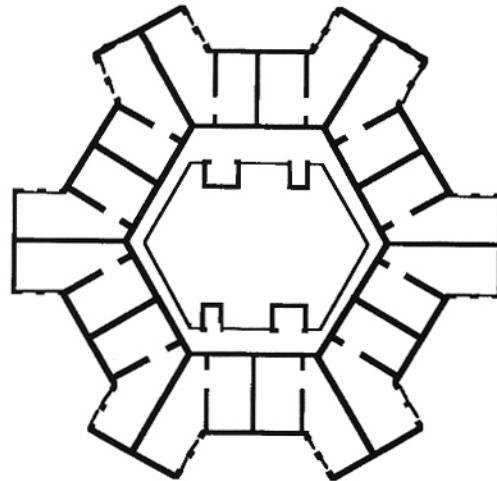
Los logros obtenidos por la aplicación del concepto de Flujo de Fuerzas y sus características y sus características han permitidos al diseñador estructural entender mejor la naturaleza de las fuerzas y su transmisión a través de la estructura permitiéndole desarrollar formas más racionales.

El análisis de las estructuras con este enfoque nos lleva entonces a la investigación de las geometrías más "apropiadas" y en consecuencia a la distribución más eficaz de los elementos portantes.

Como obtener el mejor equilibrio entre la rigidez, la deformabilidad y resistencia de una edificación.

El recorrido de las fuerzas originados por las cargas gravitacionales es un esquema mucho más sencillo de intuir que aquel producido por efectos de cargas horizontales como el sismo y el viento. Sin embargo, es posible llevar a expresiones simplificadas el comportamiento de estas cargas y analizarlas como esfuerzos de tracción y compresión trasladados a la base de la edificación.

El ejemplo que mostramos a continuación representa una distribución en planta de paredes portantes para un edificio de viviendas.



Estructura con muros de carga en varias direcciones (cruzadas)
Fig. 1

En este caso particular se crean unas macrocolumnas que por su ubicación en relación al eje de simetría generan una gran rigidez de la estructura. (Fig. 1)

Las plantas bajas en este caso requieren de espacios libres por lo que fue necesario dejar importantes aberturas en la estructura (Fig 2)

Por ello fue necesario prever líneas de resistencia (Fig. 2b) capaces de soportar los efectos de tracción y compresión que se originarían en el momento de un eventual sismo.

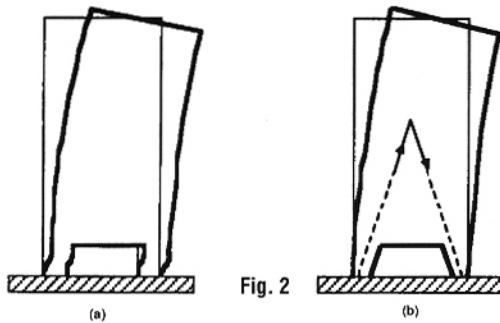


Fig. 2

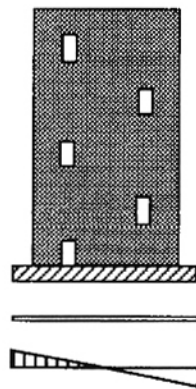


Fig. 3

La presencia de las aberturas tradicionales como puertas, ventanas, ductos representa, en este esquema de Flujo de Fuerzas, algo equivalente a un obstáculo en el recorrido de un

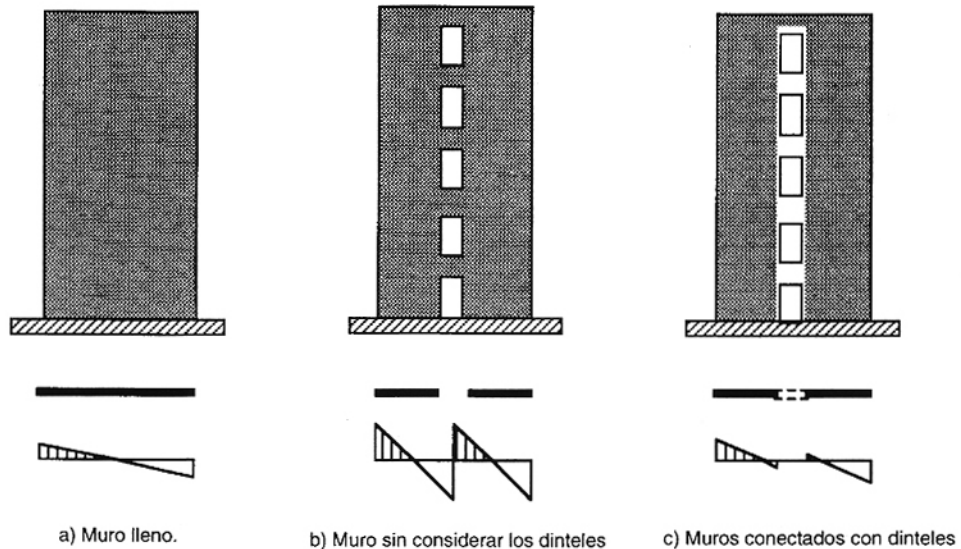
fluido. El acierto en la distribución de los mismos significan reducciones importantes en los valores de los esfuerzos. (Fig. 3 y 4)

El como se redistribuyen estas fuerzas depende no sólo de la geometría propuesta, está asociado directamente al conocimiento de los distintos materiales tradicionalmente utilizados en esta industria es otra de las vías para el logro de edificaciones racionales.

El campo de los **nuevos materiales**, o bien de proposiciones alternativas al uso de materiales tradicionalmente utilizados en esta industria es otra de las vías para el logro de edificaciones racionales.

Las tecnologías de punta orientadas hacia el desarrollo de nuevos materiales representan innovaciones atractivas en este campo. La posibilidad de conocer las debilidades y bondades de los materiales, jugar con sus secciones, conjuarlas en diversas opciones han permitido desarrollar estructuras cada vez más eficaces. El material donde realmente se necesita, obteniendo de él las mejores ventajas desde el punto de vista de sus propiedades mecánicas intrínsecas.

¿Qué contemplan los códigos y normas existentes a los que recurre tradicionalmente el profesional?



a) Muro lleno.

b) Muro sin considerar los dinteles

c) Muros conectados con dinteles

Fig. 4

Los códigos y las normas sísmicas existentes en casi todos los países se plantean la necesidad de dotar al ingeniero estructural de un método de cálculo que haga posible la siguiente premisa: **Después de ocurrido un terremoto, de una intensidad no superior a la esperada estadísticamente, la edificación debe permanecer en pie.**

En el proceso de diseño de una edificación prevalece en forma determinante, el manejo y utilización de los conocimientos de la mecánica de los materiales aunado al ingenio para producir un diseño que cumpla con los requerimientos de funcionalidad de la edificación, por encima del uso de modernos y avanzados manuales, códigos y normas de que se disponga. Se entiende que la funcionalidad de la edificación, desde el punto de vista arquitectónico, está ligada a la adecuación al uso de los espacios y a las exigencias del entorno urbano. Desde el punto de vista del diseño estructural, es condición indispensable que la edificación debe corresponder apropiadamente a las diversas solicitaciones a las que se verá sometida a lo largo de su vida.

Lo que asegura que una edificación tenga una respuesta adecuada ante las acciones externas a que fuere sometida, se basa en el arte de combinar en manera coherente y armónica la configuración más apropiada de ella con las exigencias de los espacios, con el dimensionamiento correcto de los elementos

estructurales que la integran, con la escogencia de los materiales según las propiedades intrínsecas de su comportamiento, y con los demás elementos componentes de la edificación.

El proceso de diseño de una edificación comienza por plantear la configuración de la misma, con lo cual es posible establecer sus propiedades y pasar por último, a realizar el análisis estructural.

Al configurar la edificación se ha determinado la forma, dimensión y disposición de las partes que la componen; se escogen los materiales para la estructura y para los demás elementos que la integran, todo ello de acuerdo al uso que se le vaya a dar a la edificación. En esta fase es necesario visualizar el comportamiento de la configuración planteada frente a la acción de los diferentes estados de cargas (verticales y horizontales).

Al hablar de propiedades de la edificación, nos referimos a la interacción entre las diferentes partes, al aislamiento térmico y acústico, y a la adecuación al uso en el tiempo, entre otras propiedades.

En la fase de análisis se determinan las fuerzas a las cuales se verá sometida la edificación, se comprueba su comporta-

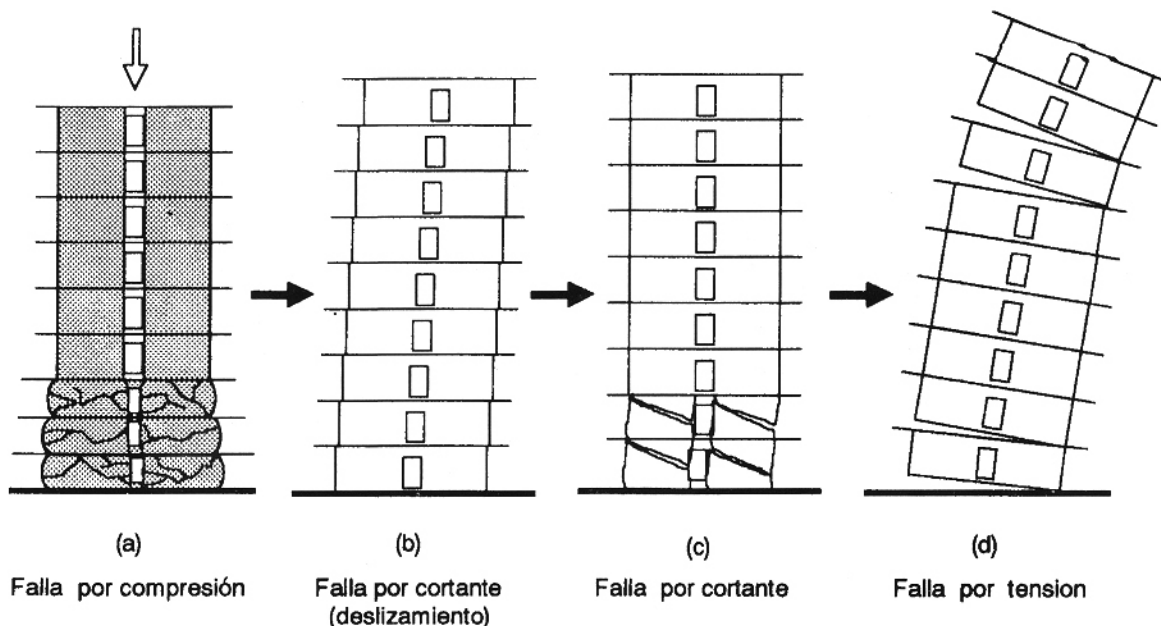


Fig. 5

miento bajos los distintos estados de carga y se verifican las dimensiones y cuantía de materiales de los elementos que integran la estructura.

La historia de los últimos terremotos ha puesto en evidencia que una buena configuración de la edificación, haciendo uso de formas sencillas que sean coherentes con los materiales seleccionados, es de primordial importancia y está por encima de cualquier cálculo analítico o cuantitativo en el cual pudo basarse el análisis estructural. Esa coherencia se ha reflejado en una adecuada interacción entre las diferentes partes que componen la estructura, lo cual ha permitido al conjunto soportar las fuerzas de tensión, corte y vuelco que se originan por la acción del sismo. (Fig. 5)

No hay duda de lo atinado de las teorías en las cuales se basan las Normas y la posibilidad de obtener una atractiva concreción en resultados numéricos para una solución estructural. Pero se ha dejado de lado el planteamiento conceptual, planteamiento que debe estar basado en métodos de diseño que respondan a procesos constructivos coherentes con la forma, la dimensión y los materiales que integran la edificación. Previo al planteamiento analítico de la cuestión, no cabe duda, está el planteamiento conceptual.

En cuánto a los códigos y normas actuales, se impone la necesidad de incluir en ellos un capítulo dedicado a las configuraciones de edificios más apropiados para ser construídas en zonas sísmicas, lo cual debe acompañarse de los «por que» de estas soluciones. Esto permitirá en el futuro crear un lenguaje común entre los profesionales que participamos en el proceso del diseño, permitiendo con ello ampliar y profundizar, a mediano plazo, en el campo de la investigación y la creación de muchas otras configuraciones, que aún no se han empleado, y que cumplan con la cuestión de la sismo-resistencia.

Una opción diferente a la sismo-resistencia está en la posibilidad de aislar las edificaciones de los efectos producidos por los desplazamientos horizontales del suelo durante la ocu-

rrencia de un sismo, evitando las consecuencias de un proceso iterativo de flexión en el edificio.

Quiénes han experimentado en el área aseguran que esta alternativa ofrece ventajas en relación a la conservación de lo contenido en las edificaciones, produciendo frente a un potencial terremoto, un 40% menos en pérdidas materiales y un 6% menos en costos de construcción, ya que la resistencia adicional para soportar el sismo no serían requeridas.

Algunos ejemplos de edificaciones donde ha sido aplicada esta tecnología, tendrán que esperar la ocurrencia de un sismo que permita evaluar lo que hasta el momento sólo ha sido estudiado en forma experimental.

Los códigos aún no respaldan estas innovaciones aún cuando se trabaja en ello.

Sin duda, el aislamiento de las bases de una edificación, la posibilidad de liberar su energía frente a la eventual acción de un sismo; ofreciendo protección a los ocupantes, contenido y estructura del mismo es una opción atractiva para cerrar el siglo.

Nos correspondería ahora hablar sobre lo que entendemos como la **ingeniería del detalle**, en otras palabras el como hacer, el como llevar todos estos planteamientos a una realidad. Vamos a optar en esta oportunidad por mostrar dos de las experiencias que como equipo interdisciplinario hemos desarrollado los autores de este artículo.

Nuestra realidad socio-económica nos plantea retos adicionales a la excelencia de la edificación. Tenemos una alta demanda de edificaciones en todas las áreas: vivienda, obras de servicios tales como escuela, hospitales, centros culturales, edificaciones de educación superior. Es por esta razón que nuestras soluciones muestran no sólo un reflejo de los conceptos sismo-resistentes antes planteados, sino también proposiciones en el campo de la producción masiva de edificaciones.