

7. APENDICE. PLATICAS ESPECIALES.

7.1 Diseño Estructural en México; Situación Actual y Tendencias.

Enrique Martínez Romero

Antecedentes.

Los grandes eventos sísmicos suelen traer consigo la revisión de la práctica profesional en el diseño estructural, ajustándola con las experiencias buenas y malas que se ponen de manifiesto durante los sismos.

Una edificación que se comporta adecuadamente durante un sismo intenso, deja desde luego muy positivas lecciones y permite refinar los principios en que se fundamentan tanto su cálculo como su construcción. Sin embargo, lamentablemente las edificaciones que fallan o se dañan severamente, dejan mayores conocimientos sobre lo que no debe hacerse, o lo que se debió haber hecho, y permite aceptar que lo que creíamos conocer y saber, en realidad no lo sabíamos, y esto en si impulsa los esfuerzos tecnológicos y de investigación. De allí que como consecuencia directa de los efectos de los sismos intensos en las edificaciones, se den cambios importantes en los códigos y reglamentos que rigen la construcción sismoresistente.

El reglamento para las construcciones en el Distrito Federal de 1987 (RCDF'87) es el producto de esta secuencia de hechos a partir de los sismos de México de septiembre 19 y 20 de 1985, ya que refleja en su mayoría cambios y ajustes a la práctica profesional del ingeniero en estructuras, cambios que desde luego, involucran a otras disciplinas que al igual que la que nos ocupa, se relacionan con la industria de la construcción.

Tal vez el cambio mas importante se dio en la concientización del ejercicio profesional de ingenieros, arquitectos, constructores y autoridades gubernamentales, en quienes a nivel general desde luego, se ha notado una mayor preocupación por ejercer sus funciones con mayor esmero, calidad y ética.

El Ingeniero en Estructuras y el Reglamento Actual en México.

El RCDF'87 representa el acopio de nuevas experiencias y conocimientos de un número considerable de los mas respetables expertos de la profesión y de los organismos de investigación mas reputados del País, por lo que se ha tomado como lo último en el estado del conocimiento sobre el tema de las construcciones sismoresistentes. Se le he acogido como un documento oficial que engendra el cumplimiento legal de un mínimo de obligaciones que deben acatarse en el ejercicio profesional. Se le utiliza también como un patrón para medir la adecuabilidad de las estructuras existentes en cuanto a su comportamiento sísmico se refiere, y de igual manera, como una herramienta profesional que cuando se utiliza con destreza y buen juicio, permite al ingeniero practicante realizar un diseño estructural seguro

y económico.

Sin embargo, ningún reglamento de construcción descarta el hecho de aceptar ciertos riesgos que dependen fundamentalmente de su posibilidad de ocurrencia. Algunos tipos de estructuras, basándose en su uso, tienen menor tolerancia a la aceptación de estos riesgos que otras, y por lo mismo pueden absorber el sobrecosto de incorporar en ellas una reglamentación mucho más estricta que otras. Sin embargo ninguna sociedad puede ser lo suficientemente rica para forzar a que los edificios existentes, diseñados según reglamentos de otros tiempos, cumplan con el nuevo y más estricto reglamento actualmente en vigor, más allá de ciertos límites factibles del costo de su rehabilitación sísmoresistente, lo cual implica una tolerancia al riesgo.

Algunas tecnologías innovadoras como el uso de disipación de energía, están siendo enfocadas como una tendencia positiva y económica para el mejoramiento de la respuesta sísmica de estructuras existentes. Los reglamentos, en general, muy remotamente proporcionan recomendaciones y procedimientos detallados para lograr rehabilitaciones seguras y confiables, toda vez que dichas recomendaciones dependen en gran parte de las condiciones actuales de la estructura que en particular se estudie, en cada caso. Por ello, esta tecnología pretende comprometer a un mínimo la capacidad de sobrecarga, o reserva de resistencia de una estructura existente para disipar energía, y basa su filosofía en un primer sistema, hasta cierto punto independiente de la estructura original, para absorber la mayor parte de la energía sísmica incidente, creando cantidades importantes de amortiguamiento estructural que en consecuencia, disminuyen las ordenadas espectrales de aceleración e imponen menores fuerzas sísmicas a la estructura y cimentación originales.

En cuanto a esto se refiere, el RCDF'87 no contiene ninguna disposición específica relacionada con el uso de nuevas tecnologías como medio de protección sísmoresistente de los sistemas estructurales, y no obstante que no limita específicamente su utilización, tampoco la admite en forma clara y abierta.

Aún y cuando el reglamento, en lo que concierne al diseño sísmico de estructuras, se caracteriza por ser empírico, estos enfoques empíricos considerados tienen definitivamente una base racional, y es esta última la que debe quedar expuesta para ajustar los criterios de diseño al emplear tecnologías nuevas (vgr. dispositivos de disipación pasiva de energía).

Para lograr lo anterior, el profesional practicante deberá basarse en procedimientos analíticos no requeridos por el reglamento para satisfacer lo que él considera el procedimiento más apropiado para lograr una solución racional al problema, y por lo mismo queda expuesto a un cierto riesgo profesional no despreciable, desde el momento en que su práctica particular no ha quedado totalmente dentro de la protección jurídica que el cumplimiento con el reglamento proporciona para el ejercicio profesional.

Existen profesionistas que reconocen todo lo anterior, y a pesar de ello, han decidido aceptar el riesgo de producir lo que ellos creen sea un criterio de diseño consiente y educado, más que un enfoque verdaderamente científico, toda vez que consideran que esto no solo es lo que diferencia a un ingeniero de un científico, sino también la única forma de actuar para hacer lo que la sociedad espera de la profesión ingenieril; esto es, ir avanzando tecnológicamente,

con riesgos calculados.

Tendencias del Diseño Estructural en México.

La mayor parte de los reglamentos para la construcción, incluyendo al de la Ciudad de México, utilizan a la ductilidad de los sistemas estructurales resistentes a las cargas laterales, como el principal medio para absorber y disipar las demandas extraordinarias de carga que les imponen los sismos. Sin embargo, a pesar de que esta situación está correctamente fundamentada en el comportamiento inelástico de las estructuras, se toma esta como una reserva de resistencia no siempre del todo confiable, en particular, en las estructuras de concreto reforzado, ya que no existe una forma cuantitativa de determinar el grado de daño previo existente en la estructura, el cual no siempre es detectable con claridad, ni medible con aceptable precisión.

La medición de la respuesta sísmica de las estructuras existentes por medio de instrumentos dan una medida muy general de su comportamiento global, lo cual es relativamente útil para calibrar los modelos matemáticos que se hacen para conocer su respuesta dinámica. Los ensayos de los materiales que constituyen las mismas, proporciona otro parámetro útil para perfeccionar el modelo, pero todos estos puntos son solo referencias que ayudan al ingeniero a estimar mejor el comportamiento que la estructura tendrá al verse sometida a las cargas que le impone un evento sísmico.

Sin embargo, existe conciencia de que todo lo anterior nos permitirá tener una idea mas o menos educada de lo que podrá ser la respuesta sismo-dinámica de un edificio, ya que sabemos existen una serie de factores y elementos estructurales y no estructurales cuya influencia en el comportamiento estructural es difícil de considerar y que sin duda, lo afectan.

Surge por ejemplo el caso de la cantidad de amortiguamiento interno de la construcción global, que por lo general no se llega a conocer con precisión y del cual depende grandemente la aceleración que tendrán sus masas al sobrevenir un sismo. Y si pensamos aún que durante un sismo intenso las incursiones en el rango inelástico de las estructuras pudiesen producir cierto grado de daño y por lo mismo, degradación de su resistencia y rigidez (principalmente en estructuras de concreto reforzado), entonces nos damos cuenta que en el mejor de los casos, nuestras pretendidas intenciones de modelar, probar y estudiar el comportamiento sismo-dinámico de las estructuras, con un grado de precisión que se antojaría extraordinariamente bueno para el estándar convencional que se emplea en la práctica profesional, queda solamente en unas buenas intenciones científicas y tecnológicas que la estructura en cuestión decidirá si le viene a bien aceptar o no.

Por todo lo anteriormente mencionado, el comportamiento sismo-dinámico estructural debería ser enfocado de una manera tal que, pensando que si lo que libera un sismo es energía, lo que debe preocupar es la forma en que las estructuras absorben y disipan esa energía, así como el daño que les produce durante esa consabida liberación de energía. El problema en este caso sería el de prever una forma para canalizar la energía de salida sin daño en la estructura.

La idea principal de un sistema suplementario de disipación de energía que se instale en un

edificio consiste en que este actúe como su primera línea de defensa contra los sismos en forma tal que al activarse libere a la estructura original del impacto sísmico inicial y de su energía de entrada, para disiparla casi en su totalidad mediante su trabajo inelástico, y aportándole un incremento substancial en su amortiguamiento interno.

En esta forma la estructura base del edificio se ve sometida solo a una parte de la energía sísmica de entrada la cual podrá manejar fácilmente con un comportamiento elástico conservando su reserva inelástica o ductilidad para los casos extremos, situación de auténtica ventaja para aquellos edificios que han sido previamente dañados por los sismos y en los cuales esta reserva de resistencia no es del todo confiable.

Esta tendencia en el diseño estructural cobrará mayor interés en la medida que se tenga mayor información sobre el comportamiento sísmico de los edificios que ya contienen los disipadores, y mientras mayor intercambio profesional exista entre los profesionistas que incursionan en este novel campo de la investigación.

Desde luego que se está generando ya una necesidad para que el reglamento para las construcciones actual, incluya específicamente algunos artículos que recomienden procedimientos y prácticas de diseño para las estructuras con dispositivos o estructuraciones especiales. Apareciendo estas normas, el ingeniero en estructuras tendrá ya a su favor un sólido argumento que avale legalmente su ejercicio profesional y no lo exponga a la enorme responsabilidad de actuar por cuenta propia dentro de ciertos lineamientos no del todo reglamentados.

No se debe soslayar el hecho que la práctica de la ingeniería estructural en México tiene un menor nivel de detalle que la que normalmente se ejerce en países más desarrollados. Esta situación conlleva algunas veces a improvisaciones en el proceso constructivo no siempre analizadas y avaladas por el ingeniero estructural, lo cual engendra varios riesgos para quien firma como responsable de una construcción.

Si bien lo anterior es criticable, en gran parte de las ocasiones es inevitable, ya que se origina de un proyecto arquitectónico incompleto, o no totalmente definido al momento de realizar el proyecto estructural final. De igual modo, los proyectos de instalaciones electromecánicas, hidráulicas, sanitarias y de aire acondicionado, por lo general quedan definidos mucho después de que los proyectos arquitectónicos y estructurales se han terminado, y causan con frecuencia que se tengan que habilitar costosos ductos y pasos a través de los componentes estructurales una vez que estos están ya construidos.

Por ello es recomendable que se revisen las prácticas profesionales ya no solo en ingeniería estructural, sino también, en la arquitectura y en las demás ingenierías, para que debidamente coordinadas entre sí, puedan complementarse una con otra para lograr dar a los planos ejecutivos o constructivos, el nivel de detalle que requieren, y no dejen a la imaginación o interpretación del ingeniero su realización en obra.

Con la presencia del ingeniero supervisor en el campo, se logran disminuir sensiblemente los problemas antes mencionados, pero no siempre evitarlos del todo. Es este ingeniero un

personaje de extraordinaria importancia para el profesionalista que haya firmado alguna licencia de construcción en su calidad de D.R.O o de corresponsable. Pero su función para que sea completa la deberá terminar mediante la "actualización" de los planos constructivos con los detalles que se agreguen en campo para su ejecución; es decir, con los planos "as built", práctica que difícilmente se hace hoy en día.

En resumen, la práctica profesional del ingeniero en estructuras no podrá mejorarse del todo en tanto no mejoren también las prácticas profesionales del arquitecto proyectista, de las ingenierías electromecánicas, hidráulica, sanitaria y de aire acondicionado, y desde luego de los coordinadores o gerentes de proyecto. Todos ellos en conjunto deberán seriamente reflexionar sobre la mejor manera de unir sus esfuerzos para mejorar la calidad del proyecto que se construye y ofrecer su garantía de seguridad estructural.

7.2 La Seguridad Sísmica de Escuelas y Hospitales en California, EUA

Ricardo Guzmán

Introducción.

La seguridad estructural y sísmica de escuelas públicas, hospitales y edificios de servicios esenciales en California, EUA, es supervisada por la Sección de Seguridad Estructural de la Oficina del Arquitecto del Estado (OSA/SSS son sus siglas en inglés), la cual pertenece al gobierno estatal. Las estaciones de bomberos y de policía, las prisiones y los centros de operaciones de emergencia son definidos como servicios esenciales.

El trabajo de la OSA/SSS es revisar que los planos, cálculos y especificaciones cumplan estrictamente con el reglamento vigente y supervisar que los edificios sean construidos con apego a los documentos aprobados. Esta es una tarea enorme ya que se construyen anualmente edificios bajo la jurisdicción de la OSA/SSS con valor de 2500 millones de dólares aproximadamente. También es una labor que requiere considerable tacto, métodos bien desarrollados, competencia profesional y dedicación.

Los esfuerzos de la OSA/SSS a través de mas de 50 años han resultado en un sistema de refinamiento y tradición y en uno de los grupos de estructuras con mejor récord de seguridad durante sismos pasados.

A continuación se describen los antecedentes históricos, el funcionamiento, la organización y el comportamiento de escuelas y hospitales desde que se construyen bajo la supervisión de la OSA/SSS.

Antecedentes Históricos.

Escuelas.

El 10 de abril de 1933 se aprobó en California la ley "Field Act" como una acción de emergencia. Esta ley tuvo como objetivo asegurar que las escuelas públicas fueran diseñadas y construidas para resistir adecuadamente sismos intensos. La emergencia se debió a que durante el sismo de Long Beach del 10 de marzo de 1933, aproximadamente el 75% de los edificios de escuelas públicas fueron dañados seriamente y hubo varios colapsos (Jephcott, 1984). Fue fácil concluir que si el sismo ($M=6.3$) hubiera ocurrido 3 o 4 horas mas temprano, cuando las escuelas funcionaban, muchos estudiantes y maestros habrían muerto o resultado gravemente heridos.

Posteriormente, la ley "Garrison Act" fue aprobada en 1939 para requerir que todos los edificios escolares construidos antes de 1933 fuesen examinados para determinar si eran inseguros. Aquellos encontrados inseguros tuvieron que ser rehabilitados o reemplazados.

Hospitales.

Durante el sismo del 9 de febrero de 1971 en San Fernando, el daño a hospitales de reciente construcción fue extenso y severo. El hospital Olive View fue dañado a tal grado que tuvo que ser demolido y reemplazado. Otros hospitales sufrieron daños de diferente grado en sus estructuras y elementos no-estructurales. La mayor parte de los daños pudo haber sido evitada si los hospitales hubieran sido diseñados y construidos con estándares adecuados, y si los elementos no-estructurales tuvieran un detallado adecuado para resistir movimientos sísmicos.

Debido al éxito con que las escuelas resistieron el mismo sismo en 1971 y otros sismos importantes en 1940 y 1952, se emitió la ley "Hospital Seismic Safety Act". Esta ley establece que los edificios de hospitales se diseñen y construyan bajo la supervisión de la OSA/SSS con estándares similares a los de las escuelas, pero con un mayor factor de importancia.

Edificios de Servicios Esenciales.

La ley "Essential Services Building Act" fue emitida en 1986 con la intención de que las estaciones de bomberos, policía, centros de operación de emergencia y de patrullas de caminos sean utilizables después de sismos intensos. Establece que la OSA/SSS supervisara su diseño y construcción bajo el código aplicable a escuelas y hospitales.

Reglamento de Construcción.

El diseño y construcción de escuelas públicas, hospitales y edificios de servicios esenciales en California son reglamentados por las partes primera y segunda del Título 24 "State Building Code" del Código de Reglamentos de California".

En la parte primera del Título 24 se establece el reglamento administrativo que define:

- La manera de solicitar revisiones
- El requisito de nombrar a los arquitectos e ingenieros estructuristas responsables
- Los tipos de aprobación que se efectúan (completas, temporales, para adiciones y alteraciones, menores, rehabilitaciones, etc.)
- Los documentos que se requieren tales como planos, cálculos, especificaciones, estudio de cimentación, estudio geosísmico, etc.
- Aprobación de inspectores de construcción y laboratorios de pruebas
- Responsabilidades y facultades de los ingenieros estructuristas de campo de la OSA/SSS
- Los reportes de construcción verificados que deben presentar los profesionales responsables, los inspectores y los laboratorios de pruebas
- La certificación de edificios una vez que se cumple con todos los requisitos

La segunda parte del Título 24 es el reglamento técnico de construcción. Es una modificación del Uniform Building Code (UBC) que incluye los requisitos en cuanto a cargas de diseño, materiales de construcción y elementos especiales en edificios.

La segunda parte del Título 24 se diferencia del UBC en que algunos de sus requisitos son mas severos, que algunos tipos de estructura no son permitidos y que se requieren pruebas e inspecciones mas estrictas y extensivas. Por ejemplo, cualquier tipo de irregularidad estructural que excede los criterios implica que se tenga que efectuar análisis dinámico, mientras que en

el UBC solo tres tipos de irregularidad estructural conducen a la necesidad de efectuarlos.

Organización y Funcionamiento de la OSA/SSS.

El organigrama de la OSA/SSS se muestra en la figura 1. En el se ve que el Jefe de la Sección de Seguridad Estructural (Chief Structural Safety) le reporta al Arquitecto del Estado. Arquitecto del Estado es un título y puesto que el gobernador de California otorga a un arquitecto con licencia destacado. Para seleccionarlos se hacen consideraciones de tipo político.

El Jefe de la Sección de Seguridad Estructural es un servidor público de carrera con licencia de Ingeniero Estructuralista. El dirige a nivel estatal las funciones de la OSA/SSS. Sus responsabilidades y autoridad están definidas en la Parte primera del Título 24.

En la actualidad la OSA/SSS divide a California en tres áreas según se muestra en la figura 2, y se indica en el organigrama de la figura 1. Las áreas son supervisadas desde oficinas en:

- Area I : San Francisco
- Area II : Sacramento
- Area III : Los Angeles

Cada oficina de area es dirigida por un Ingeniero Estructuralista Principal y se compone de tres unidades:

- Revisión de planos
- Ingeniería de campo
- Servicios de oficina

Unidad de revisión de planos.

Esta unidad revisa y aprueba los planos y especificaciones de nueva construcción, adiciones, alteraciones y rehabilitaciones de edificios. Los cálculos son revisados cuidadosamente pero no son sujeto de aprobación.

La seguridad de las personas es el objetivo principal de la OSA/SSS, sin embargo, también se toma en cuenta la protección del valor y durabilidad de los edificios. La estética, selección de materiales y funcionamiento del edificio no están sujetos a la revisión de la OSA/SSS.

Las actividades de la unidad son:

1. Revisión preliminar. Al recibirse los planos, cálculos y especificaciones, un ingeniero supervisor revisa que estén completos y suficientemente desarrollados. Si se considera que están incompletos o son de tipo preliminar se rechazan.

2. Chequeo. Esta actividad representa la mayor parte del trabajo. Los planos, cálculos y demás documentos de un proyecto son asignados a un ingeniero revisor (plan checker) para que verifique en un alto grado de detalle que cumplen con las Partes primera y segunda del Título 24 y con los principios, métodos y prácticas aceptables a la tradición profesional. Todo aquello que represente un peligro para la seguridad de las personas tiene, por reglamento, que ser detallado en planos y sus cálculos revisados. Esto implica que se revisen:

- Los planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones, para verificar la estabilidad de

todos los elementos del edificio.

- Los cálculos por cargas verticales y laterales
- Los cálculos de todos los elementos estructurales
- Los cálculos y detalles de todas las conexiones estructurales. Especial cuidado se pone en lo denominado "la trayectoria de cortantes" hasta la cimentación pasando por diafragmas, conexión de diafragmas a muros de cortante y/o marcos y transmisión de fuerzas a la cimentación
- La separación entre edificios
- Los cálculos, detalles y funcionamiento de fachadas y ventanales para verificar que pueden resistir las fuerzas y deflexiones laterales producidas por sismos.
- Las conexiones y estabilidad de elementos no-estructurales
- Coordinación entre planos arquitectónicos y estructurales, y con las especificaciones
- Las inspecciones y pruebas de laboratorio requeridas
- Que no haya conflictos de interés en las especificaciones

3. Supervisión del chequeo. Antes de regresar la copia de los planos y especificaciones corregida a los profesionales responsables, un supervisor revisa que el chequeo se haya hecho de acuerdo a los estándares de la oficina. Poniendo especial cuidado en los requisitos administrativos y en la "trayectoria de cortantes". Se evalúa la calidad del chequeo y el entendimiento de la estructura y detalles por parte del ingeniero revisor.

4. Verificación final (Back Check). Una vez que se han incorporado las correcciones a los documentos de construcción, el arquitecto y/o ingeniero estructurista responsables se reúnen con el ingeniero revisor para verificar dicha incorporación. Finalmente, los planos y las especificaciones son sellados y la oficina central en Sacramento emite la Carta de Aprobación.

Para facilitar el trabajo de la Unidad de Revisión de Planos se hace uso de los siguientes documentos y ayudas de trabajo:

- Manual de Interpretaciones (Interpretive Manual). Es un manual con una serie de procedimientos, criterios y métodos que la OAS/SSS considera satisfacen el reglamento. El Índice se reproduce en la figura 3.
- Plan Review Reminder List. Es una lista de los mas importante que se debe revisar y los párrafos del código correspondientes.
- Plan Checking Guidelines. Define el alcance y criterios para una revisión apropiada. Se dan ejemplos de correcciones y las prioridades del trabajo de revisión.
- Correcciones Estándar. Son una serie de comentarios y detalles estándar que se pueden usar al efectuar el chequeo.

Unidad de Ingeniería de Campo.

Esta unidad supervisa los trabajos de construcción para asegurar que se cumple con el reglamento y los documentos aprobados. Sus funciones son:

- Identificar errores u omisiones de diseño
- Aprobación de los inspectores de construcción
- Supervisa la calidad del trabajo de los inspectores de construcción mediante visitas periódicas al sitio y revisa sus reportes.
- Evalúa el trabajo de los arquitectos, ingenieros, laboratorios y contratistas.
- Examina edificios existentes para determinar si son seguros para ocuparse cuando se requiere.

- Aprueba órdenes de cambio en uso del inmueble.
- Verifica que todos los requisitos se han cumplido y recomienda la certificación de edificios terminados.

Principios Fundamentales de Operación.

Los principios en que se basan los trabajos de la OSA/SSS se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Todos los que diseñan, aún los mejores, son susceptibles de cometer errores o de mal interpretar el reglamento.
2. Para obtener un alto grado de seguridad durante sismos intensos es necesario tener mucho cuidado tanto con los aspectos mas generales del análisis como con los detalles mas pequeños.
3. Los conflictos de interés siempre llevan a resultados de inferior calidad:
 - El que diseña no debe pagar el sueldo del que revisa
 - El contratista de construcción no debe pagar el sueldo del que diseña, de los inspectores de construcción o de los laboratorios de pruebas.
4. El personal de la OSA/SSS que revisa el diseño y supervisa la construcción debe tener un alto grado de preparación:
 - Sólo se emplean ingenieros con licencia de Ingeniero Estructurista. Esta licencia solo se puede obtener mediante un examen de 16 horas (dos días) al que se tiene derecho tres años después de obtener la licenciatura de Ingeniero Civil. En California hay aproximadamente 60,000 ingenieros civiles y solamente 3,000 ingenieros estructuristas con licencia.
 - La clasificación mas baja en la OSA/SSS es Senior Structural Engineer que requiere licencia y un mínimo de 5 años de experiencia en diseño estructural.

7.3 Conceptos de Diseño Estructural de Edificaciones en Japón.

Tatsuo Murota

Antecedentes Históricos.

En el archipiélago Japonés, la población ha sufrido el efecto de desastres naturales como terremotos, tifones, fuertes nevadas, etc. con mucha frecuencia durante su historia. Muchas de las edificaciones se han perdido en los desastres, causando serios daños económicos y personales en la sociedad. La prevención de dichos desastres ha sido, por tanto, uno de los aspectos mas importantes a llevar a cabo en Japón.

En el pasado aproximadamente cien años atrás, todas las edificaciones y casas en Japón eran construcciones de madera. Por lo que los carpinteros eran los responsables de proporcionar la seguridad de edificaciones y casas contra los fenómenos naturales. Aquellos carpinteros que entregaban buenos trabajos, podían tener grandes peticiones de trabajo de los señores feudales, personajes influyentes, etc. Es preciso hacer notar que aquellos carpinteros que lograban contratar esos trabajos no necesariamente obtenían grandes cantidades de dinero, sin embargo sí conseguían respeto y admiración social.

Aquí, debo comentar acerca de la tradicional forma de pensar de la sociedad Japonesa sobre la relación entre labor y pago por él. Está estrechamente relacionada al Budismo.

En el siglo sexto, el Budismo se introdujo a Japón a través de China. Las enseñanzas del Budismo fueron escritas en Chino y, por lo tanto, solo un número limitado de personas podían leerlas. Entonces, el común de la gente fue dejada fuera de la influencia del Budismo hasta los siglos doce y trece, cuando algunos monjes Budistas establecieron nuevas sectas de Budismo. Las nuevas sectas eran partidarias de que la salvación del individuo podía obtenerse no solo a través de las lecturas sobre las enseñanzas de Buda, sino también pronunciando unas muy cortas y específicas palabras de admiración a Buda, tales como "Na-Mu-Amida-Bu". Y en el siglo quince, implementaron una nueva doctrina que versaba que el alcance de la salvación depende del número que dichas palabras sean dichas. La doctrina fue muy efectiva para incrementar el número de creyentes.

El siglo decimosexto fue un siglo de guerra en Japón. Los soldados "samurai" también tenían necesidad de obtener su salvación. Pero no era una tarea fácil para los soldados, porque ellos no tenían suficiente tiempo para pronunciar las palabras en los castillos de los señores feudales o en los campos de batalla. Entonces, un predicador Budista, que alguna vez había sido soldado también, abogó porque el trabajo fuera equivalente a pronunciar las palabras sagradas. Esta nueva forma de ver la fidelidad a su Dios fue bien recibida por la gente y, desde entonces, la idea continuó extendiéndose por todo Japón en los siguientes tres siglos.

"El objetivo mayor de trabajar es alcanzar la salvación del individuo". Esta idea ha sido mantenida inconcientemente por la mayoría de los Japoneses hasta la fecha. Esta es la razón por la que los Japoneses se incomodan cuando no tienen nada por hacer o por qué son

propensos a trabajar en exceso.

Para regresar a nuestro propósito, la habilidad del carpintero pudiera ser definida como "la tecnología para hacer edificaciones y casas tan resistentes como sea posible ante los fenómenos naturales, tales como terremotos, tormentas, fuertes nevadas, etc.". Con el propósito de obtener un estatus mayor, en otras palabras, con propósito de obtener la salvación, los carpinteros emplearían todo su tiempo para fomentar sus habilidades pensando y practicando como construir mas grandes y fuertes edificaciones. Fue así como se formó históricamente el concepto tan peculiar de Japón del diseño estructural de edificaciones y casas.

Concepto Tradicional de Diseño Estructural.

Los conceptos presentados anteriormente serán expresados como sigue: "Las edificaciones y casas serán las mas fuertes contra los fenómenos naturales, y la tecnología empleada para la construcción deberá ser la mejor". Este concepto es filosóficamente muy diferente de aquellos empleados en los países occidentales. La mayor diferencia se puede observar en el contrato entre el dueño de la edificación y el diseñador estructural. En países donde domina la cultura occidental, los contratos incluyen la descripción de las condiciones de diseño en los conceptos de fenómenos naturales, ante las cuales las edificaciones no deberán sufrir daños serios. Por otra parte en Japón, el contrato concierne principalmente a condiciones económicas y en su mayoría no describe los aspectos ante fenómenos naturales explícitamente. Porque es materia entendida en la tradición Japonesa, mencionada anteriormente, que el ingeniero estructurista diseñará la edificación tan resistente como sea posible ante fenómenos naturales.

Supongamos el caso de la ocurrencia de un sismo severo y causa algunos daños a edificaciones, y que el nivel del sismo excede el nivel de diseño planteado en el contrato. En este caso, el ingeniero estructurista no será responsable del daño en países occidentales. Sin embargo en Japón, él o ella no estarán siempre libres de responsabilidad. El o ella estarán libres de responsabilidad económicamente si la edificación cumple con los requisitos establecidos en los códigos de construcción, pero si muchas otras edificaciones en la vecindad de esta no han sufrido daño, la gente podrá pensar que el ingeniero es responsable de dicho daño, porque ellos piensan que esa situación es una clara evidencia de que el ingeniero no hizo su mejor esfuerzo en mejorar sus habilidades de diseñador.

Supongamos otro caso de la ocurrencia de un sismo severo y que no causa daño en las edificaciones, y que el nivel del sismo es cinco veces mayor que el sismo de diseño. En tal caso el ingeniero estructural podrá obtener gran estima y admiración en Japón. Pero en los Estados Unidos de Norteamérica, por ejemplo, el ingeniero estructurista pudiera ser criticado o llevado a juicio, porque la situación prueba su poca habilidad técnica y puede acarrear grandes pérdidas económicas al dueño de la edificación.

Propiedades del Diseño Estructural de Edificaciones.

Cuando se inicia el proceso de diseño estructural de una edificación o casa, se requiere definir las llamadas cargas de diseño. Las cargas de diseño están relacionadas principalmente a los niveles propuestos ante fenómenos naturales y a la ocupación de espacios en las mismas.

Las edificaciones permanecerán en un punto por muchos años. No pueden moverse o evacuarse a otro sitios, aún cuando fenómenos naturales severos incidirán en ellas y pueden causarles serios daños. Por lo tanto, los efectos máximos de los fenómenos naturales esperados en dichas edificaciones durante su vida útil serán de gran magnitud. Desde el punto de vista técnico, no es de gran dificultad el diseñar edificaciones para resistir los máximos efectos de dichos fenómenos naturales sin producirse daños serios. Sin embargo, si las edificaciones fueran diseñadas para resistir sin daños serios aquellos severos fenómenos, los costos de las construcciones se incrementarían grandemente, y las edificaciones no tendrían las formas y funciones apropiadas para que un ser humano viva confortablemente. Entonces, el ingeniero estructurista adopta algunos fenómenos naturales considerablemente menores que el máximo esperado durante la vida útil de la edificación.

Durante la vida útil de las edificaciones, los dueños pueden cambiar y el estilo de vida de la gente también puede cambiar. De acuerdo con esos cambios, las cargas por ocupación pueden cambiar considerablemente. El ingeniero estructurista al iniciar el proceso de diseño deberá tomar en cuenta que algunos cambios de ocupación pueden ser posibles en el futuro. Sin embargo, el ingeniero estructurista no puede necesariamente suponer los cambios máximos posibles en cargas vivas y muertas, por la misma razón que gobierna la decisión de los niveles de diseño ante fenómenos naturales.

La figura 1 ilustra la situación, donde el eje vertical indica los efectos de los fenómenos naturales a los que la edificación se verá expuesta, y el eje horizontal las cargas propias de la ocupación del inmueble. La línea SL corresponde a los efectos máximos de ambos, los efectos de los fenómenos naturales a los que la edificación se verá sujeta en su vida útil y la carga máxima que podría propiciar un cambio de uso en la edificación, esta curva podría definirse como los "límites de servicio". La línea TL indica los niveles objeto del diseño estructural, los que pueden denominarse "condiciones de diseño". La línea CR corresponde a los requisitos propuestos en los reglamentos para construcción, esta línea CR deberá ser una envolvente inferior de la línea TL.

Dentro de la zona definida por la línea TL, la mayoría de las edificaciones pueden resistir la incidencia de cargas externas sin sufrir daños serios. La zona definida por las líneas SL y TL (zona gris) aparece como región intocable por los diseñadores estructurales. En la mayoría de los casos, de hecho, no se hace nada en esta zona. Por lo tanto, si el dueño de una edificación pregunta a su diseñadores estructural "¿que pasaría en esta zona?", muchos de ellos no serían capaces de contestar con claridad. Sin embargo, se aprecia que, cuando el estructurista finaliza el diseño de la edificación tratando de satisfacer las "condiciones de diseño" o los "niveles objeto", el comportamiento estructural en la zona gris ha sido fijado automáticamente como consecuencia del precedente diseño estructural. Esto es, los estructuristas diseñan edificaciones no solo en la zona TL, sino también en la zona SL, inconscientemente.

Aquí, debemos pensar acerca del significado real del diseño estructural en la zona TL. El diseño estructural es una mas de las actividades comerciales y, entonces, la responsabilidad del estructurista será clara desde el punto de vista de la legislación comercial. Las "condiciones de diseño" deberán ser una de las "condiciones de contrato" a fin de esclarecer la responsabilidad del estructurista y, por lo tanto, nunca serán "las condiciones reales de diseño".

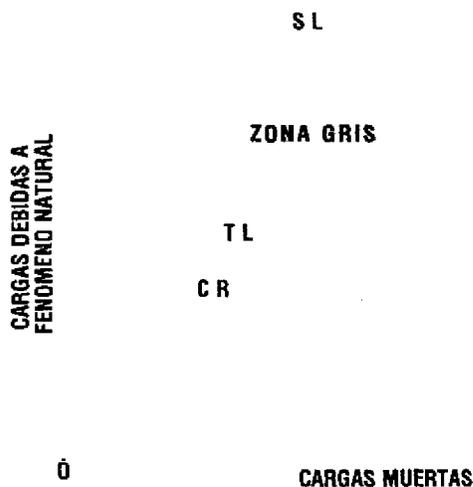
Las condiciones reales de diseño serán la combinación de las "condiciones de diseño" y las "condiciones de diseño para la zona SL".

Volviendo la vista al concepto tradicional de diseño estructural en Japón, desde el punto de vista técnico, requiere correctamente a los estructuristas asumir responsabilidad para las "reales condiciones de diseño", aunque técnicamente no es claro cual es la responsabilidad de los ingenieros estructuristas.

Futuro del Diseño Estructural.

El diseño en la zona gris es para predecir que pasaría y cuales serían los efectos en las vidas humanas. Con objeto de predecir esto, los ingenieros estructuristas deberán tener la habilidad de predecir modos de falla o resistencia últimas de marcos estructurales, elementos estructurales y no-estructurales, el efecto de la falla estructural en personas e instalaciones, costo de daños, etc. La mayoría de estos aspectos están relacionados al comportamiento plástico de las estructuras. Entonces, no es fácil actualmente predecir esos comportamientos correctamente. Sin embargo, los ingenieros estructuristas tratarán de obtener dicha información y realizar, en el futuro, tantas propuestas como sea posible al dueño de la edificación. Esto porque dichos esfuerzos contribuirán a que la gente tenga un mejor concepto del comportamiento estructural de edificaciones y también, como consecuencia, contribuirá a incrementar y mejorar la tecnología en diseño estructural y prevención de desastres.

Actualmente, en las sociedades de ingenieros civiles, existen dos serios problemas a resolver. Uno es cual es la seguridad de las estructuras. El otro es cual es la responsabilidad del diseñador. Si comenzamos aceptando los conceptos básicos de diseño estructural en la forma que se presentaron antes, se podrán obtener las respuestas a las preguntas en el futuro cercano.



CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

AV. DELFIN MADRIGAL N° 665, COL. PEDREGAL SANTO DOMINGO
DELEGACION COYOACAN, MEXICO D F , C.P. 04360

TELEFONOS. 606-98-37, 606-97-39, 606-99-82
FAX: 606-16-08