

## Rol de los Reglamentos de Cálculo

### 1) Seguridad Estructural

Mientras que muchos de los Códigos Municipales o Reglamentos que tratan con el cálculo de Edificios de Acero son lo suficientemente completos como para permitir el cálculo de estructuras seguras y económicas, la mayoría tiende a una excesiva brevedad, que implica a menudo sacrificios económicos, y los mantiene frecuentemente ajenos a nuevos desarrollos o actualizaciones. Después de todo, las disposiciones que tratan con el cálculo de las estructuras resistentes no son sino una pequeña porción de un cuerpo de leyes mucho más grande que cubre muchas fases y aspectos del proyecto y ejecución de un edificio.

Hay disponibles Especificaciones de Cálculo preparadas, bajo los auspicios de organizaciones no gubernamentales y por miembros particularmente preparados en esta rama de la ingeniería, para su inclusión dentro de las leyes. Ejemplos típicos son la *AISC Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings*, adoptada en 1923 con subsecuentes revisiones hasta la última versión de 1994; la *British Standard Specification No. 449*, editada por primera vez en 1932, actualizada en 1970 y permanentemente revisada ( *British Standard Institution*, 1959 ); y la *Design Guide and Standards*, editada por primera vez en 1941 y continuamente actualizada por el *Architectural Institute of Japan* ( AIJ, 1941 ). A menudo las especificaciones de cálculo se transforman en leyes, solamente después de una revisión técnica realizada por representantes de organismos oficiales y de su incorporación en Códigos de la Construcción u Ordenanzas Municipales o por su inclusión en el contrato entre el Constructor y el Propietario o su representante.

Algunos tópicos que conciernen al cálculo de las estructuras de acero se aplican igualmente a todo tipo de construcción, por ejemplo las Sobrecargas o Cargas Vivas, Acciones del Viento, Acciones Sísmicas, etc. son las mismas, independientemente del tipo de estructura resistente, lo mismo que sus combinaciones. Es por ello que esos temas suelen agruparse en forma separada del Reglamento específico perteneciente a algún tipo de material estructural.

Cualquier criterio de Seguridad Estructural solo puede ser evaluado, contrastándolo con el conocimiento de los antecedentes que determinaron la magnitud asignada a esas cargas y su correlación con las condiciones locales. En el cálculo de edificios de altura deben ser considerados dos niveles, ampliamente separados, de cargas cálculo: 1) El perteneciente a la falla real por colapso bajo condiciones de cargas recurrentes al menos una vez en el período de vida útil de la estructura y 2) un nivel al cual la estructura puede ser mantenida en servicio, con al menos pequeñas reparaciones de otros elementos colaterales del edificio (fisuras en paredes, etc.). Los requerimientos de servicio deben considerar factores tales como: la respuesta humana al movimiento de la estructura, las cargas de fatiga, la seguridad contra el fuego, las vibraciones y deformaciones.

Hoy día, son utilizados dos conceptos radicalmente distintos en la redacción de las especificaciones de cálculo. El antiguo formato de tensiones admisibles divide la resistencia especificada del componente de acero en cuestión, por un coeficiente de seguridad, el cual con muy pocas excepciones, es constante e independiente del tipo de carga en consideración. Por otro lado, el formato más nuevo de factores de carga y resistencia, multiplica las cargas de cálculo por varios factores mayores que la unidad.

Los factores de carga pueden diferir para los distintos tipos de carga y sus combinaciones. Los factores de carga son deducidos de estudios estadísticos que analizan la probabilidad de la variación de la intensidad y frecuencia de los distintos tipos de carga.

**Estructuras de Acero para Edificios de Altura**  
**Curso de Actualización - 2002**

La carga de cálculo o resistencia requerida es igualada a la resistencia probable de la estructura o componente. Esta resistencia se debe establecer sobre bases estadísticas de la variación de las propiedades de los materiales, de las propiedades de las secciones, de la respuesta de la estructura, tipo de uniones, procedimientos de inspección, etc. Estas variaciones pueden no ocurrir todas al mismo tiempo y por lo tanto debe ser considerado y analizado su comportamiento colectivo cuando deban ser aplicadas.

El cálculo por factores de carga y resistencia podrán tener en cuenta la severidad de una falla estructural y sus consecuencias requiriendo factores de carga para los componentes, diferentes de aquellos aplicables a sistemas parciales o a estructuras completas. Ambos formatos, además de ocuparse de la seguridad, a través de una amplia reserva de resistencia, tratan con otros estados límites asociados con el comportamiento bajo condiciones de servicio, tales como deformaciones excesivas, desplazamientos laterales, vibraciones del piso y fallas debidas a la fatiga.

Al presente, el formato de las tensiones admisibles es aún el tipo prevaleciente, excepto tal vez en Europa. El formato de factores de carga y resistencia es el formato de los reglamentos de algunos países Europeos como, por ejemplo, la USSR, Checoslovaquia, Francia y España. La *European Convention for Constructional Steelwork* (una asociación de 13 países del oeste Europeo ) editó su primera Recomendación basada en el formato de factores de carga hace más de 20 años. Este tipo de estándar ha sido adoptado por el International Standard Organization, ISO ). No obstante, esta especificación tiene bases estadísticas muy limitadas.

## **2) Condiciones Estructurales de Servicio**

La medida del comportamiento o eficiencia estructural en servicio de una estructura debe ser juzgada desde dos puntos de vista, ambos dependientes de la rigidez de la misma. Uno se refiere al edificio, como construcción en sí misma y otro relativo al confort de sus ocupantes.

Una excesiva flexibilidad de la estructura puede conducir a un alto costo de mantenimiento debido a las reparaciones de tabiques fisurados y a un peligro resultante del excesivo zarandeo de las paredes exteriores. No es posible establecer limitaciones simples en la deformación de la estructura para evitar que esto ocurra, ya que las particiones o tabiques y el cerramiento lateral son construidos de distintas maneras y utilizando muchos materiales diferentes. Estas limitaciones quedarán bajo la consideración del proyectista de la estructura como materia opinable y a juzgar basada sobre pasada experiencia.

La respuesta humana al movimiento varía asimismo en forma muy marcada con el individuo. Como se indica más adelante, la tolerancia humana a los movimientos laterales originados por fuerzas naturales aplicadas a edificios de altura, no puede estar, correlacionada con limitaciones arbitrarias de desviaciones horizontales como ha sido usado en el pasado. Se está invirtiendo mucho tiempo y estudios para dar un criterio mucho más realista que el mencionado y la aceleración surge como un promisorio parámetro. En edificios de muy gran altura el amortiguamiento viscoso puede resultar conveniente. La posibilidad de frecuencias torsionales, que igualan frecuencias traslacionales y conducen a excesivas aceleraciones torsionales no debe ser descuidado.

## **3) Aspectos Legales y Contractuales**

Los estándares publicados para el cálculo de estructuras de acero sirven distintas funciones y asumen muchas formas. Algunos se refieren solamente a los aspectos de cálculo: el tipo de material que puede ser usado, los límites a los cuales puede ser cargado, límites geométricos mínimos relativos a la estabilidad y los requerimientos para las uniones. Otros van más lejos, incluyendo disposiciones que regulan las prácticas de fabricación y montaje y estipulan

procedimientos para asegurar un adecuado control de calidad del producto y una total satisfacción con los planos de diseño y las especificaciones. Con el incremento de la sofisticación en las técnicas de fabricación, ciertas fases de los procesos como la soldadura y el abulonado, son cubiertas por documentos separados y preparados por organizaciones independientes de expertos y sus inclusiones son mencionadas.

Considerando el hecho, como se mencionó previamente, que un reglamento de cálculo estructural no es más que uno de los muchos que comprende el cuerpo completo de regulaciones para edificios y que el cumplimiento de sus disposiciones puede implicar un número de partes independientes, es evidente que las ramificaciones legales no tienen casi límites. Podemos discutir aquí solamente unos pocos aspectos.

Debe aclararse, que en donde las Especificaciones de Cálculo constituyen parte de la ley, su lenguaje no debe ser ambiguo y debe ser aplicable al mismo tiempo a estructuras monumentales y estructuras menores. Hoy día, pocas de tales especificaciones están dirigidas a edificios de muy gran altura diferentes de todos modos a aquellos correspondientes a edificios de dimensiones más pequeñas. Pocas especificaciones de cálculo indican los procedimientos analíticos que deben seguirse para determinar la distribución de esfuerzos generado por un sistema dado de cargas aplicadas en una estructura, sólo se requiere que el mismo sea " racional ", generalmente aceptado dentro de la profesión y adecuadamente sustentado por antecedentes de investigación.

Algunos reglamentos - como por ejemplo la Japanese Standards - requiere una revisión independiente del cálculo para edificios de altura inusual. No obstante, la responsabilidad del cumplimiento de los reglamentos permanece con el ingeniero inicialmente contratado. La cuestión de su responsabilidad sobre la propia ejecución de los trabajos mostrados en sus planos, es discutible. Sobre todo cuando la supervisión de la fabricación y el montaje son delegados a otros. La responsabilidad entre el autor del cálculo y el supervisor del contrato, debe ser claramente establecida. El código Australiano alcanza a clarificar esta situación requiriendo que todas las etapas de la construcción sean adecuadamente supervisadas por un Ingeniero Supervisor quien puede ser o bien el Ingeniero Calculista u otro calificado ingeniero, con responsabilidades claramente asignadas.

No es necesario aclarar que las especificaciones de cálculo es una pieza esencial que debe estar adjunta a cualquier acuerdo entre el propietario del edificio y las partes contratadas para el cálculo, fabricación y montaje de la estructura de su edificio, tanto como con los subcontratistas.

#### **4) Guías de Cálculo**

El uso de esquemas, tablas, gráficos y otras representaciones gráficas no son generalmente admisibles como un sustituto de la palabra escrita. No obstante, tales elementos pueden ser a menudo de gran utilidad, tanto como un medio para obtener una rápida comprensión de las distintas variables independientes dentro de un amplio rango de aplicación, como un simple medio de obtener una solución suficientemente precisa de un problema dado o para la rápida selección de un componente adecuado para una situación dada. Este tipo de ayuda puede aparecer como apéndice de las especificaciones de cálculo. De particular valor, con el objeto de alcanzar una clara comprensión de las disposiciones redactadas en la Especificación, es la inclusión de los "Comentarios" donde están documentados los antecedentes que avalan la concisa redacción de la Especificación y cita las referencias de los procedimientos analíticos y ensayos de investigación utilizados y consultados.