

SEMINARIO, ADMINISTRACIÓN Y TECNOLOGÍA
PARA LA ARQUITECTURA EL DISEÑO Y LA INGENIERÍA
MEMORIAS 2008

GRUPO DE INVESTIGACIÓN ADMINISTRACIÓN
Y TECNOLOGÍA PARA EL DISEÑO
PROCESOS Y TÉCNICAS DE REALIZACIÓN

DÍA

3

1

**EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES
¿ES SUFICIENTE PARA GARANTIZAR NUESTRA
SEGURIDAD EN LOS EDIFICIOS?**

Arq. César Jorge Carpio Utrilla

EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES ¿ES SUFICIENTE PARA GARANTIZAR NUESTRA SEGURIDAD EN LOS EDIFICIOS?

Arq. César Jorge Carpio Utrilla

Profesor Titular C



DE NO SER ASÍ...

¿Qué tipo de accidentes pueden dañar a los edificios?

- ◆ Todas las edificaciones durante su vida útil estarán sujetas a la acción continua de la naturaleza y de la gravedad, ambas fuerzas combinadas con el uso de los inmuebles, además de la degradación, pueden generar accidentes que pongan en riesgo la seguridad y habitabilidad del mismo.
- ◆ Los accidentes pueden ser de origen natural o provocado, causando daños debidos a efectos de sismo, viento, explosión, incendio, hundimiento, peso propio de la edificación o de las cargas adicionales que obran sobre ellas, también al deterioro de los materiales e instalaciones del inmueble.
- ◆ El riesgo en cada edificación depende y cambia con respecto a la localidad en donde se encuentre, el tipo de usuario, sistema constructivo y mantenimiento dado al inmueble.

El Sismo

- ◆ Sismo, efecto producido por el reacomodo o choque de las placas tectónicas, conformadas por las placas continentales y las placas oceánicas.
- ◆ El movimiento del terreno le trasmite a la construcción reacciones de inercia, variables según la masa y su distribución estructural.
- ◆ La mayoría de las ciudades grandes del país se localizan en la región sísmica B de la República Mexicana, sujeta a sismos de gran intensidad.
- ◆ Se debe de tomar en cuenta que el daño por sismo puede ser total o parcial por lo que se debe de prever mediante un cálculo estimado mayor al conveniente, también llamado factor de riesgo.

Clasificación de daños en edificios de mampostería de tabique

Grado 1: Daños de mínimos a ligeros

(ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros)

Fisuras en muy pocos muros.

Caída sólo de pequeños trozos de revestimiento.

Caída de tejas o partes sueltas de las azoteas o secciones altas de los edificios en muy pocos casos.

Grado 2: Daños moderados

(daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)

Grietas en muchos muros.

Caída de trozos bastante grandes de revestimiento.

Colapso parcial de chimeneas.

Grado 3: Daños de importantes a graves

(daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)

Grietas generalizadas en la mayoría de los muros.

Se sueltan tejas del tejado.

Fisuras de chimeneas por la línea del tejado.

Se dañan elementos individuales no-estructurales (tabiques, pretilas y tejados).

Grado 4: Daños muy graves

(daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)

Grietas grandes y generalizadas en la mayoría de los muros.

Se sueltan tejas del tejado.

Rotura de chimeneas por la línea del tejado.

Se dañan y sueltan elementos individuales no-estructurales (tabiques, bardas y tejados).

Grado 5: Destrucción

(daños estructurales muy graves)

Colapso total o casi total.

Clasificación de daños en edificios de concreto armado

Grado 1: Daños de mínimos a ligeros

(ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros)

Fisuras en el revestimiento de pórticos o en la base de los muros.

Fisuras en tabiques y divisiones.

Grado 2: Daños moderados

(daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)

Grietas en vigas y pilastras de pórticos y en muros estructurales.

Grietas en tabiques y divisiones; caída de lambrines y revestimientos frágiles. Caída de mortero de las juntas de paneles prefabricados.

Grado 3: Daños de importantes a graves

(daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)

Grietas en columnas y en uniones con las trabes en la base de los pórticos y vanos y en las juntas de los muros acoplados. Desprendimiento de aplanados de mortero, pandeo de las armaduras de refuerzo. Grandes grietas en tabiques y divisiones; se dañan paneles de divisiones aisladas.

Grado 4: Daños muy graves

(daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)

Grandes grietas en elementos estructurales con daños en el concreto por compresión y rotura de armaduras; fallas en la unión de armaduras y las trabes; ladeo de los muros y columnas.

Colapso de algunas columnas o de una planta alta o fracción.

Grado 5: Destrucción

(daños estructurales muy graves)

Colapso de la planta baja o de partes (por ejemplo alas) del edificio.

Determinación de los grados de intensidad

- ◆ Efectos en las personas
- ◆ Efectos en los objetos y en la naturaleza (los efectos y fallas en el terreno se tratan especialmente en otra sección)
- ◆ Daños en edificios

Grados de intensidad

Cada grado de intensidad puede incluir también los efectos de la sacudida de los grados de intensidad menores, aunque dichos efectos no se mencionen explícitamente

I - No es perceptible

No es perceptible, ni en las condiciones más favorables
Ningún efecto
Ningún daño

II - Apenas perceptible

El terremoto es sentido por algunas personas dentro de los edificios.
Las personas en reposo sienten un balanceo o ligero temblor
Los objetos colgados oscilan levemente

III - Débil

El sismo es sentido por algunas personas dentro de edificios.
Las personas en reposo sienten un balanceo o ligero temblor
Los objetos colgados oscilan levemente
Ningún daño

IV - Ampliamente observado

El sismo es sentido dentro de los edificios por muchas personas y sólo por muy pocas en el exterior. Algunas personas despiertan.
El nivel de vibración no asusta.
La vibración es moderada. Los observadores sienten un leve temblor o movimiento del edificio, la habitación, cama, silla, etcétera.

V - Fuerte

El terremoto es sentido dentro de los edificios por la mayoría y por algunas personas en el exterior.

- Algunas personas se asustan y corren al exterior.
- Se despiertan muchas de las personas que duermen.
- Los observadores sienten fuertes sacudidas o bamboleo de todo el edificio, la habitación o el mobiliario
- Los objetos colgados oscilan considerablemente.
- Las vajillas y cristalerías chocan entre sí.
- Los objetos pequeños, inestables y/o mal apoyados pueden desplazarse o caer.
- Las puertas y ventanas se abren o cierran de pronto.

VI - Levemente dañino

- Sentido por la mayoría dentro de los edificios y por muchos en el exterior.
- Algunas personas pierden el equilibrio.
- Muchos se asustan y corren al exterior
- Pueden caerse pequeños objetos de estabilidad ordinaria y los muebles se pueden desplazar.
- En algunos casos se pueden romper platos y vasos.
- Se pueden asustar los animales domésticos (incluso en el exterior)
- Se presentan daños de grado 1 en muchos edificios de clases de vulnerabilidad A y B; algunos de clases A y B sufren daños de grado 2; algunos de clase C sufren daños de grado 1.

VII - Dañino

- La mayoría de las personas se asusta e intenta correr fuera de los edificios.
- Para muchos es difícil mantenerse de pie, especialmente en plantas superiores
- Se desplazan los muebles y pueden volcarse los que sean inestables.
- Caída de gran número de objetos de las estanterías.
- Salpica el agua de los recipientes, depósitos y estanques
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 2 ; algunos de grado 3.
- Algunos edificios de clase de vulnerabilidad C presentan daños de grado 2.
- Algunos edificios de clase de vulnerabilidad D presentan daños de grado 1

VIII - Gravemente dañino

- Para muchas personas es difícil mantenerse de pie, incluso fuera de los edificios
- Se pueden volcar los muebles.
- Caen al suelo objetos como televisiones, máquinas de escribir, etc.
- Ocasionalmente las lápidas se pueden desplazar, girar o volcar.
- En suelo muy blando se pueden ver ondulaciones
 - » Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A sufren daños de grado 4; algunos de grado 5.
 - » Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
 - » Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.
 - » Algunos edificios de clase de vulnerabilidad D presentan daños de grado 2.

IX - Destructor

- Pánico general.
- Las personas pueden ser lanzadas bruscamente al suelo
- Muchos monumentos y columnas se caen o giran.
- En suelo blando se ven ondulaciones
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A presentan daños de grado 5.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 4; algunos de grado 5.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.
- Algunos edificios de clase de vulnerabilidad E presentan daños de grado 2.

X - Muy destructor

- La mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad A presentan daños de grado 5.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 5.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 4; algunos de grado 5.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad E sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.
- Algunos edificios de clase de vulnerabilidad F presentan daños de grado 2.

XI - Devastador

- La mayoría de los edificios de clase B de vulnerabilidad presentan daños de grado 5.
- La mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 4; muchos de grado 5.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 4; algunos de grado 5.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad E sufren daños de grado 3; algunos de grado 4.
- Muchos edificios de clase de vulnerabilidad F sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.

XII - Completamente devastadora

- Se destruyen todos los edificios de clases de vulnerabilidad A, B y prácticamente todos los de clase C.
- Se destruyen la mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad D, E y F.
- Los efectos del terremoto alcanzan los efectos máximos concebibles

El sismo de septiembre 19 de 1985, magnitud de los daños.

- ◆ ¿Qué Pasó realmente el 19 de septiembre de 1985?
- ◆ ¿Cuales fueron las verdaderas razones de la catastrophe?
- ◆ ¿Qué medidas se tomaron para evitar que vuelva a ocurrir y si esto es factible?
- ◆ ¿Aprovechamos la lección?
- ◆ ¿Qué falta por hacer?

Características del sismo del 19 de septiembre de 1985

Subducción

Placa de Cocos por abajo de la Americana

Epicentro frente a las costas de Guerrero y Michoacán

a 400 km de la ciudad de México

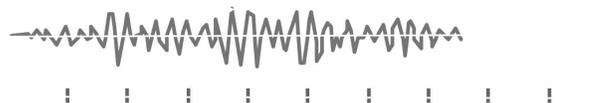
La magnitud del temblor fue de 8.1 Richter

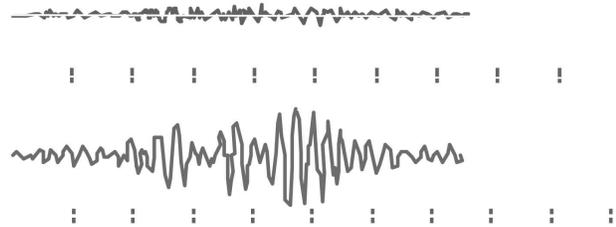
Réplica el 20 de septiembre con una magnitud de 7.5

Los registros que se obtuvieron en la ciudad fueron escasos, se contaba únicamente con acelerógrafos ubicados en:

- ◆ Lago Texcoco
- ◆ C.SCOP
- ◆ C. Abasto
- ◆ Tláhuac
- ◆ Presa Madín
- ◆ Tacubaya
- ◆ C.U.

Con lo que se obtuvieron mediciones en los tres diferentes tipos de subsuelo del Valle.





Centro SCOP

- Aceleración máxima de 168 gals
- Larga duración en su fase intensa (>45 seg)
- Desplazamiento del suelo de 42 cm
- Período dominante de 2 segundos
- La respuesta rebasó hasta 4.10 veces para edificios del grupo B y 3.15 veces para el grupo A
- Las normas de emergencia modificaron el espectro de 240 cm/seg² a 400 cm/seg²
- Estructuras más dañadas: de período cercano a 2 seg

Daños observados

- Gran deformación del suelo
- Hundimiento de edificios
- Edificios colapsados
- Rotura de instalaciones de agua, drenaje, luz y teléfonos
- Gran cantidad de estructuras dañadas
- Todos los daños localizados en zonas II y III
- Golpeteo entre estructuras
- Muros de relleno destruidos

Principales causas de los daños

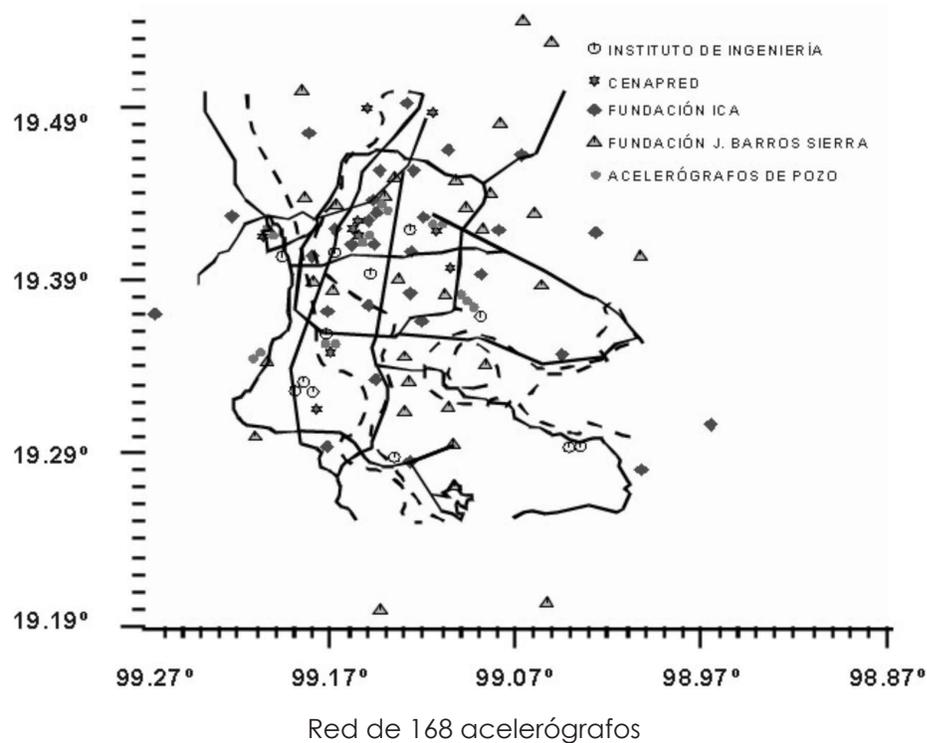
- Aceleraciones extraordinarias
- Período dominante de 2 seg.
- Cargas excesivas
- Cambio de uso en edificaciones
- Falta de mantenimiento
- Mamposterías sin refuerzo
- Gran separación entre estribos

Estructuras más dañadas

- Edificios en esquina o cuchilla
 - Estructuras irregulares
 - Edificios con bruscos cambios de masa
 - Estructuras con período cercano a los 2 seg.
 - Losas planas reticulares
 - Plantas bajas flexibles
-
- * El sismo de 1985, ocasionó más de 8,000 muertes y enormes daños materiales
 - * Más de dos mil edificaciones presentaron daño estructural grave o se derrumbaron
 - * El sismo liberó 8 veces más energía que el de 1957
 - * El sismo del 19 de septiembre de 1985 ha sido el más destructivo que se ha presentado en nuestra Ciudad
 - * Fase intensa de más de 50 segundos.
 - * Las edificaciones más dañadas las de entre 8 y 15 niveles de altura
 - * Ondas sísmicas regulares que se amplificaron por el tipo de terreno existente
 - * Período dominante de 2 segundos
 - * Una gran cantidad de edificios presentaron daño estructural o bien se colapsaron

Principales daños en las construcciones

- Algunas de las causas de los daños, fueron:
- Cargas excesivas.
- Estructuración irregular.
- Losas planas reticulares.
- Falla por punzonamiento.
- Plantas bajas flexibles.
- Caja sobre columnas.
- Modificaciones a la estructura.
- Cambio de diseño o de secciones en la estructura, claros o alturas.
- Falta de mantenimiento.
- Licuefacción de terrenos sobrefatigados en zona de colindancia.
- Estructuras metálicas y de concreto, con período cercano al del sismo.
- Falla en cimentación por el suelo o la estructura; efecto de volteo.



Acciones realizadas a la fecha

- ◆ Pruebas de laboratorio
- ◆ Análisis y respuesta de estructuras.
- ◆ El desempeño es afectado por algunos factores, cuyo efecto no se había considerado adecuadamente; Vgr.: el efecto de torsión en columnas
- ◆ Irregularidades en la estructura, por forma o estructura, tanto en planta como en alzado, así como en rigidez; Vgr.: el cambio de claros y alturas, equipos y elementos pesados no considerados
- ◆ Efectos de segundo orden, de interacción suelo-estructura y de comportamiento no lineal

Nuevo reglamento de construcciones para el D.F.

- La evolución de los reglamentos de construcción ha sido causada por la manifestación de eventos naturales, por adecuaciones al diseño sísmico o por mejoras en la práctica constructiva
- Para el Distrito Federal, el primer reglamento data de 1920. A fines de 1976, se realizó una nueva versión del reglamento que adicionó una serie de normas técnicas complementarias

- Zonificación del Distrito Federal
- Características del 1er. Cuadro
- Características del Cerro de la Estrella
- Características del Peñón de los Baños.
- Zonificación del Distrito Federal

En la zonificación de la Ciudad de México se distinguen tres zonas de acuerdo al tipo de suelo:

1. Zona I, firme o de lomas: localizada en las partes más altas de la cuenca del valle, está formada por suelos de alta resistencia y poco compresibles.
2. Zona II o de transición: presenta características intermedias entre la Zonas I y III.
3. Zona III o de Lago: localizada en las regiones donde antiguamente se encontraban lagos (lago de Texcoco, Lago de Xochimilco). El tipo de suelo consiste en depósitos lacustre muy blandos y compresibles con altos contenidos de agua, lo que favorece la amplificación de las ondas sísmicas.

- Se incrementaron de forma importante los valores de coeficientes sísmicos.
- La edición de las normas técnicas complementarias marcó un parteaguas en la manera de detallar los elementos.
- El reglamento de 1976 fue reconocido como de vanguardia.
- Los progresos en la tecnología y los resultados de investigaciones, hicieron necesaria su revisión.
- El sismo de 1985 aceleró este proceso, obligando a emitir en octubre del mismo año unas normas de emergencia



Varios

Desplazamientos laterales

- Se redujeron los máximos permisibles en un 33%
- Las edificaciones del GRUPO A se revisarán cada 5 años o después de un sismo intenso (Responsabilidad del propietario)

Cimentaciones

- Se reduce la capacidad de carga dinámica de pilotes de fricción
- Cajón y pilotes: la capacidad de carga es aportada por sólo uno de los elementos.

Evolución de la construcción

- MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
- Durante el sismo se evidenciaron problemas en varios rubros
- Concreto.- Mala calidad de agregados
- ACERO DE REFUERZO.- Deficiente detallado en uniones de columnas
- ESTRUCTURAS METALICAS.- Detallado en juntas y problemas de soldadura
- ESTRUCTURAS PREFABRICADAS.- Detallado de uniones que garanticen la adecuada continuidad de esfuerzos.
- MAMPOSTERÍA.- Inadecuado confinamiento del material y deficiente desligado de muros de relleno
- EXCAVACIONES.- Deficiencias durante el proceso constructivo
- Se requiere contar con un buen estudio del subsuelo
- Instrumentar para tener un conocimiento del comportamiento de la estructura en el tiempo y realizar mejores diseños futuros

Oportunidades de desarrollo e investigación

- Es indudable que aún hay una gran cantidad de problemas, para los cuales no se tiene la mejor solución
- Por mencionar algunas de éstas
 - Incertidumbres acerca del comportamiento de los pilotes de fricción
 - Comportamiento de los disipadores de energía
 - Idealización de los modelos matemáticos
 - Comportamiento de las uniones columna-losa plana
 - Comportamiento de las conexiones prefabricadas
 - Ductilidad en las estructuras
- La instrumentación instalada ha estado generando una gran cantidad de información que deberá analizarse e interpretarse a fin de construir edificios que sean más eficientes para resistir los sismos

Conclusiones

- ◆ La Ciudad de México y gran parte de las ciudades más importantes de nuestro país se encuentran ubicados en la zona B altamente sísmica.
- ◆ El 19 de septiembre de 1985, se presentó un sismo de gran magnitud, causando enormes daños y pérdida de miles de vidas humanas
- ◆ Las expectativas reglamentarias se vieron rebasadas en forma muy importante
- ◆ Se trató de aprovechar las enseñanzas que se ofrecían a la vista
- ◆ Un amplio trabajo de recopilación de información, de investigación y de análisis se reflejó en el nuevo Reglamento de Construcciones para el D.F., que se publicó en 1987.
- ◆ Todas las especialidades de la ingeniería y otras profesiones relacionadas con el proceso constructivo han evolucionado mejorando la forma de construir.
- ◆ Es importante el construir estructuras que soporten, sin colapso, sismos de mayor magnitud.
- ◆ Se han mejorado la normatividad, los materiales los procedimientos constructivos, los métodos de análisis, diseño y la planeación de las obras

Se ha tenido la ocurrencia de recientes sismos muy destructivos, como los de Northridge, de 1994, el de Kobe, de 1995 y los más recientes de Irán e Italia, China y Japón, de los cuales debemos obtener enseñanzas que garanticen cada vez una mejor realización constructiva. .

La obra civil en las zonas sísmicas se enfrenta con un problema aparentemente sin solución.

Las características de las ondas que produce un sismo, dependen de la magnitud del sismo, de la distancia a la zona donde se generó, de la naturaleza y propiedades del suelo que atraviesan las ondas y de los contenidos y características del subsuelo del sitio.

Es imposible conocer perfectamente todas estas variables para un lugar o predio determinado

Lo más que podemos hacer es encontrar las estructuras que mejor respondan a esos requerimientos, con el menor daño posible y dentro de las posibilidades técnicas del momento.

No olvidar que el Reglamento de Construcciones del DF NO presenta los procedimientos óptimos para realizar los edificios

Más bien, presenta las condiciones mínimas para garantizar que los habitantes del inmueble podrán salir de él antes de que los eventos pongan en riesgo su vida.

Bibliografía

Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal

Imágenes tomadas de www.google.com

Fotografías del Colegio de Arquitectos de México

Clasificación de daños por sismo. Dr. Roberto Meli Piralla