

GOBIERNO DE MÉXICO



EVALUACIÓN DE INMUEBLES

Tipos y niveles de daños generados por sismos en edificaciones

M.I. Felipe Bennetts Toledo

CIUDAD DE MÉXICO, AGOSTO DE 2020



Colapso **Hospital Juárez**, se perdieron 536 camas y la vida de 561 personas, durante el terremoto de México de 1985

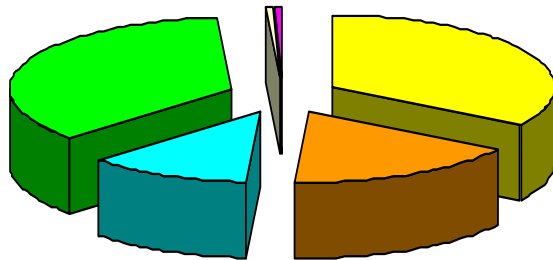
¿Aprendimos la lección?





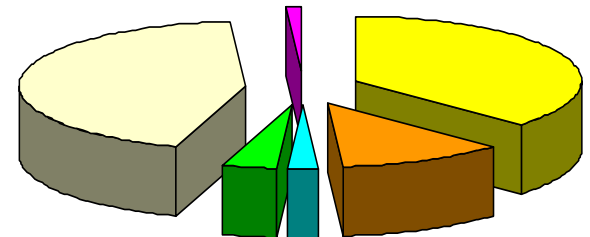
Pérdidas económicas debido a los sismos de 1999

Tehuacán, $M_w = 7$
Total = 150 M USD



- Vivienda
- Escuelas
- Hospitales
- Monumentos históricos
- Caminos

Oaxaca, $M_w = 7.5$
Total = 150 M USD



Se puede pensar que el daño en edificaciones de hospitales es “pequeño” o “bajo”, pero el daño en hospitales NO DEBE EXISTIR, ya que cualquier nivel de daño genera el desalojo e imposibilita el uso de las instalaciones.



Hospital de Traumatología y Ortopedia en Puebla. Sismo de 1999. Daños en elementos no estructurales y contenidos



Referencia de fotos: CENAPRED



TEMAS GENERALES

- **COMPORTAMIENTO DE EDIFICACIONES VITALES**
 - ✓ Aprendizaje y áreas de oportunidad
- **EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES EXISTENTES ANTE UN SISMO POSTULADO Y SEGURIDAD ESTRUCTURAL POST-SISMO**
 - ✓ Utilidad para asegurar la preservación de la vida
 - ✓ ¿Quiénes deben ser los responsables de realizarlas?
 - ✓ ¿Hasta donde la atribución y responsabilidad de la autoridad en relación con un resultado desfavorable?



COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL INADECUADO



Acortamiento de columnas

Edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Tohoku

Sismo de Miyagi-oki, 1968

Fotos: cortesía de Prof. Kikuchi K.





CORTANTE Y CAPACIDAD A DEFORMACIÓN





Falla de conexiones viga-columna





Cortante en trabes



Cortante en columnas



Adherencia en columnas



Cortante en columnas

Sismo de Michoacán, 1985



Efecto del sismo en las edificaciones



Estructura de mampostería en unidad habitacional, Puebla 1999
Edificación patrocinada por institución Pública Federal
Inadecuadamente supervisada
-Proceso de deslinde de responsabilidades incierto
-Posibilidad de demanda a la federación



Estructuración inadecuada





Estructuración inadecuada





Probable problema de supervisión





Probable problema de supervisión





¿Piso suave?





¿Piso suave?



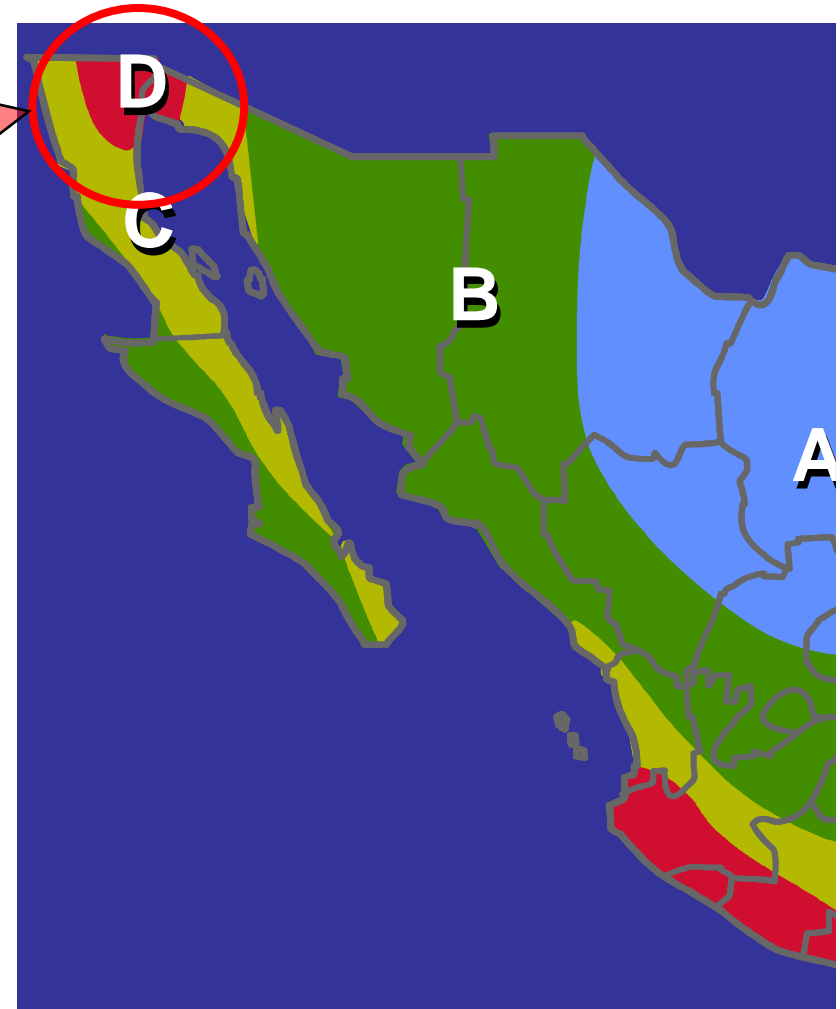
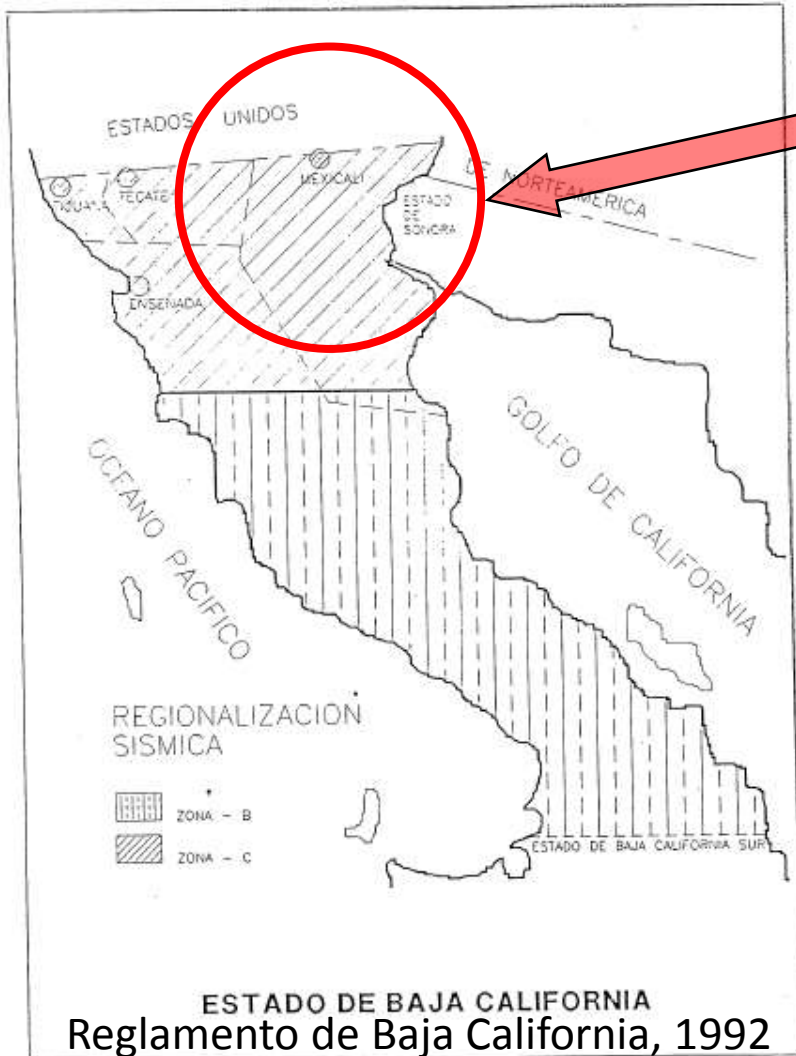


Probable problema de supervisión, choque entre edificios contiguos



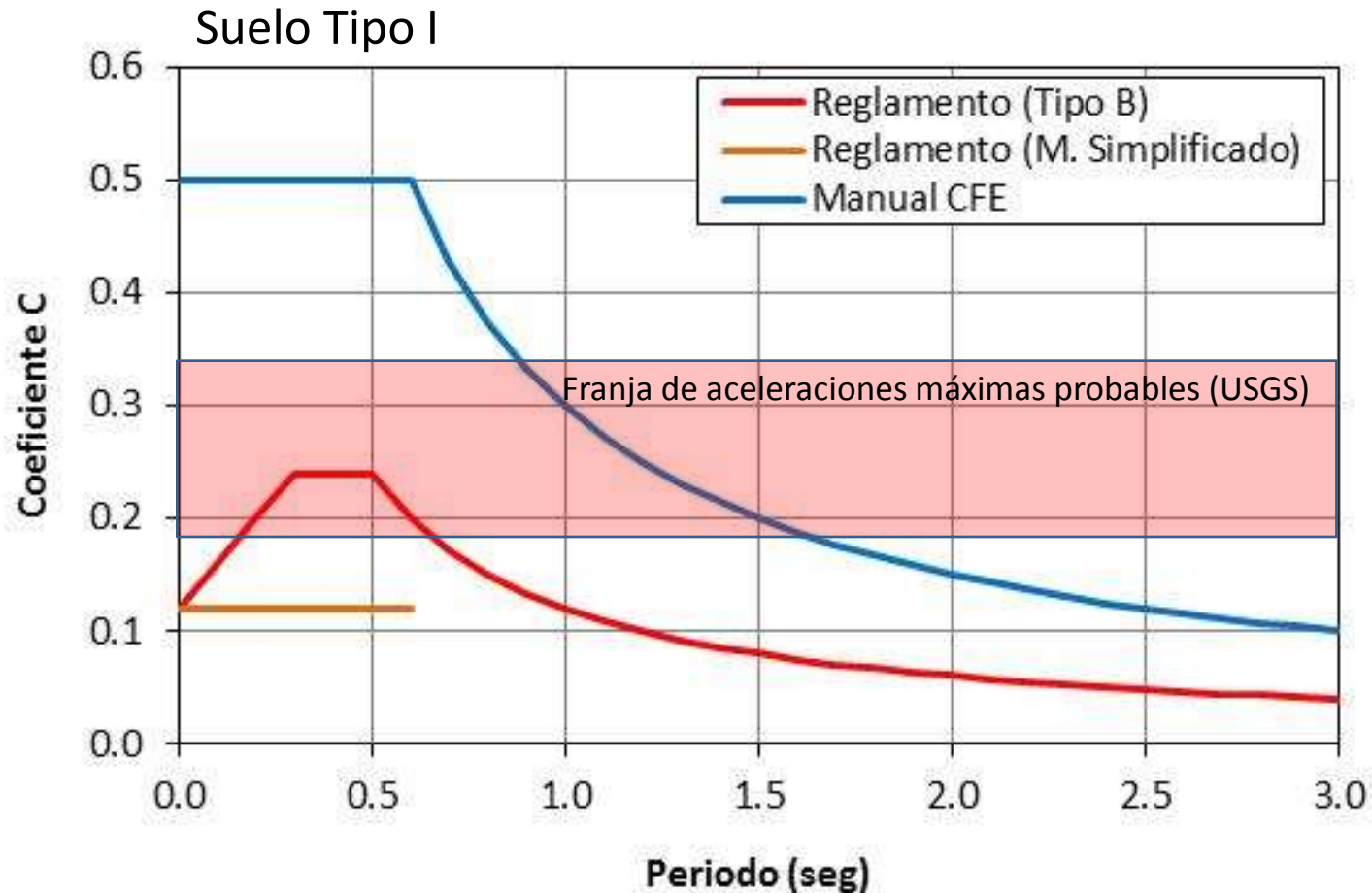


El caso de Mexicali, movimiento del terreno y peligro sísmico



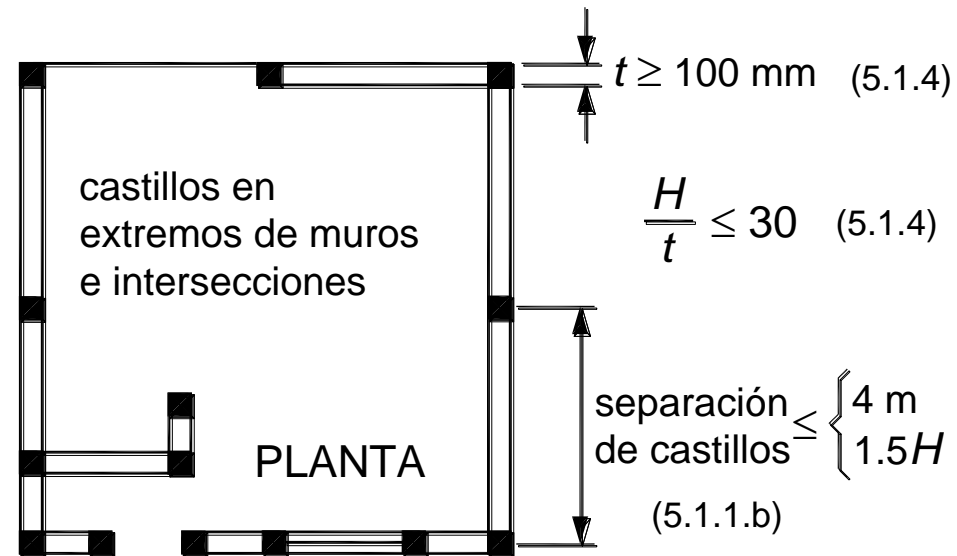
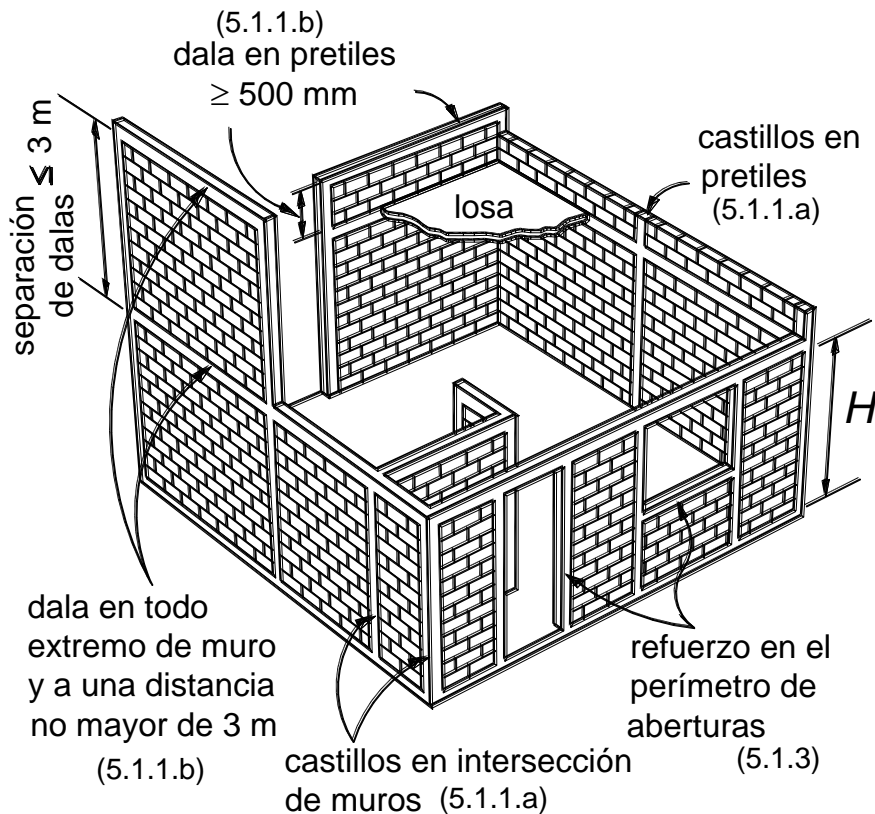
Manual de diseño por sismo CFE, 1993

El caso de Mexicali, movimiento del terreno y peligro sísmico





ESTADO ACTUAL (UN EJEMPLO)



La figura presenta aspectos gráficos, claros y sencillos de la Norma Técnica Complementaria para Diseño de Edificaciones de Mampostería en el Distrito Federal (2004)



El caso de Mexicali, comportamiento de edificación formal





Articulación plástica por flexión y cortante en trabe





Mecanismo de articulación plástica en trabe (por flexión)





Volteo por falla de cimentación



Sismo Turquía, 1999

CARACTERÍSTICAS Y DAÑO



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES





SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



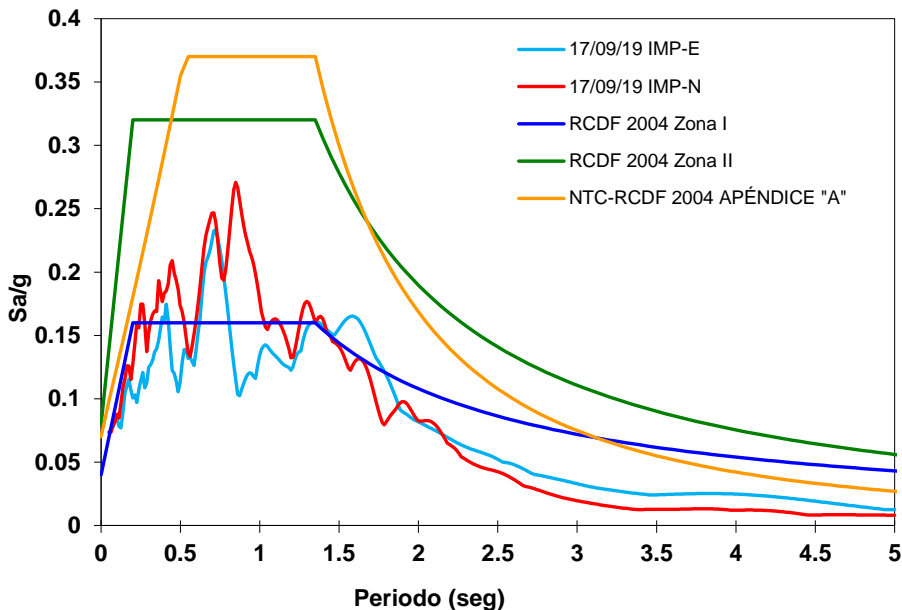
CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

¿QUÉ PASÓ EL 19/09/2017?

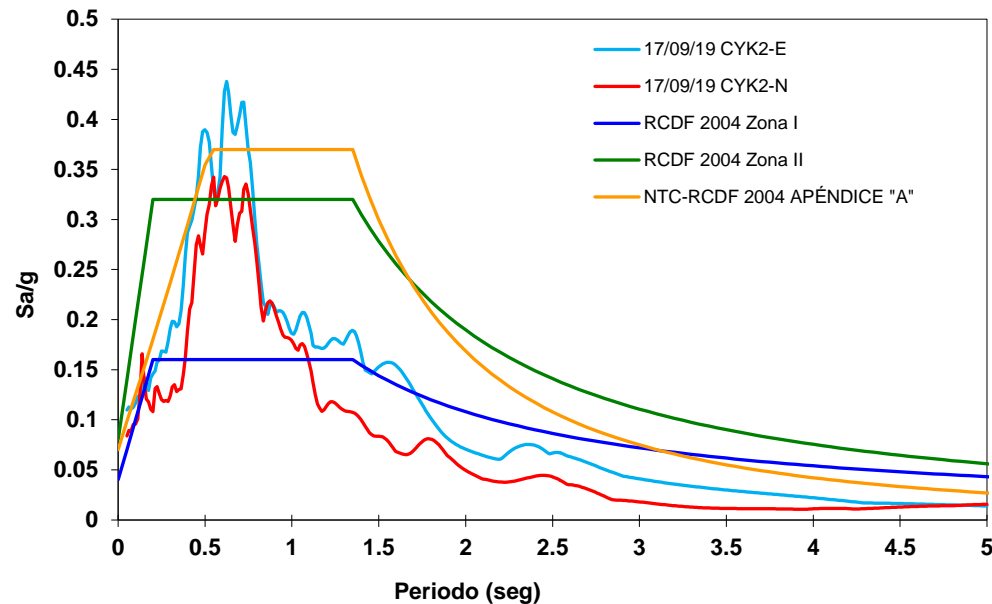


Espectros de respuesta por canales Norte (N) y Este (E), del sismo del 19 de septiembre, registrados en las estaciones del CENAPRED ubicadas en la CDMX y su comparación con el reglamento RCDF-2004 Zonas I y II, cuerpo principal y las NTC- Apéndice A ($T_s = 1.0$ s)

Estación IMP (Zona II)



Estación COYOACÁN (Zona II)



Cabe destacar que los electros de diseño están conformados con información de diferentes fuentes. En este caso solo se compara respecto al evento del 19 de septiembre.

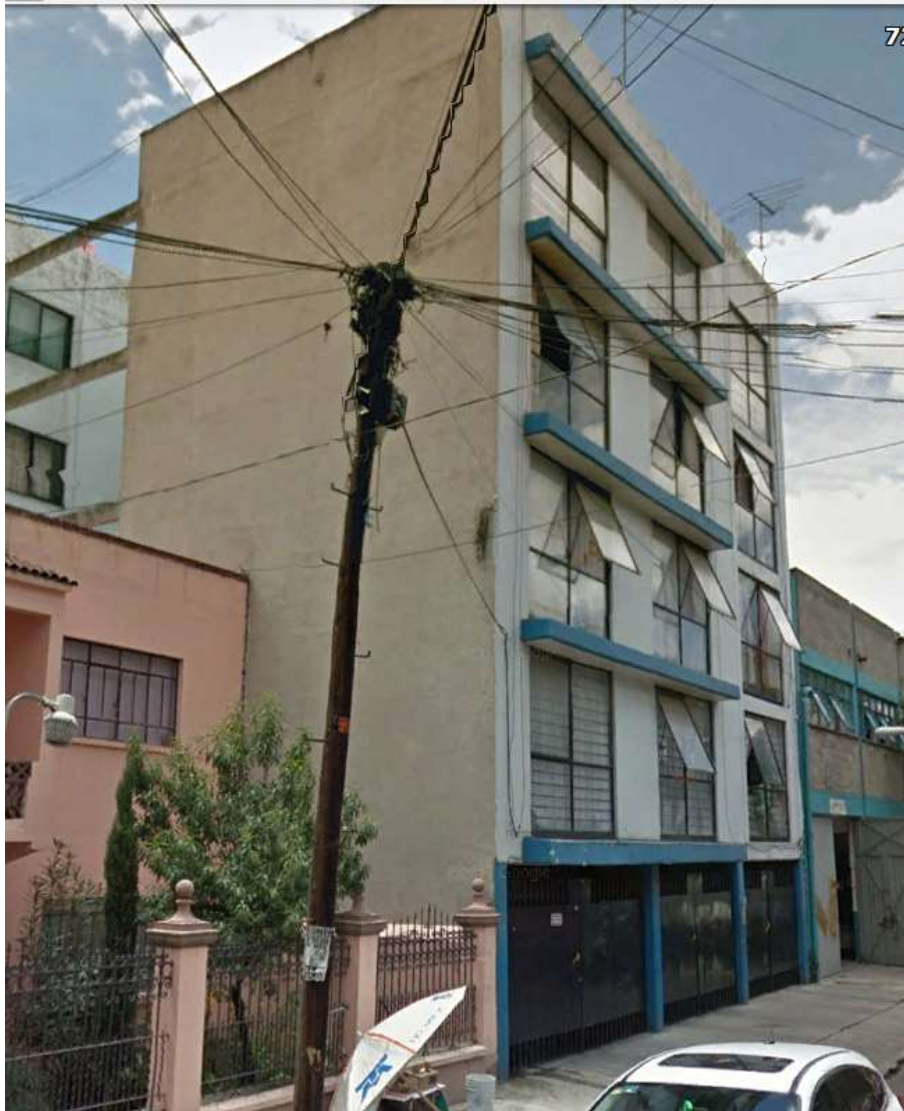
CARACTERÍSTICAS Y DAÑO



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES





SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

¿El daño severo y colapso, se debió a insuficiencia de las normas?



Ciudad de México, Septiembre 2017

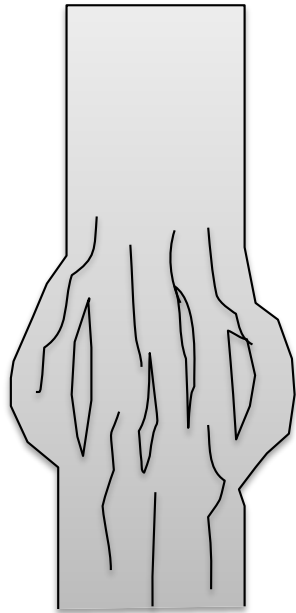


Algunos datos estadísticos comparativos e ilustrativos

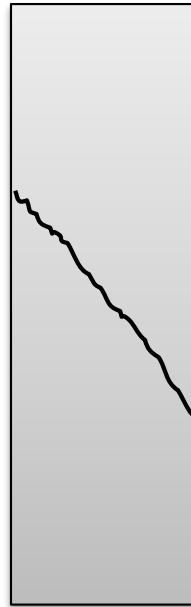
Configuración estructural	Casos (% de los edificios con daño severo y colapso)	
	Sismo 19/09/1985	Sismo 19/09/2017
Edificio en esquina	42 %	38 %
Irregularidades en planta o elevación	15 %	19 %
Planta baja flexible	8 %	50 %
Golpeteo o choque	15 %	3 %

Fuentes: Sismo 1985, Roberto Meli Piralla
Sismo 2017, Sergio Alcocer

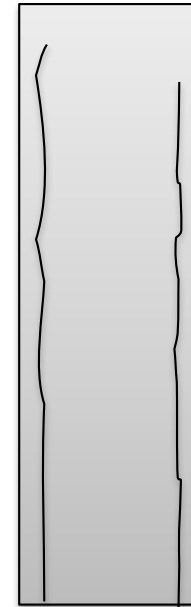
Daño en columnas de concreto reforzado



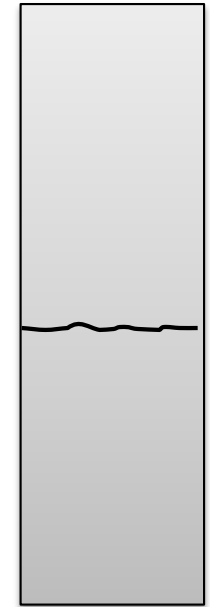
Por
compresión



Cortante



Adherencia

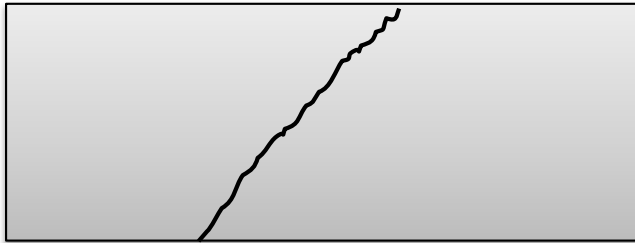


Flexión

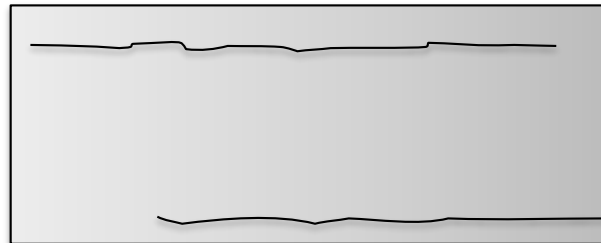
Agrietamientos:

- Forma, distribución
- Cantidad
- Ancho de grieta

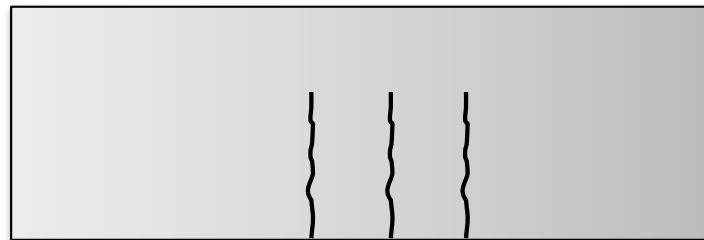
Daño en vigas de concreto reforzado



Cortante



Adherencia



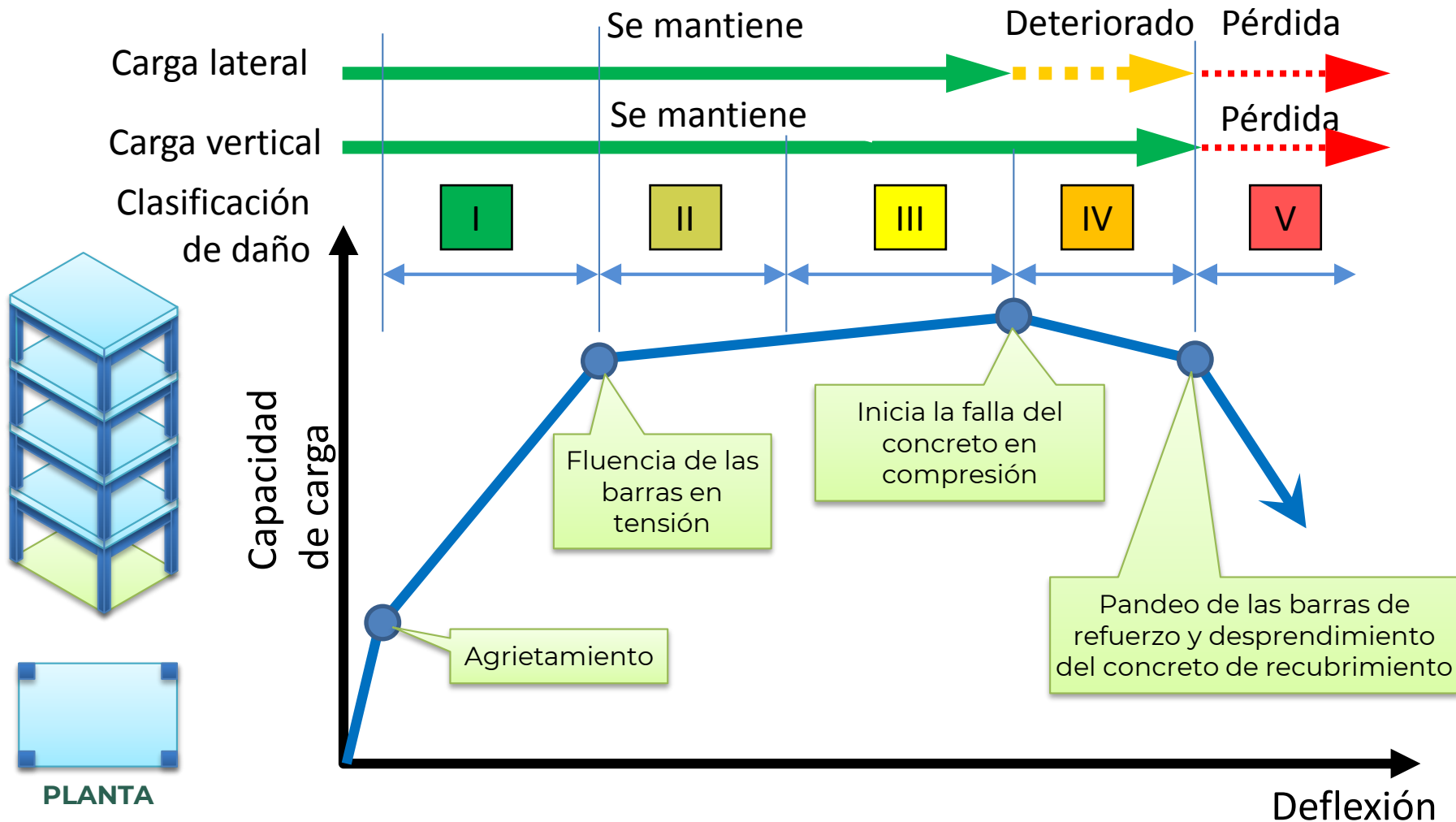
Flexión

Agrietamientos: {
Forma, distribución
Cantidad
Ancho de grieta

Niveles de daño

Elementos de comportamiento dúctil (a flexión):

- Vigas y columnas bien diseñadas



Elementos de comportamiento dúctil (a flexión):

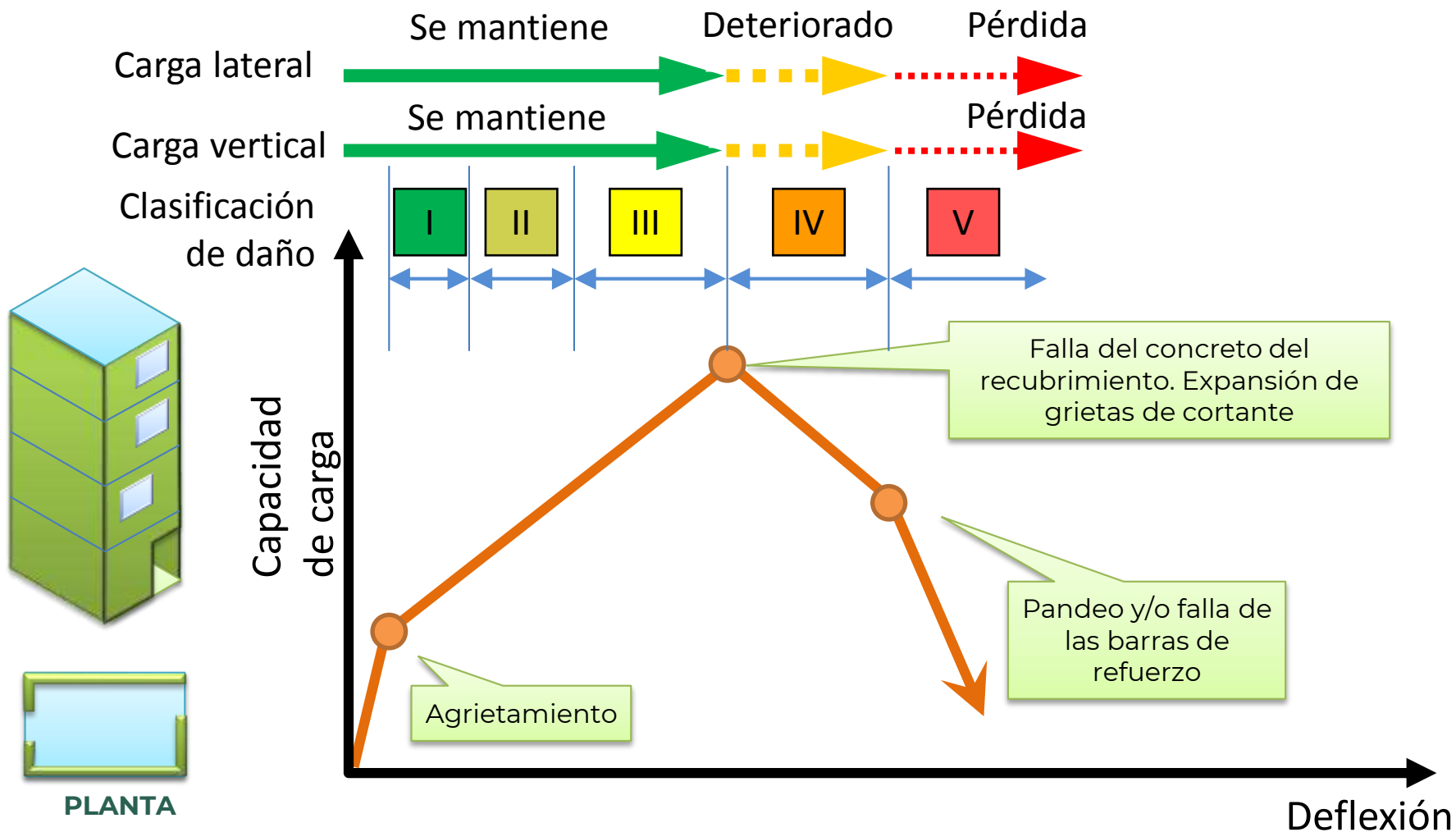
- Vigas y columnas bien diseñadas

Clasificación	Daño observable en elementos estructurales
I	Algunas grietas < 0.5 mm
II	Grietas de 0.5 a 1 mm
III	Agrietamiento severo, 1 a 5 mm Algún desprendimiento de concreto
IV	Mucho agrietamiento severo, grietas > 5 mm Barras expuestas (desprendimiento de concreto)
V	Pandeo del refuerzo, aplastamiento del concreto Deformación vertical en columnas / muros Acero expuesto por flexión. Fractura de barras

Niveles de daño

Elementos de comportamiento frágil (por cortante):

- Muros, vigas peraltadas, columnas mal diseñadas



Elementos de comportamiento frágil (por cortante):

- Muros, vigas peraltadas, columnas mal diseñadas

Clasificación	Daño observable en elementos estructurales
I	Algunas grietas < 0.2 mm
II	Grietas de 0.2 a 1 mm
III	Agrietamiento severo, 1 a 2 mm Algún desprendimiento de concreto
IV	Mucho agrietamiento severo, grietas > 2 mm Barras expuestas (desprendimiento de concreto)
V	Pandeo del refuerzo, aplastamiento del concreto Deformación vertical en columnas / muros Acero expuesto por cortante y flexión. Fractura barras

Movimiento suelo - edificio



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Movimiento suelo - edificio



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



NIED 独立行政法人防災科学技術研究所

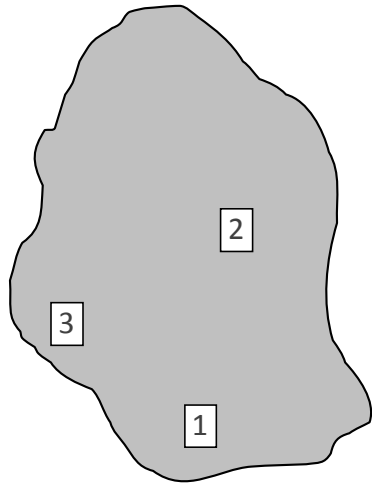


Daño local nivel V



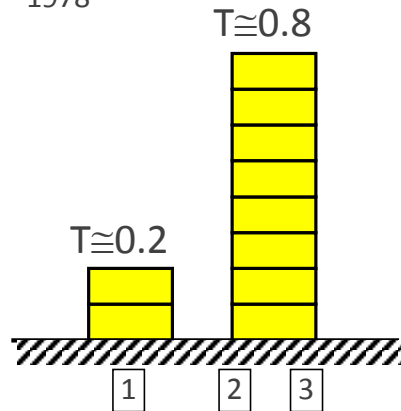


Procedimiento simplificado de evaluación de vulnerabilidad de edificios existentes



Sitio de estudio

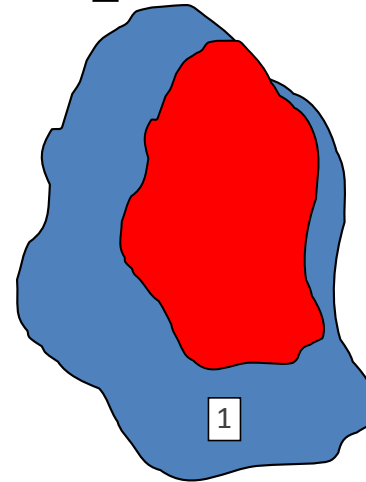
Edificios construidos en 1978



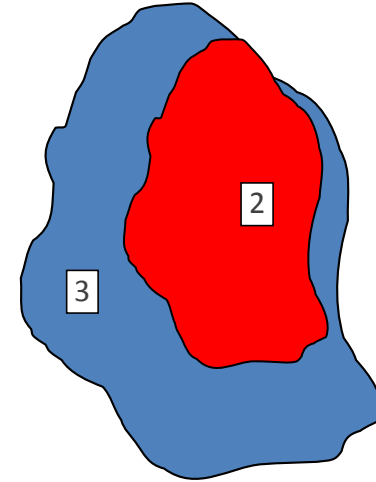
Características del sistema expuesto

■ C=0.06
■ C=0.14

■ C=0.23
■ C=0.36



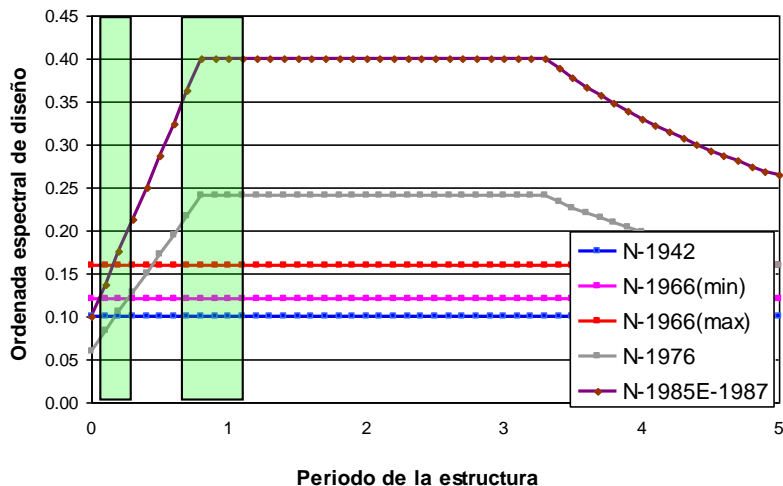
T=0



T=1

Escenario - peligro

Resistencia - diseño



Conclusión

Caso 1	Caso 2	Caso 3
D = 0.06	D = 0.36	D = 0.23
RME = 0.10	RME = 0.24	RME = 0.24
RME > D	RME < D	RME > D
∴ Sin daño, daño ligero sin colapso	∴ Daño severo con posible colapso	∴ Daño ligero a medio sin colapso



Las evaluaciones de PC ¿son suficientes?

¿LO PUEDE HACER CUALQUIER
CIUDADANO?

¿QUIEN LO DEBE HACER?

Caso real (post-sismo)

¿La evaluación inmediata es necesaria?, ¿resulta suficiente?





Aproximadamente una hora después del movimiento





¿Cómo reducir o mitigar integralmente el riesgo?

- Identificar zonas de riesgo
- Análisis detallado de edificaciones vulnerables
- Esquemas de refuerzo
- Reglamentos de construcción
- La autoridad debe tener conciencia de la necesidad de contar con cuadros técnicos (ingenieros) bien remunerados que permitan garantizar la aplicación de las medidas adoptadas en los puntos anteriores



Estructura tridimensional, original

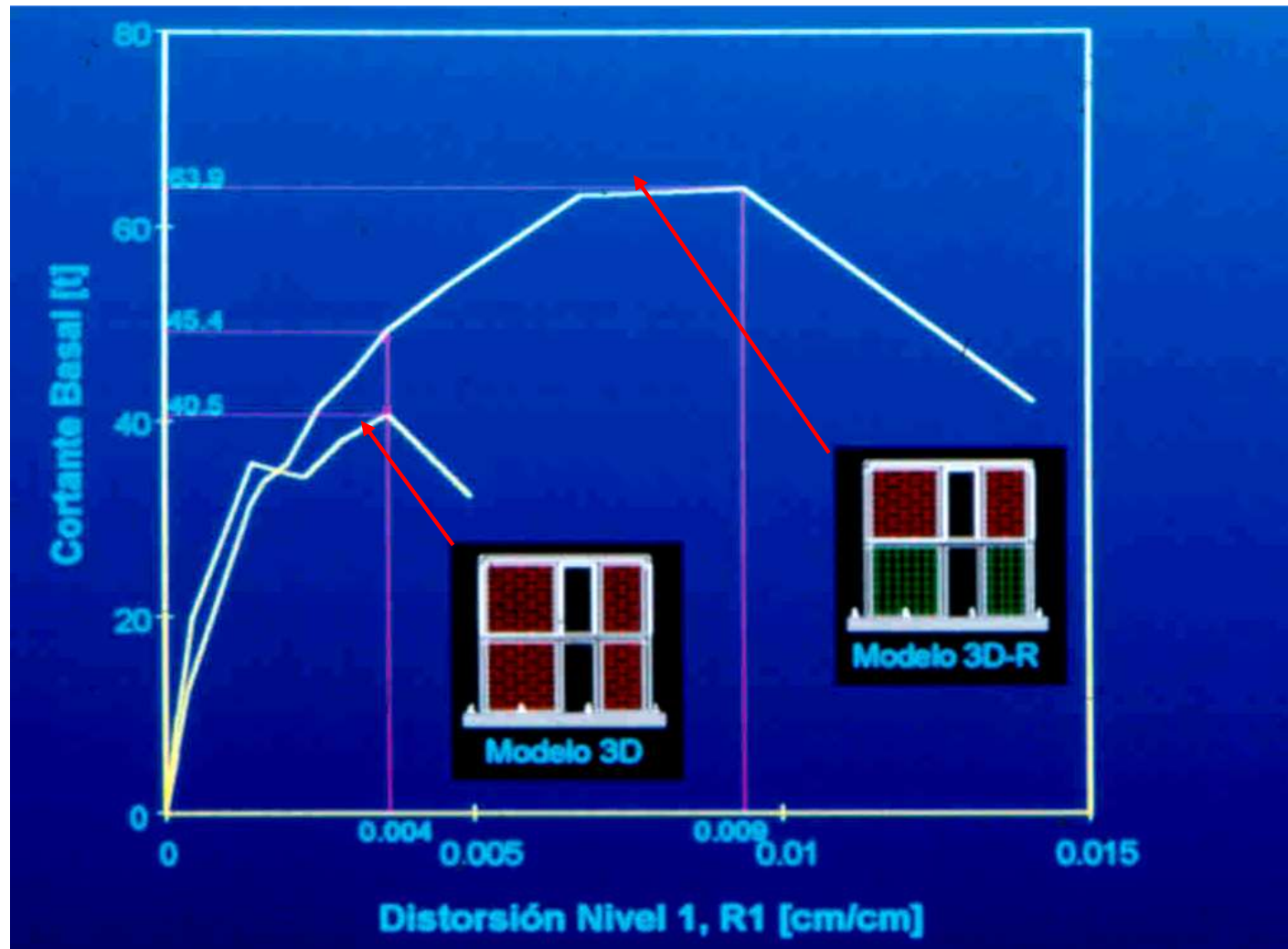




Estructura tridimensional, reforzada



Envolvente de la respuesta para los modelos original y reforzado





Comentarios finales

Atención de la emergencia:

- Protocolización y sistematización de los procesos de evaluación post-evento
- Necesidad de contar con cuadros de profesionales calificados en procedimientos de evaluación de vulnerabilidad y seguridad estructural

Actividades de prevención:

- Necesidad de contar con profesionales calificados en relación con el Reglamento de Construcción y sus Normas Técnicas Complementarias, dentro de las instancias públicas (servidores públicos o entes coadyuvantes)
- Herramientas para que la autoridad obligue a revisión y refuerzo de edificaciones potencialmente vulnerables, aunque no hayan mostrado daño evidente



Existencia y uso adecuado del reglamento =

= Reducción de la vulnerabilidad
(mitigación del riesgo) =

= Migración a una sociedad resiliente

MAYOR INFORMACIÓN:

▶ **Riesgos Estructurales**

M. I. Felipe Bennetts Toledo

fbennettst@cenapred.unam.mx

www.cenapred.unam.mx

GOBIERNO DE
MÉXICO

