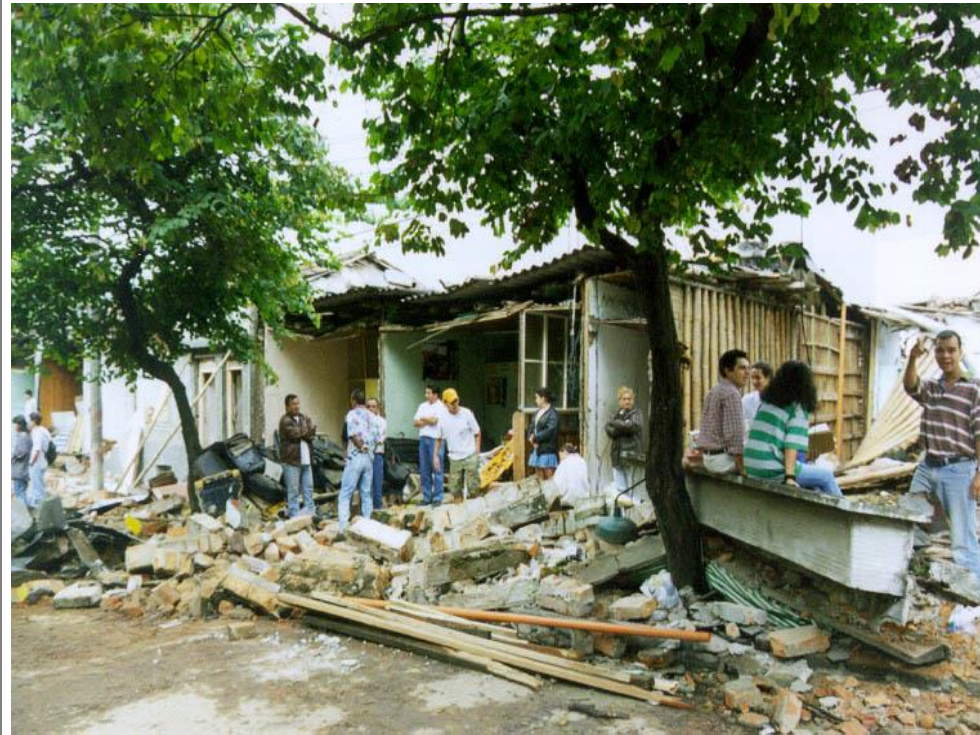


# EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DE LA SEGURIDAD DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO

## MÓDULOS CAPACITACIÓN



### MÓDULO 5 – CARACTERIZACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO Y DE LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN DE DAÑOS



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ D.C.

ais

## ● **Daño sísmico**

- **Efectos de los terremotos en las estructuras**
- **Vulnerabilidad de edificaciones existentes**
- **Escenarios de riesgo sísmico urbano**

## ● **Descripción general de los procesos de evaluación de daños**

- **Interrogantes después de un sismo**
- **Características generales**
- **Dimensionamiento del problema**
- **Objetivos**
- **Tipos de evaluación**



## ● Historia de los procesos de evaluación de daños

- Metodologías existentes a nivel nacional e internacional
- Variables tenidas en cuenta en los diferentes procesos
- Problemas más comunes en los procesos de evaluación de daños

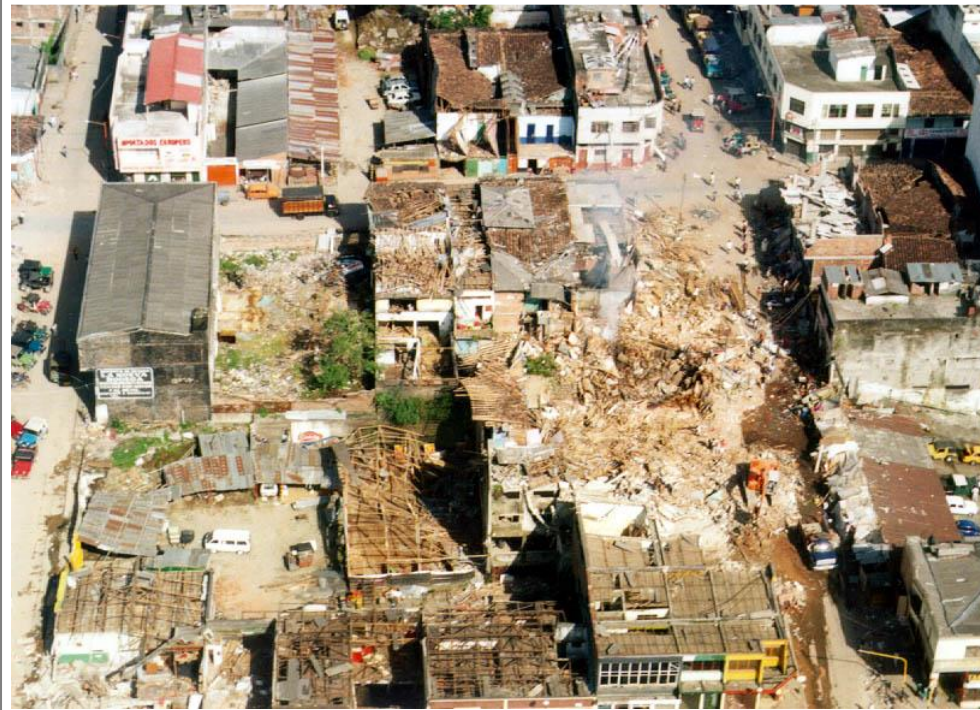


- ✓ **Hacer una breve descripción del estado del arte acerca del daño sísmico de edificaciones.**
- ✓ **Caracterizar los procesos de evaluación de daños**
- ✓ **Presentar un resumen acerca de las principales técnicas de evaluación de daños que se utilizan en la actualidad.**
- ✓ **Identificar las variables que deben ser tenidas en cuenta en el proceso de evaluación de daños después de un movimiento sísmico.**



# EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DE LA SEGURIDAD DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO

## MÓDULO 5 – CARACTERIZACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO Y DE LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN DE DAÑOS



### CAPÍTULO 1. Daño sísmico



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ D.C.

ais

## ● EFECTOS DE LOS TERREMOTOS EN LAS EDIFICACIONES

- Daños Estructurales
- Daños No Estructurales

## ● VULNERABILIDAD DE EDIFICIOS EXISTENTES

- Índices de daño
- Funciones de daño o pérdida

## ● ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICO URBANO



# EFECTOS DE LOS TERREMOTOS



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 7



**El comportamiento sísmico adecuado de una estructura depende:**

**De su resistencia**

**De su ductilidad o habilidad para disipar energía vibratoria a partir del instante en que sus deformaciones exceden el límite elástico.**

**La vibración de la estructura en el rango plástico durante sismos fuertes significa, por lo tanto, la ocurrencia de daños estructurales y no estructurales.**





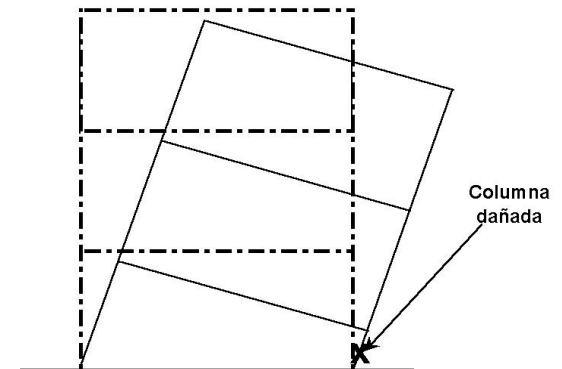
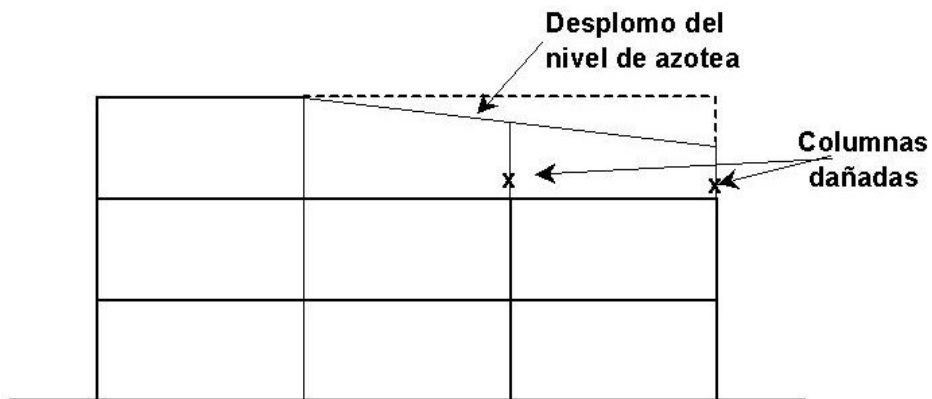
**Los edificios se diseñan para resistir sismos fuertes sin colapso, aun cuando se produzcan daños estructurales severos; sismos moderados sin daño estructural, pero con algún daño en elementos no estructurales; y sismos leves sin daño.**



En las normas se considera que la capacidad máxima de los elementos del sistema sismorresistente puede ser excedida y que pueden experimentar un comportamiento inelástico durante sismos muy fuertes, al producirse un incremento de las deformaciones por encima de las de fluencia y en caso de sismos moderados se produzcan daños en los elementos no estructurales.



# DAÑOS ESTRUCTURALES



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños  
Diapositiva No 11



# DAÑOS ESTRUCTURALES



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños  
Diapositiva No 12

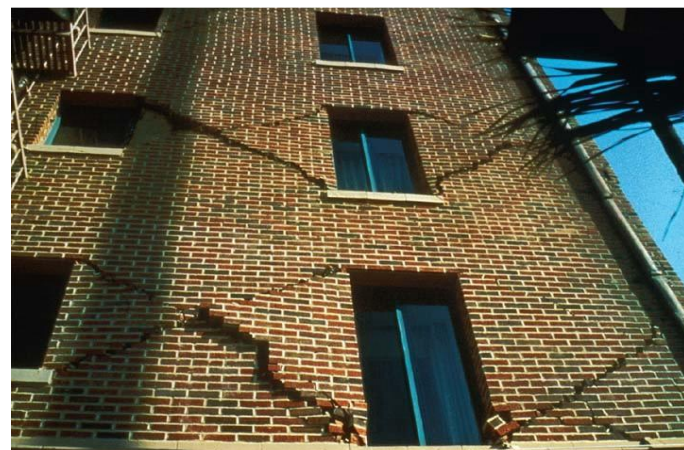


Generalmente, los daños no estructurales se deben a la unión inadecuada entre los muros de relleno o divisorios, las instalaciones y la estructura, o a la falta de rigidez de la misma, lo que se traduce en excesivas deformaciones que no pueden ser absorbidas por este tipo de componentes.

Los daños no estructurales más comunes son el agrietamiento de elementos divisorios de mampostería, el aplastamiento de las uniones entre estructuras y los elementos no estructurales, el desprendimiento de acabados y la rotura de vidrios y de instalaciones de diferente tipo.



# DAÑOS NO ESTRUCTURALES



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños  
Diapositiva No 14



- Cuando se lleva a cabo un proyecto estructural, en realidad se está proponiendo una estructura con una configuración, unas dimensiones y unos materiales, que al evaluarle su vulnerabilidad, ante la demanda de los sismos factibles que la pueden afectar durante su vida útil, demuestra que tendrá un comportamiento adecuado teniendo como referencia los requisitos mínimos establecidos en las normas sísmicas



- ❖ **Vulnerabilidad estructural:** capacidad que tiene la estructura para soportar los desplazamientos y los esfuerzos que uno o varios movimientos sísmicos pueden causarle durante su vida útil
- ❖ **La vulnerabilidad no-estructural:** tiene relación con la operación o funcionamiento del edificio, lo que depende del comportamiento de elementos tales como acabados, divisiones, instalaciones, equipos, etc. De su desempeño en el caso de un sismo depende que el edificio mantenga su operación y pueda seguir ofreciendo sus servicios





# VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES EXISTENTES

## Objetivos de comportamiento sísmico recomendados en el IBC 2000

Nivel de Diseño Sísmico	Comportamiento Requerido			
	Operación Permanente	Ocupación Inmediata	Protección de la Vida	Prevención del Colapso
<b>Frecuente (50%/30 años)</b>	▲		Comportamiento o	Inaceptable
<b>Ocasional (50%/50 años)</b>	■	▲	(para edificios nuevos)	
<b>Raro (10%/50 años)</b>	●	■	▲	
<b>Muy raro (10%/100 años)</b>		●	■	▲

- = Seguridad crítica, como hospitales, departamentos de bomberos
- = Instalación esencial o peligrosa, como centrales telefónicas, edificio con químicos tóxicos
- ▲ = Instalación básica o convencional, como edificios de oficinas y de residencias



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

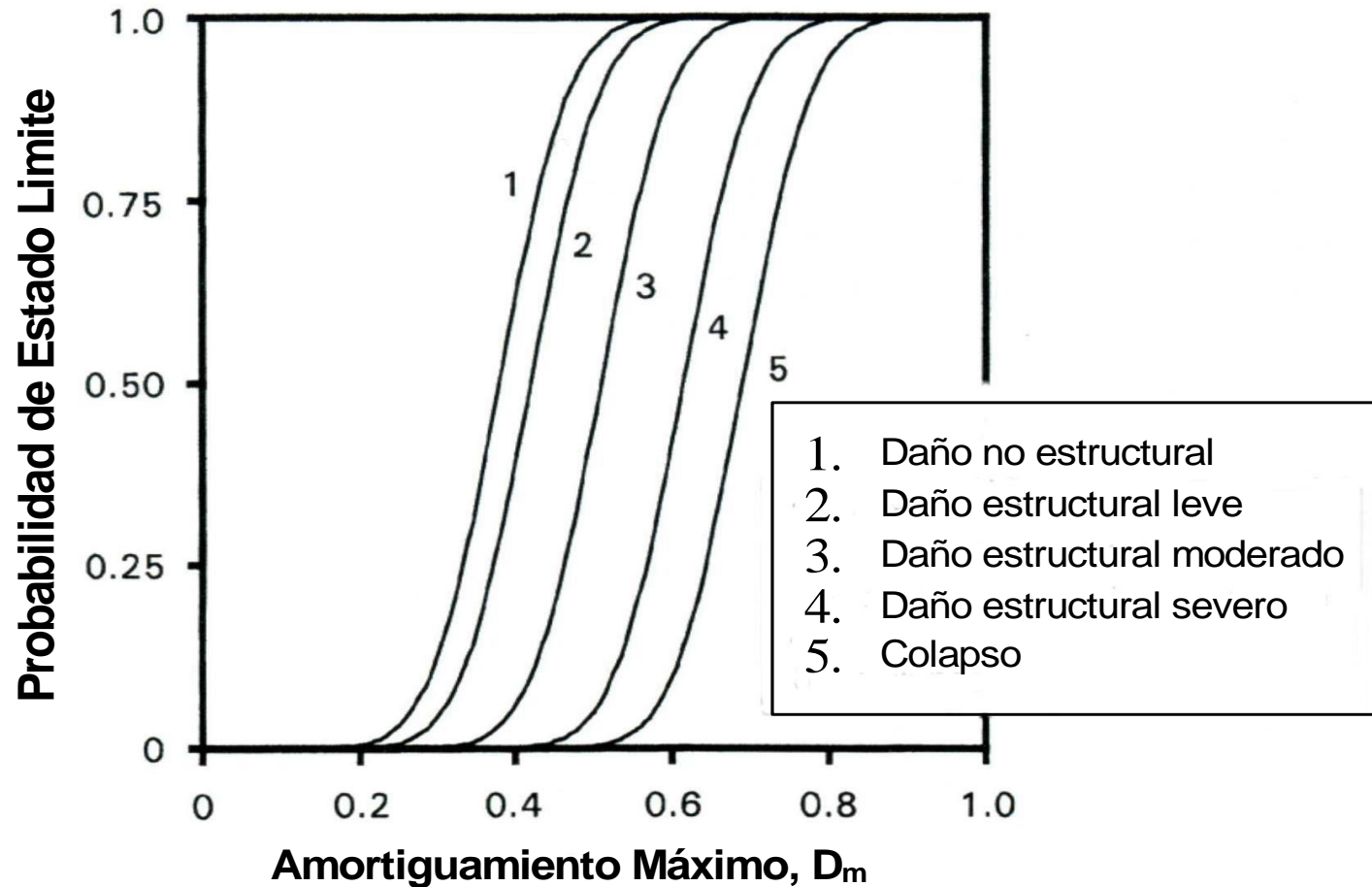
Diapositiva No 17



- **Se utilizan criterios tales como la capacidad estructural en términos de deformación y resistencia, la degradación, el daño acumulado en deformación, el daño acumulado en energía, como también indicadores tales como la ductilidad, la deformación, la energía inelástica, la curvatura y el daño basado en la fatiga. Algunos métodos hacen una aproximación del daño global a partir del daño local utilizando criterios como la energía, la carga axial, y la ubicación del piso.**



## Relación entre Índices de Amortiguamiento y Daño Estructural (Williams, 1995)



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 19



Ver 1.0 / Marzo 2004

$$D = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \frac{\beta}{P_y \delta_u} \int dE$$

$$D = \frac{\delta_m}{\delta_u} + \beta \int \left( \frac{\delta}{\delta_u} \right)^\alpha \frac{dE}{E_c(\delta)}$$

donde:

- $\delta_m$  = Deformación máxima bajo un sismo,
- $\delta_u$  = Capacidad de deformación última bajo cargas monotónicas,
- $P_y$  = Esfuerzo de fluencia calculado,
- $E_c(\delta)$  = Energía histerética por ciclo a la deformación  $d$
- $\alpha, \beta$  = Parámetros no negativos
- $d$  = Amplitud de deformación en cada ciclo de oscilación
- $dE$  = Energía histerética incremental de disipación



## Caracterización del daño para el Índice de Daño de Park, Ang y Wen

Estado de Daño	Indice de Park , Ang y Wen	Descripción del estado de daño
<b>MENOR</b>	$D < 0.1$	Agrietamiento localizado en algunos elementos estructurales.
	$0.1 \leq D < 0.25$	Agrietamiento ligero generalizado en toda la estructura.
<b>MODERADO</b>	$0.25 \leq D < 0.4$	Agrietamiento fuerte y pérdida del recubrimiento localizado en varios elementos estructurales.
<b>SEVERO</b>	$0.4 \leq D < 1.0$	Aplastamiento del concreto y exposición del refuerzo.
<b>COLAPSO</b>	$D \geq 1.0$	Colapso parcial o destrucción total del edificio.



## FUNCIONES DE DAÑO

<b>EERI (1996)</b>	<b>NINGUNO</b>	Sin daño
	<b>LEVE</b>	Solamente daño no estructural, el costo de las reparaciones es menor al 5% del valor de venta del edificio.
	<b>MODERADO</b>	Daño no estructural considerable y daño estructural leve. Los costos de reparación son menores al 25% del valor de venta del edificio.
	<b>SEVERO</b>	Daño estructural considerable, daño no estructural fuerte. Los costos de reparación son menores al 50% del valor de venta del edificio.
	<b>TOTAL</b>	Es más económico demoler que reparar.
	<b>FUERTE</b>	Colapso estructural.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 22

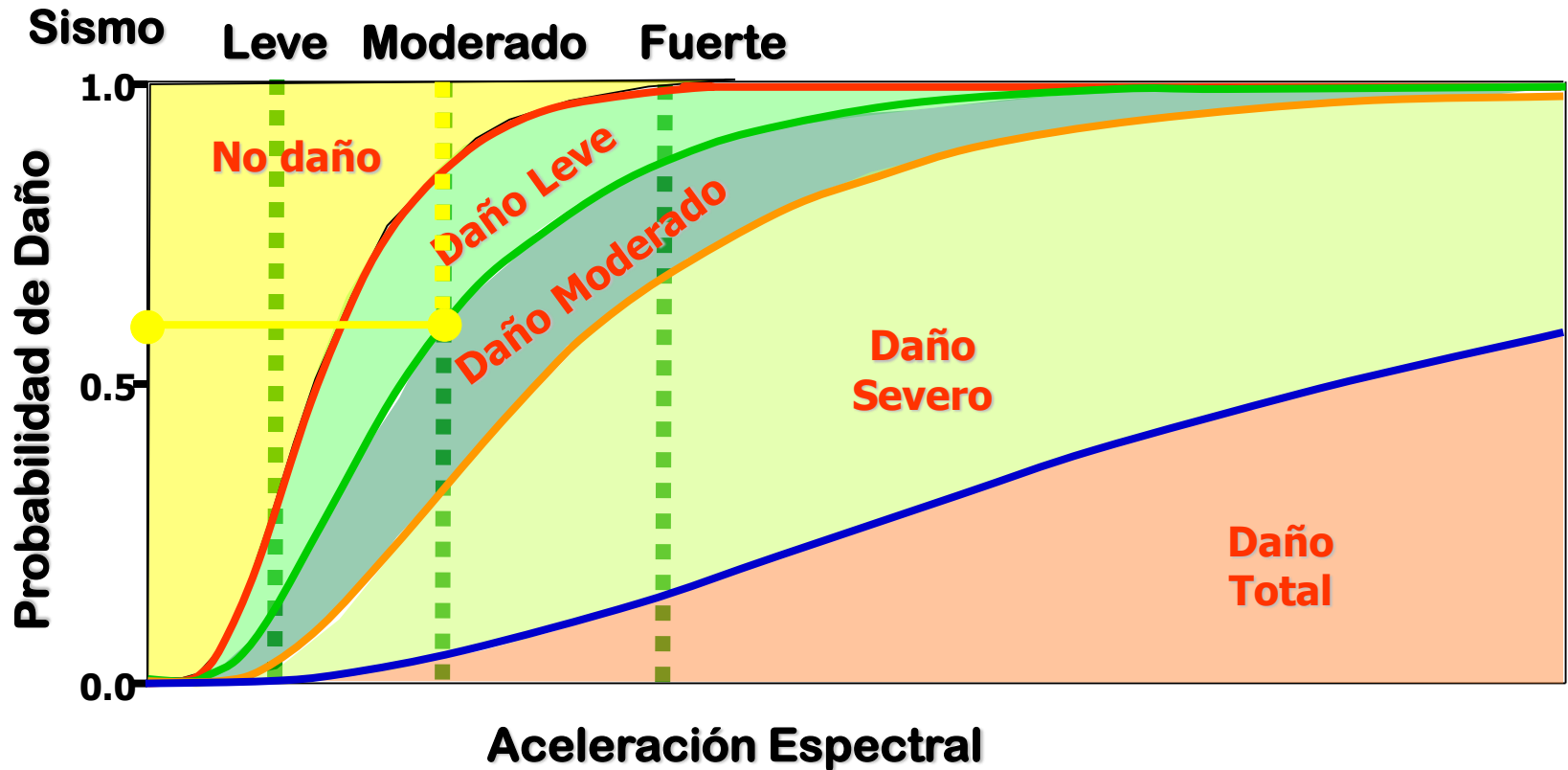


### Tipos de funciones

- ❁ **Curvas de fragilidad:** son funciones que describen la probabilidad de alcanzar o exceder un nivel de daño estructural o no estructural, dado un valor determinístico de respuesta, como de desplazamiento espectral
- ❁ **Curvas de capacidad:** son gráficas de la resistencia a carga lateral del edificio vs. desplazamiento lateral



## Curvas de Fragilidad para daño Leve, Moderado, Severo y Total (Kircher, 1997)



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

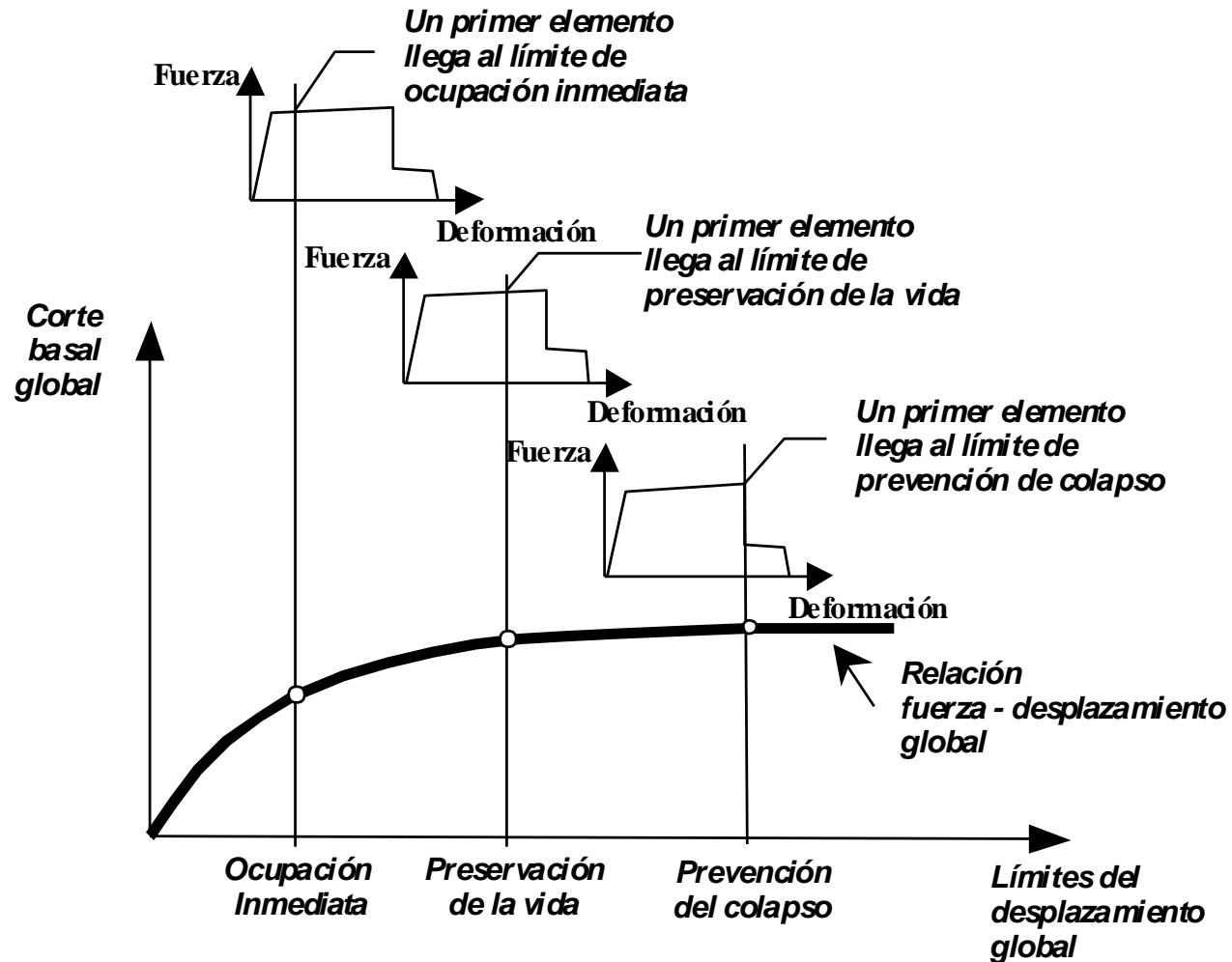
Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 24





## Curvas de capacidad, planteamiento conceptual del pushover

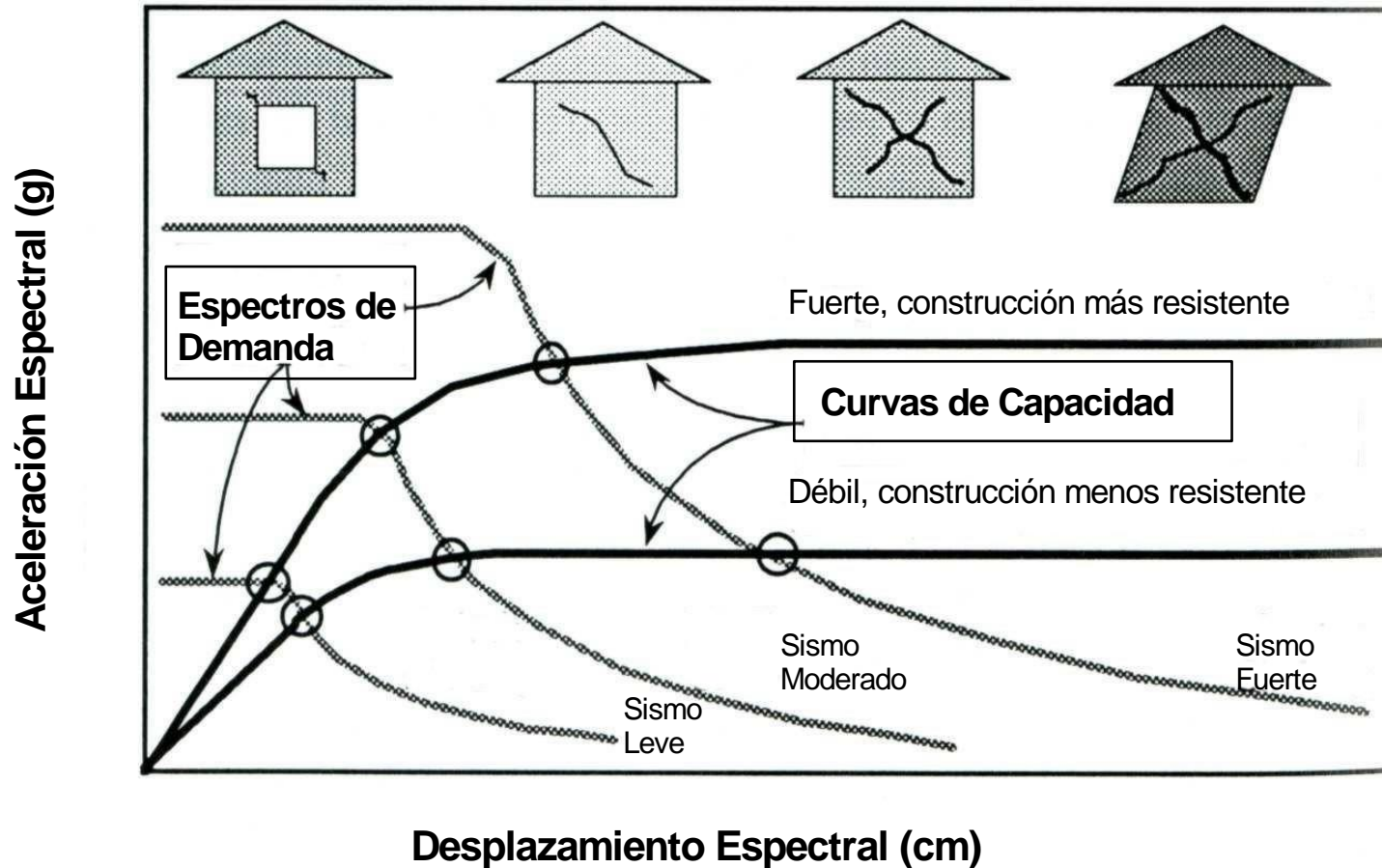


ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

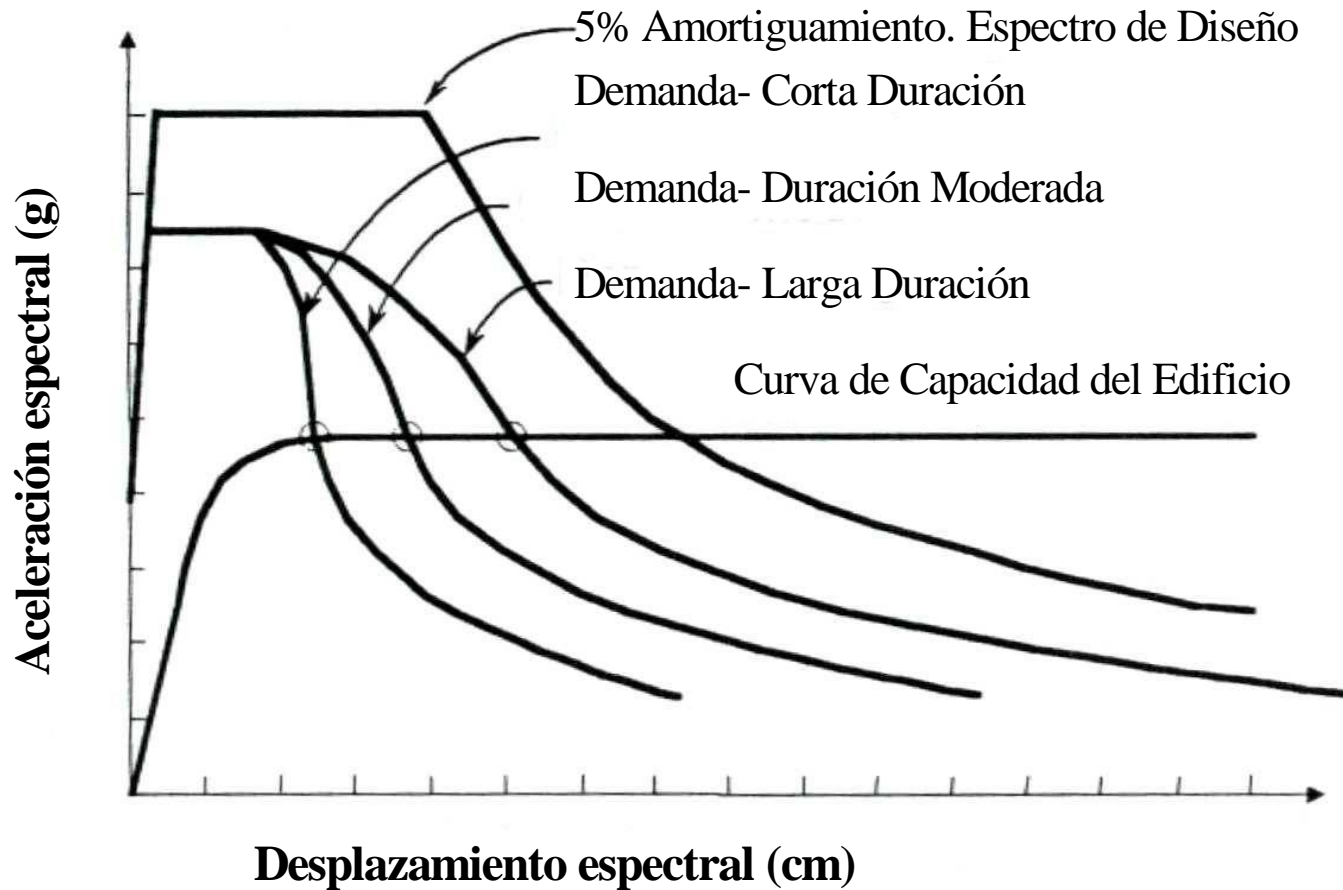
Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



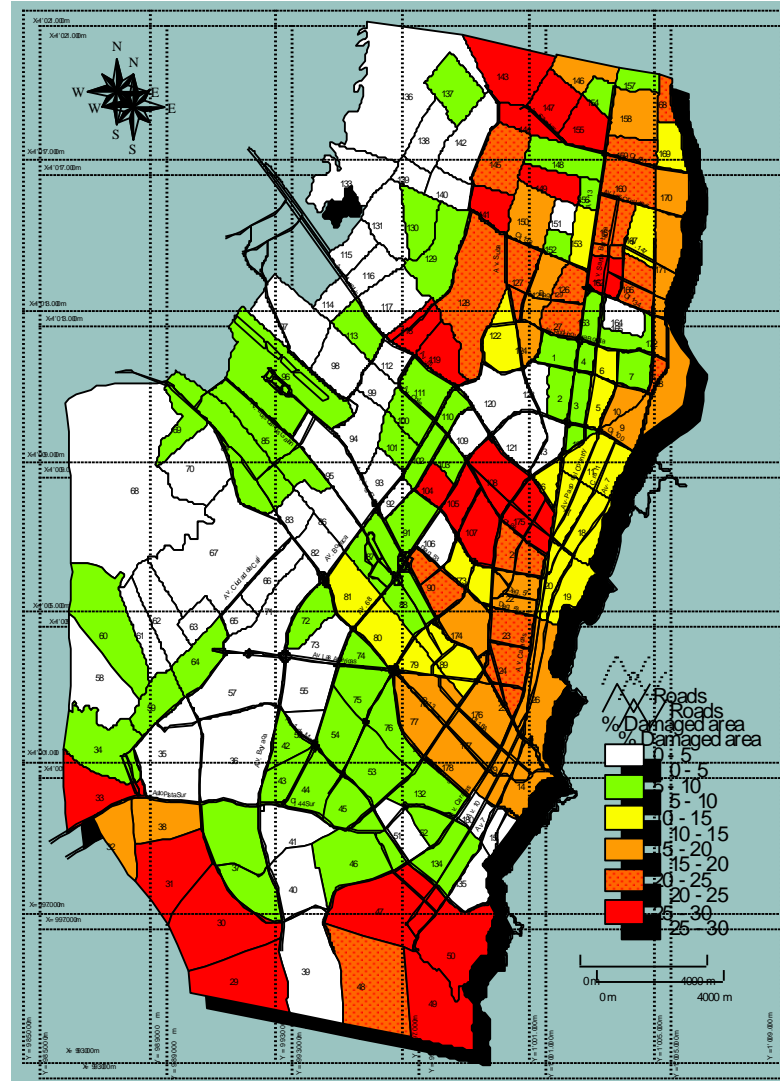
## Intersección entre espectros de demanda y curvas de capacidad



## Espectros de demanda para diferentes duraciones de sismo (Kircher, 1997)



# ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICO URBANO (1)



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños  
Diapositiva No 28



### COMPONENTES:

- Evaluación de la amenaza sísmica a escala global y local.
- Identificación de los elementos expuestos o amenazados.
- Definición de funciones de vulnerabilidad que relacionen las pérdidas específicas con la amenaza sísmica para los diferentes tipos de elementos expuestos.
- Evaluación de las pérdidas específicas de cada elemento expuesto y determinar su factor de participación en el efecto total de los bienes existentes.
- Evaluación de la totalidad del riesgo sísmico para la región considerada.



- Los estudios probabilistas se utilizan para la estimación de pérdidas económicas acumuladas o para el cálculo de la pérdida máxima probable desde la perspectiva de la industria de los seguros

$$H = p(I) = \int p(I / M) p(M) dM$$

$$S = p(D) = \int p(D / I) p(I) dI$$

$$R = p(P) = \int p(P / D) p(D) dD$$



- Los métodos deterministas se caracterizan, porque el análisis se lleva a cabo para uno o más terremotos específicos, postulados sin considerar en forma explícita la probabilidad con que dichos eventos puedan ocurrir. Comúnmente se utiliza el terremoto más fuerte conocido que haya ocurrido en la región, también llamado máximo terremoto histórico.



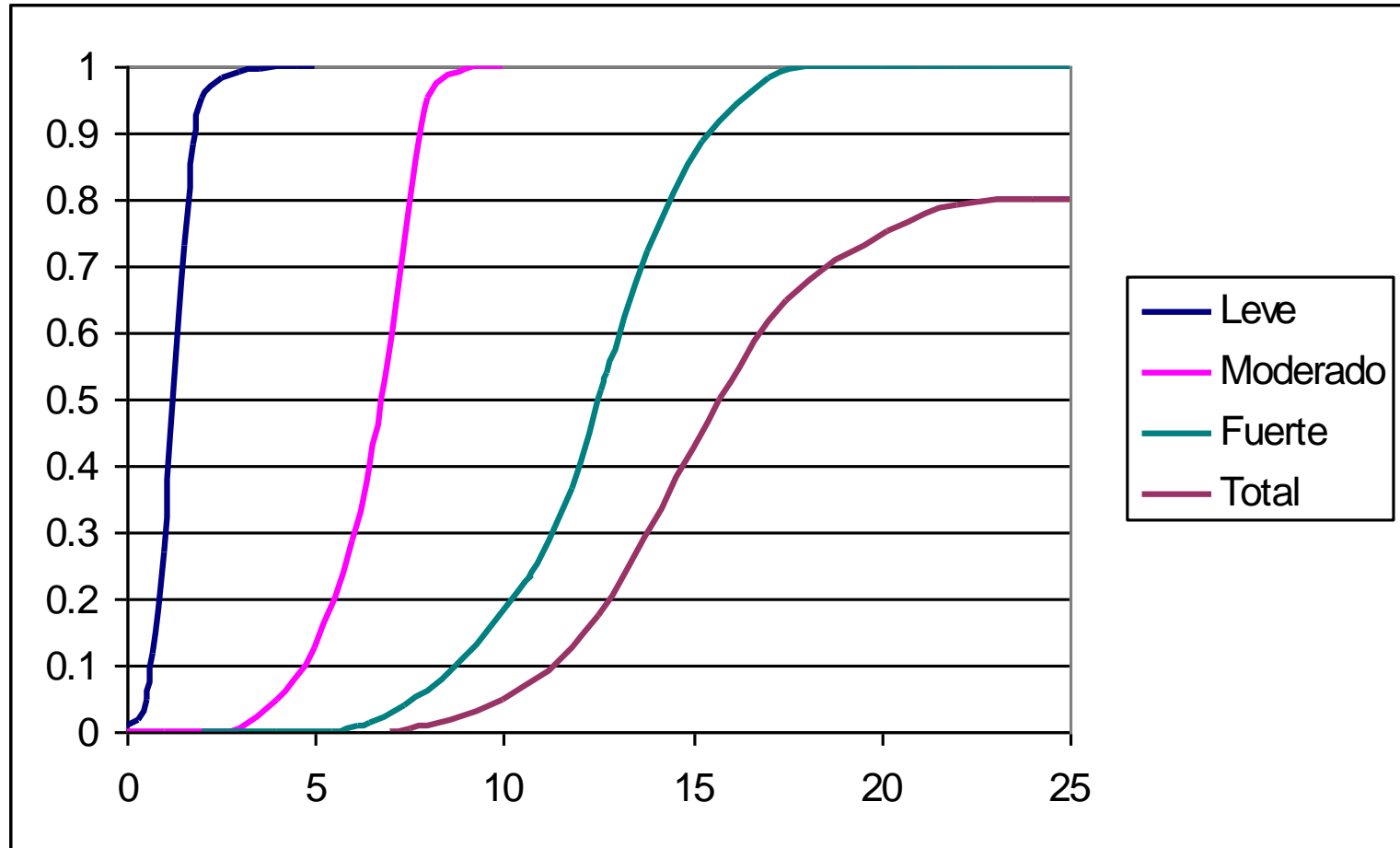
## Estados de daño según ATC-13

Caracterización de Daño	Rango de Daño %	Índice de Daño	Descripción
<b>NINGUNO</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Sin daño</b>
<b>LEVE</b>	<b>(0-1)</b>	<b>0.5</b>	<b>Daño mínimo que no requiere reparación.</b>
<b>LIGERO</b>	<b>(1-10)</b>	<b>5</b>	<b>Daño menor localizado en algunos elementos que no requiere siempre reparación.</b>
<b>MODERADO</b>	<b>(10-30)</b>	<b>20</b>	<b>Daño menor localizado en muchos elementos que debe ser reparado.</b>
<b>FUERTE</b>	<b>(30-60)</b>	<b>45</b>	<b>Daño extensivo que requiere reparaciones mayores.</b>
<b>SEVERO</b>	<b>(60-100)</b>	<b>80</b>	<b>Daño grave generalizado que puede significar demolición de la estructura.</b>
<b>DESTRUCCIÓN</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>Destrucción total o colapso.</b>





## Ejemplo de curvas de vulnerabilidad utilizadas en HAZUS99



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

# EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DE LA SEGURIDAD DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO

## MÓDULO 5 – CARACTERIZACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO Y DE LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN DE DAÑOS



### CAPÍTULO 2 – Descripción general de los procesos de evaluación de daños



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

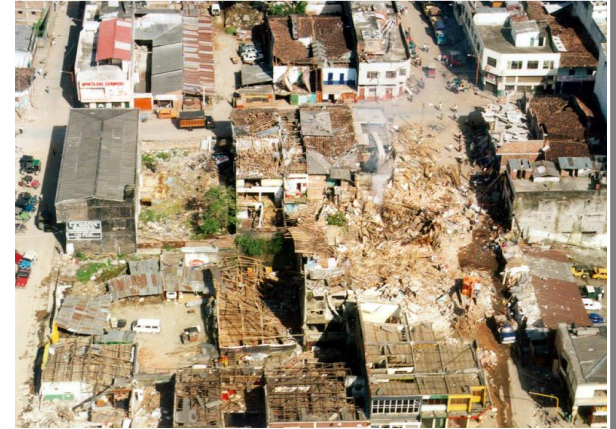
Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ D.C.

ais

# INTERROGANTES DESPUÉS DE UN SISMO

- ❖ **Cuántas edificaciones se vieron afectadas?**
- ❖ **Cómo es la distribución geográfica de los daños?**
- ❖ **Qué grado de daño presentaron? Se pueden habitar nuevamente y con qué nivel de seguridad?**
- ❖ **Cuales deben ser evacuadas totalmente?**
- ❖ **Qué otro tipo de acciones se deben tomar inmediatamente? Hay personas atrapadas? Cuáles representan peligro para los vecinos o peatones?**
- ❖ **Qué tipo de edificaciones fueron las más afectadas?**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 35





# EVALUACIÓN DE DAÑOS



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 36



- ❑ **Gran número de evaluaciones requeridas simultáneamente y para dar respuesta en un corto tiempo**
- ❑ **Por la rapidez con que debe ser realizado debe ser: visual y a partir de criterio experto no permite llevar a cabo análisis numéricos detallados**
- ❑ **Ante la ocurrencia de réplicas importantes se deben programar nuevas visitas**
- ❑ **Para un manejo efectivo requiere sistematización**



# DIMENSIONAMIENTO DEL PROBLEMA

Ciudad (País)	Año	Intensidad lo (MCS)	Inspecciones	Edificaciones No habitables	Familias Sin hogar
Friuli (Italia)	1976	X	> 70.000 <sup>(1)</sup>	43.000 <sup>(2)</sup>	190.000
Irpinia (Italia)	1980	X		160.000 <sup>(3)</sup>	300.000
Marche (Italia)	1997	IX-X	100.000	27.000 (27%)	30.000
Pollino (Italia)	1998	VI- VII	18.000	4.100 (22%)	
Northridge (USA)	1994	XI		5.700	
Kobe (Japón)	1995	XI	46.000	144.000 <sup>(4)</sup>	240.000
LomaPrieta (USA)	1989	XI			> 10.000
Kocaeli (Turquía)	1999	XI		120.000 <sup>(4)</sup>	600.000
Atenas (Grecia)	1999	XI	65.000	32.000 (50%)	70.000

<sup>(1)</sup> Evaluaciones de daños

<sup>(2)</sup> Edificaciones dañadas o colapsadas

<sup>(3)</sup> Estimado de 480.000 viviendas dañadas o colapsadas.

<sup>(4)</sup> Daños graves o edificaciones colapsadas



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

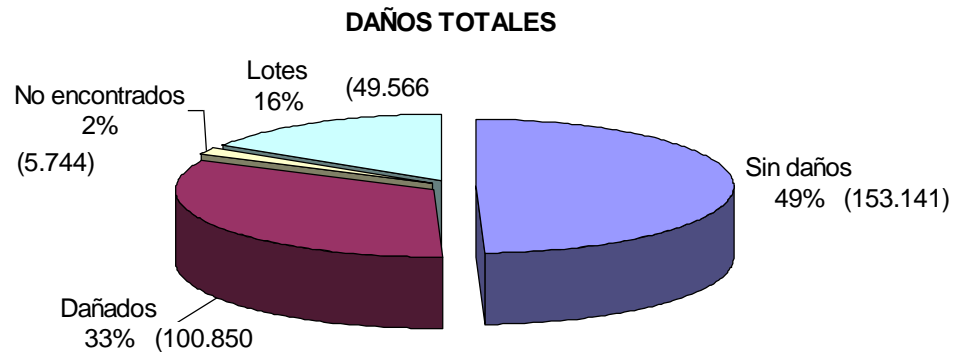
Diapositiva No 38



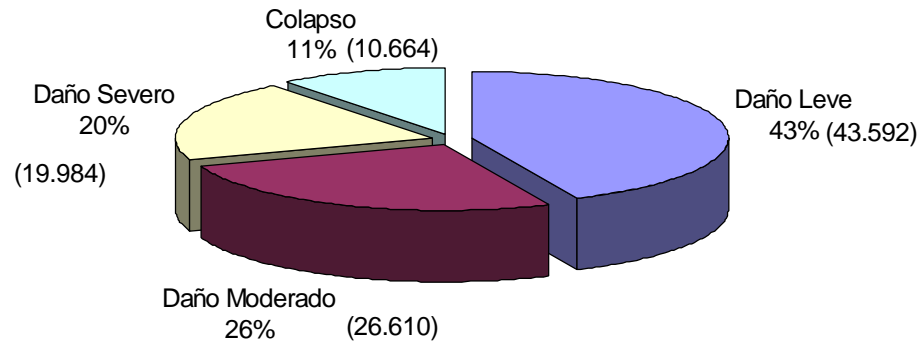
Ver 1.0 / Marzo 2004

# DIMENSIONAMIENTO DEL PROBLEMA

## DISTRIBUCION DE DAÑOS EN EL EJE CAFETERO



## DISTRIBUCION DEL NIVEL DE DAÑO



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

**Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños  
Diapositiva No 39**



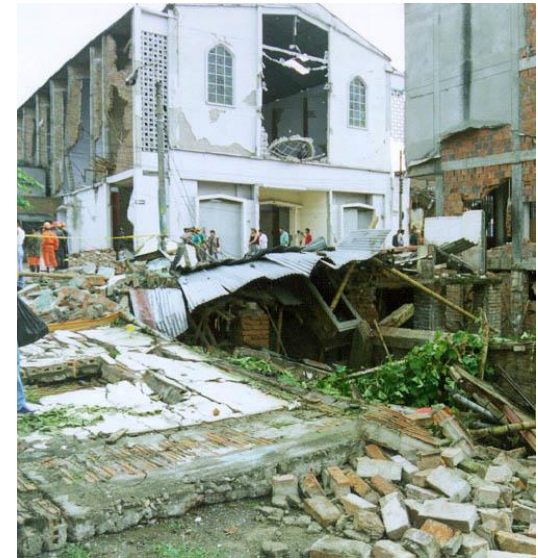
- ❖ El objetivo principal es identificar que edificaciones son o no seguras para volverse a ocupar y por lo tanto lograr que el mayor número de personas pueda regresar a sus casas y edificios rápidamente.





## OBJETIVOS A CORTO PLAZO

- Reducir la incidencia de lesiones y muertes, por la posible caída o volcamiento de objetos o por la ocurrencia de posibles réplicas después del evento principal.
- Obtener información sobre la magnitud del desastre en términos del número de edificaciones habitables, dañadas o que llegaron al colapso.
- Llevar a cabo los procedimientos de emergencia necesarios para la protección de las vidas humanas y el alojamiento de los afectados.



# OBJETIVOS A MEDIANO PLAZO



- Estimar de manera preliminar las pérdidas económicas provocadas por el desastre, de manera que permita la preparación de un plan apropiado de rehabilitación y asistencia en la reconstrucción y desarrollo de la zona afectada.
- Registro y clasificación de los daños con propósitos de planeación, reconstrucción y reforzamiento de las construcciones que sufrieron daños con el sismo.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

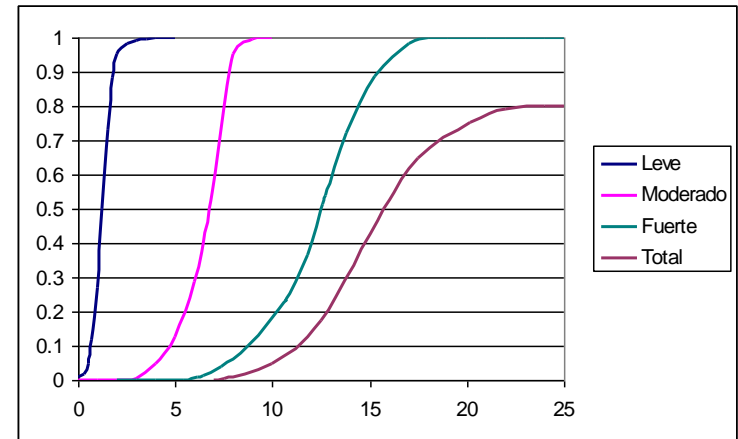
Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 42



- **Suministrar información técnica que permita el mejoramiento de las normas de construcción sismo resistente y la calibración de curvas de vulnerabilidad y escenarios de riesgo**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

- Apoyo a la comunidad para procesos de solicitud de créditos, subsidios o certificados para compañías de seguros.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

- **General de daños por sectores**
- **Rápida**
- **Estructural**
- **Evaluación de ingeniería**
- **Geotécnica**



Evaluación general de un sector

Solicitud de Evaluaciones por la comunidad

Evaluación Rápida

Aparentemente OK

Elementos arquitectónicos en peligros de caer. Parcialmente segura

Daños generalizados que la hacen insegura

Daños que afectan la estabilidad – Obviamente insegura

Habitable

Uso Restringido

No habitable

Peligro de colapso

Evaluación Estructural  
Mampostería  
Prefabricados  
Concreto  
Pórticos en Acero  
Madera  
Riesgos geotécnicos  
Riesgos no estructurales

Daños menores y puntuales que no ofrecen peligro para la vida

Hay peligro puntual de falla o caída de objetos. No presenta reducción en su capacidad de resistir cargas.

Disminución significativa de la capacidad para resistir cargas, no existe inestabilidad potencial

Daños severos y generalizados en la estructura, que afectan su capacidad para resistir cargas y de manera clara su estabilidad

Habitable

Uso Restringido

No habitable

Peligro de colapso

- ❖ **El objeto de esta evaluación es realizar una valoración de un sector, apreciar integralmente las consecuencias de un evento y proponer acciones prioritarias por zonas de acuerdo al tipo de evento. Puede ser de gran utilidad para la planificación de las evaluaciones individuales de edificaciones y la definición de planes de recuperación y desarrollo de un sector.**



- ❁ El objeto de la esta evaluación es determinar el nivel de riesgo de la edificación basado en la posibilidad de volcamiento, caída de objetos y desplome de la estructura ante la incidencia de una réplica del evento principal. Con base en los resultados de esta evaluación, se le comunica a los usuarios y al dueño, la posibilidad de seguir ocupando el inmueble, así como las medidas para evitar la ocurrencia de daños secundarios y se programan las evaluaciones estructurales.





- **Se lleva a cabo en las estructuras afectadas que se consideran como inseguras o con dudas respecto a su nivel de seguridad en la Evaluación Rápida. Se basa en los resultados de la inspección sobre las condiciones y características de daños que presente el edificio, a fin de determinar las condiciones del inmueble y de sus elementos arquitectónicos y estructurales.**



- ❖ **Se lleva a cabo por ingenieros particulares contratados por los propietarios de las edificaciones con el fin de hacer el estudio de vulnerabilidad y el análisis técnico y económico sobre la rehabilitación de la edificación.**



- ❖ **El objetivo es revisar aquellos sectores con problemas de movimientos en masa, erosión o con presencia de fenómenos como subsidencias y licuación de suelos, con el fin de determinar la extensión geográfica de la zona afectada, las características, el estado de desarrollo y las causas de fenómeno. Determinar el tipo de infraestructura involucrada, describir de manera preliminar la habitabilidad de las edificaciones afectadas y dar algunas recomendaciones para el manejo y control del evento.**



# EVALUACIÓN DE DAÑOS Y DE LA SEGURIDAD DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO

## MÓDULO 5 – CARACTERIZACIÓN DEL DAÑO SÍSMICO Y DE LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN DE DAÑOS



### CAPÍTULO 3 – Historia de los procesos de evaluación de daños



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ D.C.

ais

## **METODOLOGÍAS RECONOCIDAS A NIVEL MUNDIAL**

- ❁ **Yugoeslava “Metodología y procedimiento para la evaluación de daños producidos por terremotos” Universidad Kiril and Metodij, Skopje(1984)**
- ❁ **Estados Unidos, especialmente en California: ATC-20 (1989) y actualizada ATC 20-2 (1995) Post Earthquake Safety Evaluation of Buildings**
- ❁ **México, Manual de Evaluación Postsísmica de la Seguridad Estructural de Edificaciones” Mario Rodríguez y Enrique Castrillón (1995). Actualizada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica y la Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del Distrito Federal de Ciudad de México (1998).**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 53



## **OTRAS METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE DAÑOS**

- ❁ **Japón: Norma para la Evaluación de Daño por Sismo en Estructuras y Guía Técnica de Rehabilitación, actualizada en el año 1981 - 1989 - 1994**
- ❁ **Italia, Servicio Sismológico, 1976 - 2000**
- ❁ **Pereira, OMPAD 1995 - 1996 - 2000**
- ❁ **Censo del Eje Cafetero, Ministerio de Desarrollo – 1999**
- ❁ **Manizales, OMPAD, 1998 - 2001 – 2003 (AIS)**
- ❁ **Bogotá, DPAE - AIS, 2002**
- ❁ **Quindío, Sociedad de Ingenieros del Quindío, 2002**
- ❁ **Otras metodologías: Grecia y Turquía**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

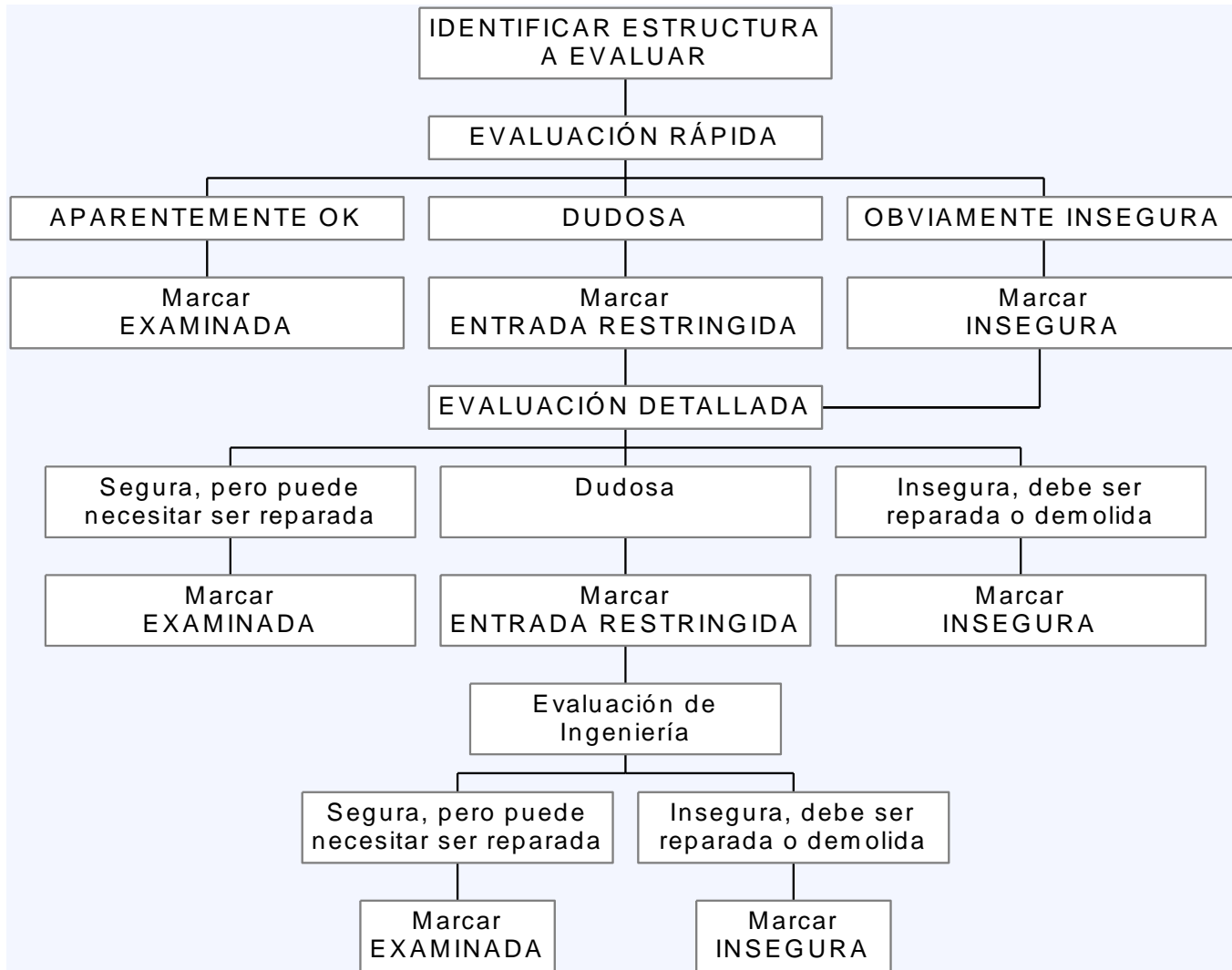
Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 54



# MÉTODO DEL ATC - 20-2



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

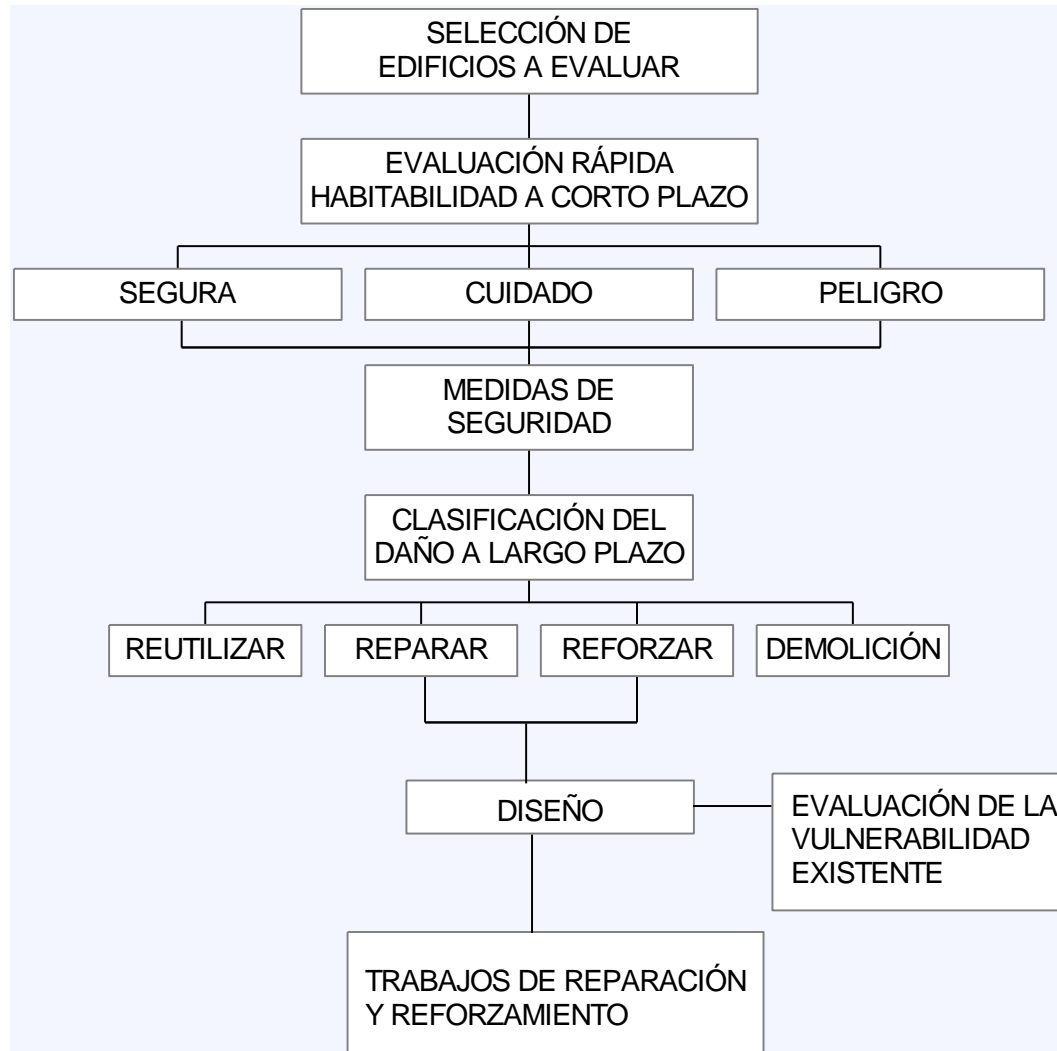
Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

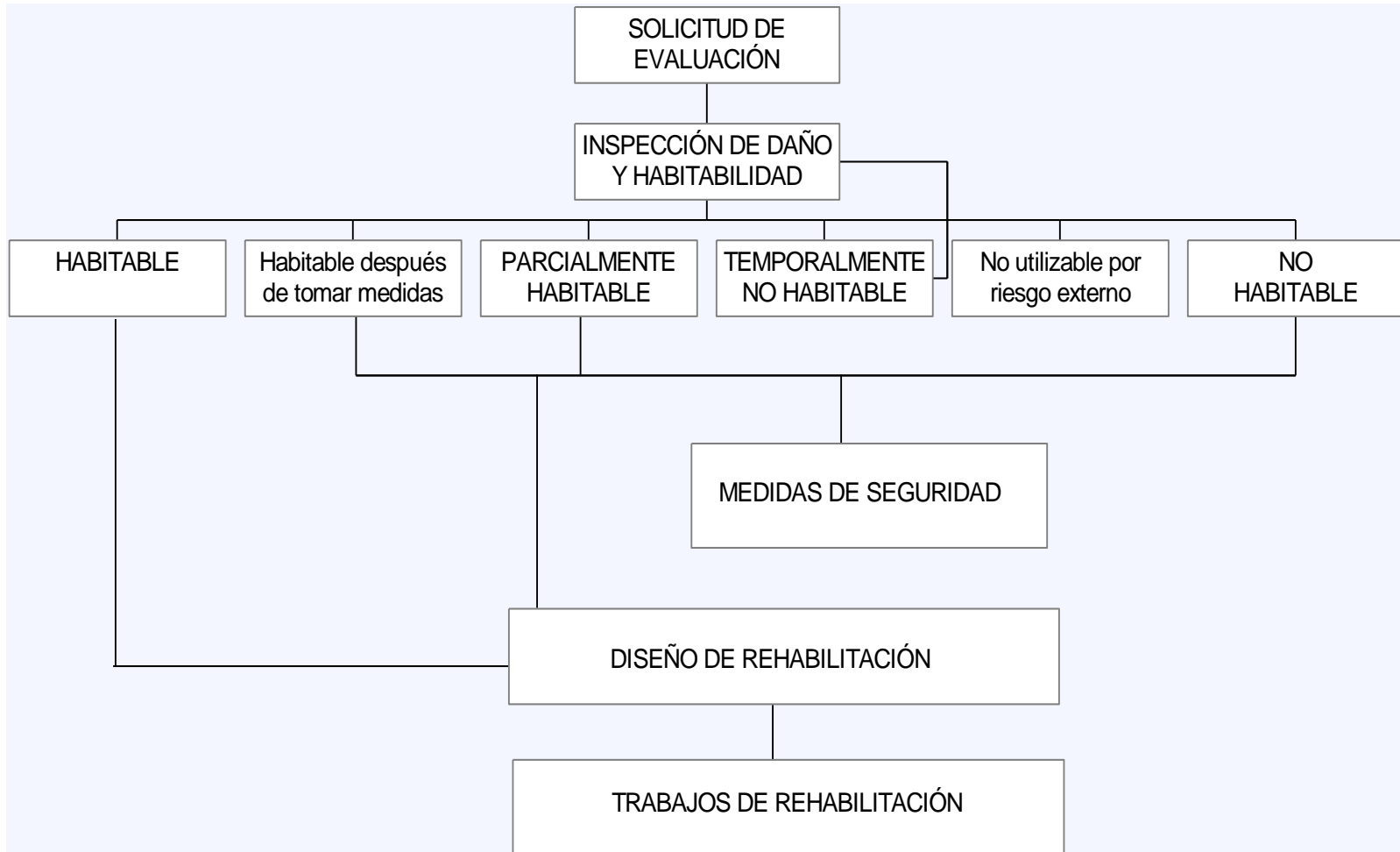
Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 55









## CRITERIOS EVALUADOS EN EL ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS

- ❖ **Objetivos y alcances de la metodología**
- ❖ **Profesionales y tiempo de evaluación requerido**
- ❖ **Análisis del contenido de los formatos de evaluación rápida y detallada (Aspectos a evaluar)**
- ❖ **Criterios para la clasificación del daño (Cómo clasificarlas?)**
- ❖ **Categorías para la clasificación global de la edificación (Número y tipo de categorías)**
- ❖ **Problemas más comunes en la evaluación de daños**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 58



# CONTENIDO BÁSICO DE LOS FORMULARIOS

- **Identificación de la edificación**
- **Tipo de estructura, uso de la edificación y parámetros de calidad**
- **Evaluación de los daños**
- **Clasificación de la habitabilidad y/o reparabilidad de la edificación**
- **Medidas de emergencia y registro de pérdidas humanas**
- **Fotografías o esquemas**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 59



# PROFESIONALES Y TIEMPOS REQUERIDOS

METODO	YUGOSLAVO (1985)	ATC-20 (1995)	JAPONÉS (1985)	MEXICANO (1998)	PEREIRA OMPAD (2000)	MINISTERIO DESARROLLO (1999)	QUINDÍO
PERFIL PROFESIONAL	Ingeniero estructural, ingeniero civil o arquitecto y un auxiliar técnico	Ingenieros estructurales y en caso de problemas geotécnicos un especialista en esta área	Ingeniero especialista en estructuras	2 ingenieros civiles, y si hay problemas de suelos 1 debe ser especialista en geotecnia	Ingenieros con experiencia en estructuras o patología de estructuras	Profesionales ingenieros o arquitectos con cinco años de experiencia mínima	3 ingenieros civiles en el que uno debe ser especialista o con amplia experiencia en estructuras
TIEMPO DE EVALUACIÓN ESTIMADO	No especifica	1 a 4 horas	2 horas a 1 día por edificio	2 a 8 horas	No se especifica	50 minutos	Cada edificación evaluada puede tomar entre 1 y 4 horas.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 60



## **VARIABLES UTILIZADAS PARA LA DESCRIPCION DE LA EDIFICACION**

**Dirección**

**Nombre del edificio**

**Sector o barrio**

**Uso de la edificación**

**Tipo de estructura**

**Tipo de cubierta**

**Tipo de cimentación**

**Calidad de la construcción**

**Número de pisos**

**Número de aparta-mentos**

**Pérdidas humanas**

**Persona para contacto**

**Edad de la construcción**

**Posición de la edificación en la manzana**

**Configura-ción en planta o en altura**

**Reparacio-nes por sismos anteriores**

**Área de la edificación**

**Esquema**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

**Ver 1.0 / Marzo 2004**

**Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños**

**Diapositiva No 61**



# VARIABLES UTILIZADAS PARA LA EVALUACIÓN DEL DAÑO

Condición peligrosa en	Elementos
1. Estructura en general	Colapso parcial o total
	Inclinación del edificio o uno de sus entrepisos
	Otro
2. Elementos estructurales	Cimentación
	Techos y pisos
	Columnas, pilastras
	Diafragmas y elementos horizontales
	Muros y elementos verticales
	Marcos resistentes a momentos
	Otro
	Otro
3. Elementos no estructurales	Parapetos/ ornamentación
	Ventanería
	Cielorascos y luces
	Muros interiores/ particiones
	Elevadores
	Escaleras y salidas
	Chimeneas
	Instalaciones eléctricas y de gas
	Otro
	Otro
4. Geotécnicos	Fallas de laderas
	Movimientos del suelo, fisuras
	Otro



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 62



# DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS

Nivel	Descripción
Leve	Grietas pequeñas pero visibles sobre la superficie del concreto (grietas con ancho menor a 1.0mm)
Moderado	Agrietamiento apreciable del concreto (grietas con ancho superior a 1.0 mm), pérdida de recubrimiento y/o barras expuestas.
Severo	Barras de refuerzo pandeadas, núcleo del concreto agrietado, aplastamiento de la columna, asentamiento o inclinación en el sistema de piso.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 63



# CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD

<b>YUGOSLAVO (1984)</b>	<b>ATC-20-2 (1995)</b>	<b>JAPONES (1985)</b>	<b>MEXICANO (1998)</b>	<b>MINISTERIO DESARROLLO (1999)</b>	<b>PEREIRA OMPA D (2000)</b>	<b>ITALIANO (2000)</b>	<b>QUINDÍO (2002)</b>
<b>Verde</b>	<b>Examinada</b>	<b>Segura</b>	<b>Habitable</b>	<b>Ninguno</b>	<b>Habitable</b>	<b>Habitable</b>	<b>Habitable (Verde)</b>
<b>Amarillo</b>	<b>Entrada restringida (amarilla)</b>	<b>Precaución</b>	<b>Seguridad en duda</b>	<b>Leve</b>	<b>Cuidado</b>	<b>Habitable después de medidas</b>	<b>Uso restringido (amarillo)</b>
				<b>Moderado</b>		<b>Parcialmente habitable</b>	
	<b>Insegura (Rojo)</b>	<b>Peligro</b>	<b>Insegura</b>	<b>Severo</b>	<b>Insegura</b>	<b>Temporalmente no habitable</b>	<b>No habitable (naranja)</b>
<b>No habitable</b>							
<b>Rojo</b>				<b>Colapso total</b>		<b>No habitable riesgo externo</b>	<b>Peligro de colapso (rojo)</b>
				<b>Colapso total</b>			<b>Colapso total</b>



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 64





# RELACIÓN DE DAÑOS Y HABITABILIDAD

CLASIFICACIÓN HABITABILIDAD (COLOR)	CLASIFICACIÓN DEL DAÑO	DESCRIPCIÓN
Habitable (Verde)	1. NINGUNO	Inmuebles que no sufrieron con el sismo y que no presentan evidencia de ningún tipo de daños
Habitable (Verde)	2. LEVE	Inmuebles que sufrieron daños leves y muy puntuales en elementos arquitectónicos, los cuales pueden ser reparados fácilmente y que no ofrecen peligro para la integridad de las personas que la ocupan
Uso restringido (Amarillo)	3. MODERADO	Inmuebles que sufrieron daños importantes en elementos arquitectónicos, su ocupación estaría condicionada al retiro o reparación de aquellos elementos que ofrezcan peligro de caerse
No habitable (Naranja)	4. FUERTE	Inmuebles que sufrieron daños estructurales, grietas grandes en vigas, columnas o muros. Presenta disminución en su capacidad para resistir cargas. Hay que evaluar la necesidad de apuntalar la edificación
Peligro de colapso (Rojo)	5. SEVERO	Inmuebles que sufrieron daños generalizados en su estructura, presentan peligro de colapso o derrumbe inminente. Es necesario evacuarlos totalmente y proteger calles y las edificaciones vecinas.
	6. COLAPSO TOTAL	El inmueble está totalmente en ruinas



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 65



## RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

**OTRAS INVESTIGACIONES:** Geotécnica, estructural, otra

**MEDIDAS DE SEGURIDAD:**

**Colocar barreras**

**Remover elementos en peligro de caer**

**Apuntalar**

**Operaciones de rescate**

**Protección de las construcciones vecinas o de la calle**

**Demolición**

**Evacuación**

**COMENTARIOS**

**COLOCACIÓN DE ROTULO**

**NO SE REQUIERE NINGUNA ACCIÓN**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 5. Caracterización del daño sísmico y de  
los procesos de evaluación de daños

Diapositiva No 66



- ❁ **Falta de entrenamiento y cualificación de los evaluadores**
- ❁ **Subjetividad en las evaluaciones**
- ❁ **Problemas en la ubicación de los predios**
- ❁ **Falta de organización y sistematización de los registros**
- ❁ **Falta de un plan de contingencia asociado**



- ❑ **Formulario de inspección**
- ❑ **Guías técnicas**
- ❑ **Señalización de edificaciones**
- ❑ **Procedimiento operativo y de recolección**
- ❑ **Base de datos**
- ❑ **Sistema de información geográfico**
- ❑ **Sistema experto**

