

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

MÓDULOS DE CAPACITACIÓN



MÓDULO 8 - 1 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES



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

● **Identificación de los sistemas constructivos**

- **Sistemas estructurales**
- **Características básicas de la sismo resistencia**
- **Sistemas no estructurales**
- **Características básicas de elementos no estructurales sismo resistentes**

● **Ruta de colapso**

- **Estados límite**
- **Mecanismos de colapso**

● **Manifestaciones patológicas**

- **En suelos de cimentación**
- **En elementos estructurales**
- **En elementos no estructurales**

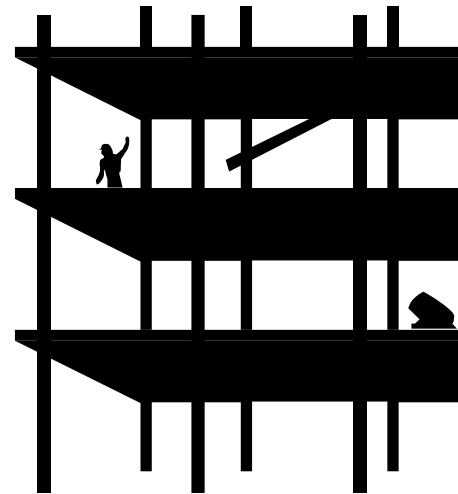


- ✓ **Describir los diferentes sistemas constructivos, estructurales y no estructurales de uso común en el país**
- ✓ **Ilustrar sobre la detección de falencias en la configuración estructural y en el cumplimiento de requisitos básicos de construcción sismo resistente**
- ✓ **Describir los principales mecanismos de la ruta de colapso asociados con cada tipo constructivo, estructural y no estructural**
- ✓ **Ilustrar sobre los problemas asociados con el suelo de cimentación y su entorno**



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

MÓDULO 8 - 1 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES



CAPÍTULO 1. SISTEMAS ESTRUCTURALES



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

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

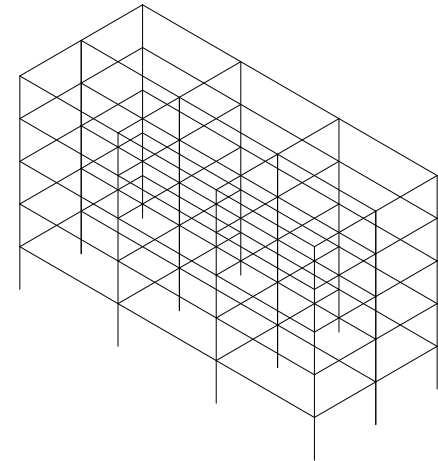
ais

✓ Sistemas de concreto reforzado

Elementos estructurales de concreto reforzado con barras longitudinales y transversales de acero.

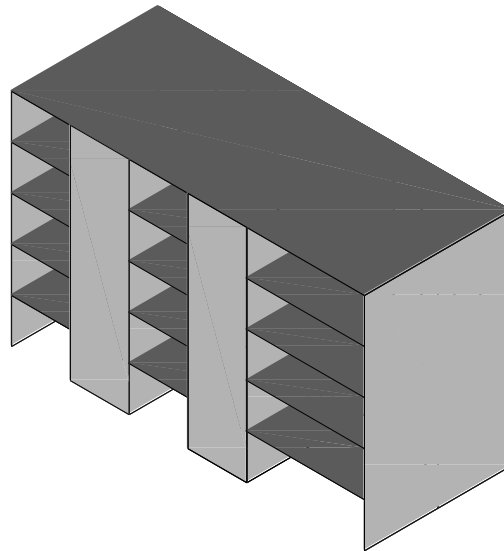
Pórticos: Conjunto de columnas y vigas que transfieren cargas verticales y horizontales hasta la cimentación.

- Los pórticos de concreto generalmente carecen de arriostramiento.
- Desde el Decreto 1400 de 1984, CCCSR-84, las estructuras deben tener vigas en ambas direcciones.
- Es común encontrar edificaciones de antes de 1985 con vigas en una sola dirección.

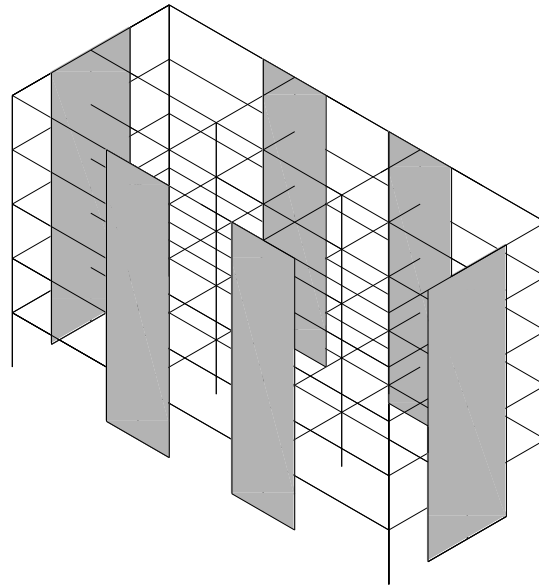


✓ Sistemas de concreto reforzado

Muros: de concreto, responsables de transmitir todas las cargas, incluyendo las verticales y las horizontales.



- ✓ **Sistemas de concreto reforzado**
 - Sistema dual o combinado: Coexisten los pórticos con los muros, o los pórticos sin arriostramiento con los pórticos arriostrados**



✓ **Sistemas de concreto reforzado**

Sistema prefabricado: Elementos vaciados individualmente, en fábrica o en obra, y colocados en su sitio ensamblándolos entre sí para conformar alguno de los sistemas anteriores.



✓ Sistemas de mampostería

Mampostería confinada: Muros de mampostería confinados perimetralmente por elementos de concreto reforzado con la misma anchura del muro.

Mampostería reforzada: Muros de mampostería cuyas unidades tienen perforaciones verticales en la cuales se colocan las barras de acero de refuerzo.

- **Perforaciones** con acero se inyectan con concreto.
- **Refuerzo** horizontal en juntas y en cavidades horizontales rellenas de concreto.



✓ Sistemas de mampostería

Mampostería no reforzada no confinada: Muros sin refuerzo alguno con unidades de piedra, de arcilla cocida o de concreto, macizas, o huecas.

- **Prohibido** en zonas de amenaza sísmica intermedia o alta, para construcciones nuevas.



✓ Sistemas de metal

- **Pórticos resistentes a momentos:** Conjunto de columnas y vigas que transfieren cargas verticales y horizontales hasta la cimentación.
- **Sistema de pórticos arriostrados:** La estabilidad lateral se logra con elementos diagonales o con muros de concreto o mampostería.



✓ Sistemas de madera

Elementos estructurales, en su mayoría, de madera

- Generalmente, los elementos de madera, colocados muy cerca entre sí, conforman un sistema estructural similar a un sistema de muros.
- Existen también armaduras y pórticos arriostrados de madera.



Las estructuras sismo resistentes tienen características específicas que las identifican como tales.

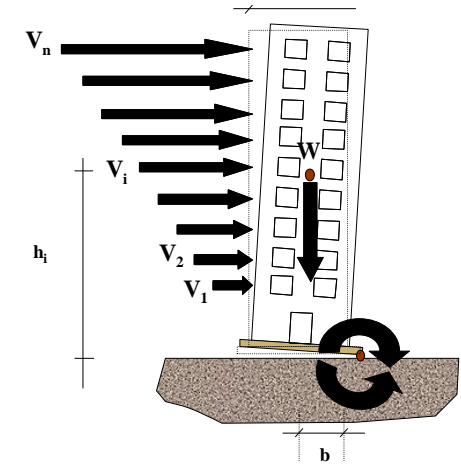
Si se contesta el siguiente cuestionario afirmativamente, es probable que la estructura estudiada sea sismo resistente.



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SISMO RESISTENCIA

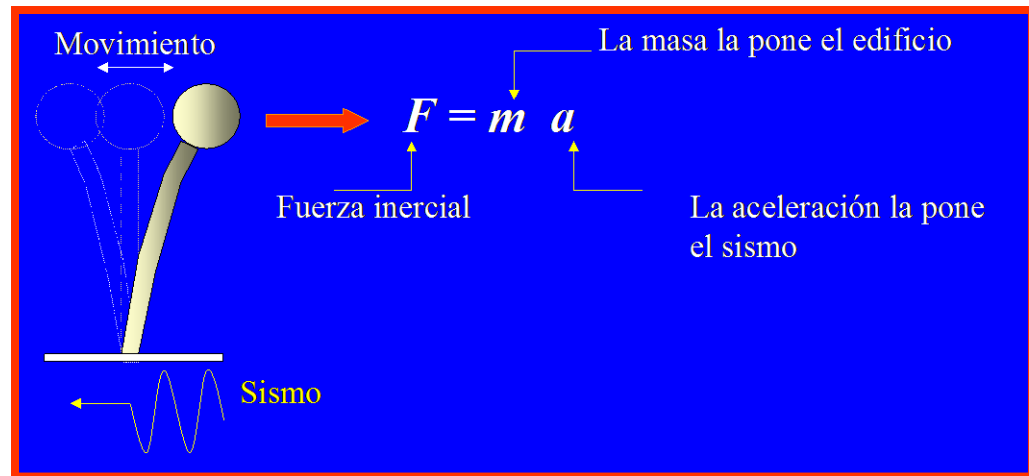
- ✓ ¿La estructura es estable ante cargas laterales?

La estabilidad de la estructura está relacionada con aspectos que incluyen la capacidad de la cimentación para resistir empujes horizontales bajo cargas dinámicas.



- ✓ ¿Es liviana la estructura?

A menor masa, menor sollicitación inercial.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

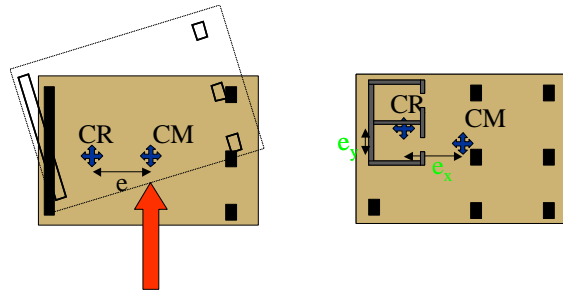
Diapositiva No 14



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SISMO RESISTENCIA

✓ ¿Es la estructura regular en planta o en altura?

Irregularidades en planta o en altura, en términos de masa, resistencia o rigidez, pueden ocasionar concentraciones de tensiones o desviaciones entre centro de masa y centro de rigidez que pongan en peligro la integridad de la estructura.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

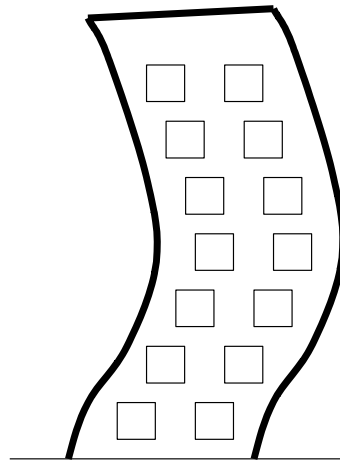
Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 15

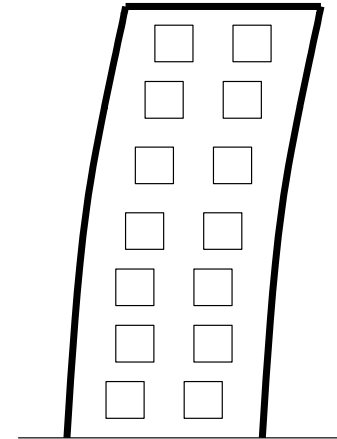


✓ ¿Es rígida la estructura?

Aunque una estructura sea estable y de forma regular, la deformación total ante cargas laterales depende en gran medida de su flexibilidad. A mayor flexibilidad, mayor deformación; y, ante mayor deformación, mayor probabilidad de daños.



Estructura flexible



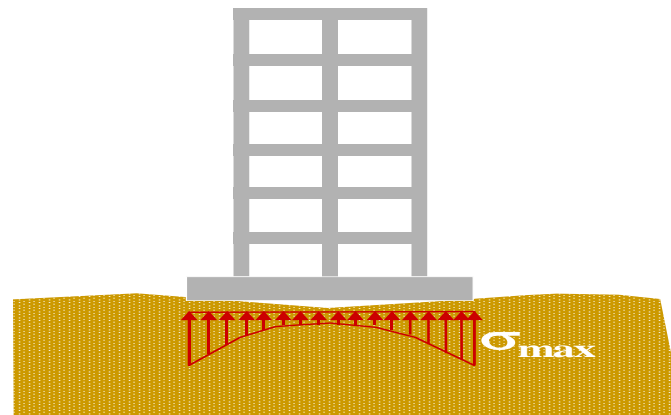
Estructura rígida



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SISMO RESISTENCIA

✓ ¿Es compatible la cimentación con el suelo ?

El suelo debe ser compatible con el tipo de cimentación que se emplee. Así, por ejemplo, un suelo blando puede no ser compatible con cimentaciones superficiales y un suelo firme no requiere de cimentaciones profundas. Así mismo, terrenos pendientes pueden fallar como un todo, por lo que es necesario determinar la localización de la superficie de falla para garantizar que la cimentación se realice con la profundidad adecuada.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 17

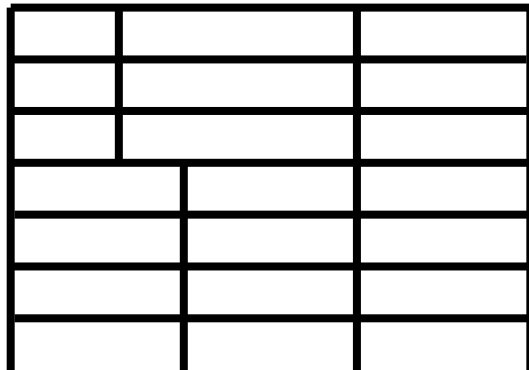


CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SISMO RESISTENCIA

✓ ¿Tiene la edificación un sistema estructural apropiado?

No todos los sistemas estructurales son apropiados para todo tipo de cargas. Sistemas con base en prefabricados u otras formas menos conocidas, pueden no tener el respaldo experimental suficiente para demostrar su desempeño sísmico resistente.

El sistema estructural utilizado debe cumplir con ciertos requisitos mínimos de configuración y continuidad



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 18



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SISMO RESISTENCIA

✓ ¿Está construida la edificación con materiales competentes?

Las NSR-98 especifican los materiales que pueden considerarse como competentes para la fabricación de estructuras sismo resistentes: Hormigón reforzado, mampostería reforzada o confinada, acero, metales (acero y aluminio), madera y bahareque encementado. Se excluyen específicamente la mampostería no reforzada no confinada y la tapia.

El nivel de resistencia y la calidad de los materiales determinan en buena parte el desempeño de la edificación durante su vida útil. Deben verificarse sus características mediante registros del proceso de construcción.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

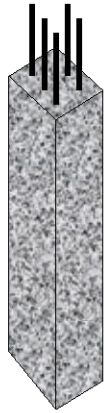
Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 19



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SISMO RESISTENCIA

- ✓ ¿Está construida la edificación con materiales competentes?



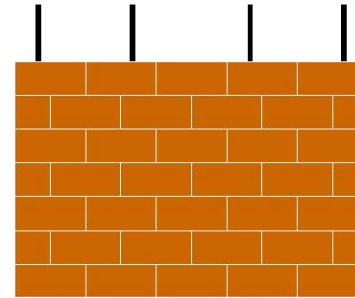
Concreto
Reforzado



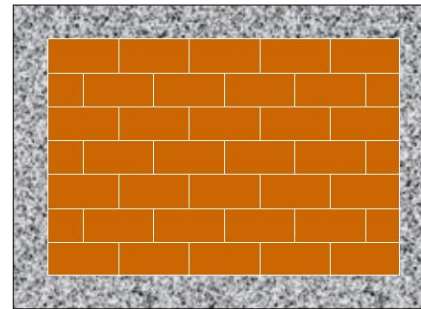
Acero



Aluminio



Muros de mampostería reforzada



Muros de mampostería confinada



Madera

COMPETENTES



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 20

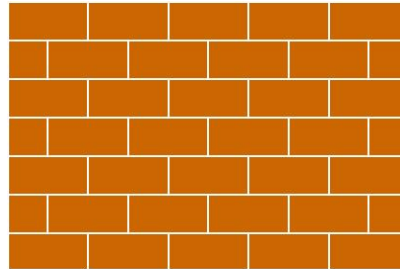


CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SISMO RESISTENCIA

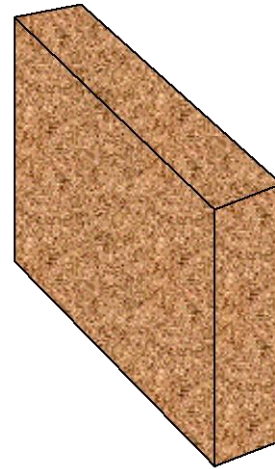
- ✓ ¿Está construida la edificación con materiales competentes?



Concreto
Simple



Muros sin refuerzo



Tapia

INCOMPETENTES



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

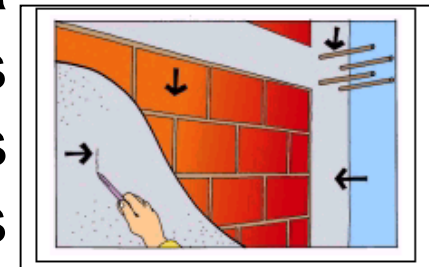
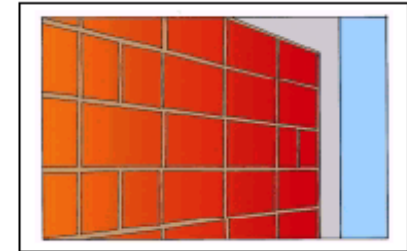
Diapositiva No 21



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SISMO RESISTENCIA

✓ ¿Representa la edificación buena calidad de construcción?

Es posible determinar la calidad de la construcción mediante evidencias físicas de la propia edificación, tales como la textura superficial de los elementos y la precisión de la construcción, entre muchas otras.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

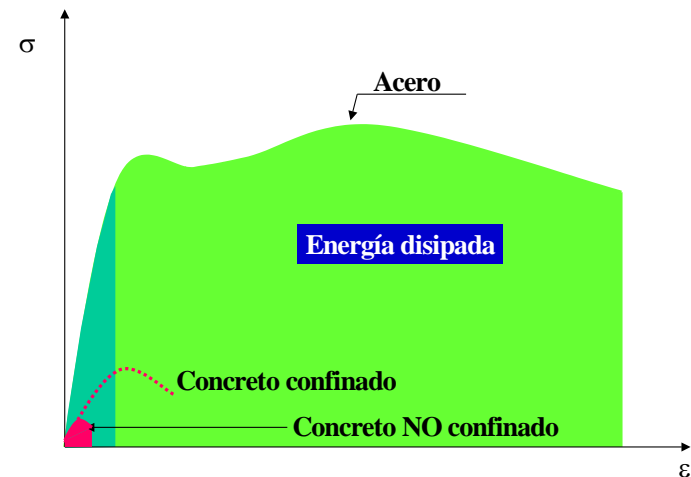
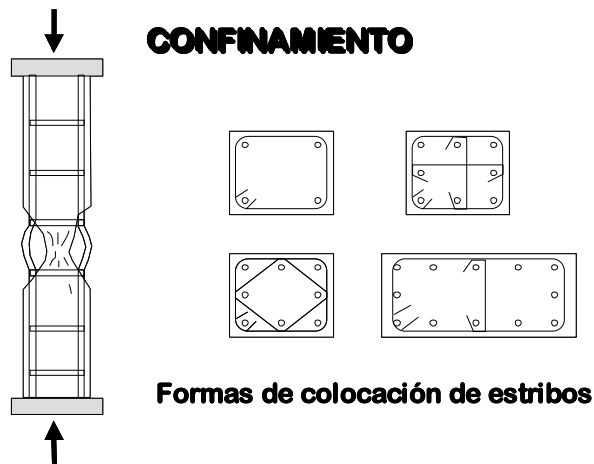
Diapositiva No 22



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA SISMO RESISTENCIA

✓ ¿Tiene la estructura capacidad de absorber y disipar energía?

Este aspecto es el más difícil de determinar sin un estudio exhaustivo y minucioso de la estructura. Depende de su diseño y de su detallado.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 23



Si se contesta positivamente a estas preguntas, es probable que la estructura tenga un grado de sismo resistencia adecuado.

Si por el contrario, cualquiera de estas preguntas se contesta negativamente es probable que la estructura sea vulnerable ante eventos sísmicos.



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

MÓDULO 8 - 1 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES



CAPÍTULO 2 - SISTEMAS NO ESTRUCTURALES



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

Elementos arquitectónicos, mecánicos o de otra índole, que no participan activamente en la transmisión de las solicitaciones, desde su punto de aplicación, hasta las cimentaciones. Son responsables por su propio peso y por acciones directamente aplicadas sobre ellos.

- ✓ Muros de cerramiento,
- ✓ ventanas y puertas,
- ✓ ascensores,
- ✓ tuberías de toda índole,
- ✓ equipos de acondicionamiento de aire,
- ✓ acabados,
- ✓ etc.



“Los elementos no estructurales (ENE), sus anclajes y conexiones, deben diseñarse para que sean capaces de resistir fuerzas inerciales debido a su propia masa, el viento aplicados sobre ellos, y cualquier otra sollicitación que resulte independientemente del sistema estructural principal de transmisión de cargas de toda la estructura hasta la cimentación” (NSR-98).

Es esencial para el adecuado desempeño de las edificaciones sometidas a acciones sísmicas, que los ENE se independicen de la estructura principal, o que se unan a ésta a través de conexiones que sean capaces de absorber las fuerzas y las deformaciones impuestas por las estructura, sin dañarse u ocasionar daños.



✓ ¿Tiene una estructuración definida?

Para que pueda evaluarse como sismo resistente, el ENE debe tener algún tipo de estructuración definida. Por ejemplo, una estantería construida con tablas sueltas apoyadas sobre bloques o ladrillos sin pega, o sin conectarse entre sí, no constituye una única estructura que pueda funcionar integralmente.

✓ ¿Está construido con materiales dúctiles?

Si el ENE está constituido con materiales frágiles su estructuración no puede comportarse inelásticamente. Por ejemplo, un muro no estructural, construido con mampostería no reforzada no confinada tendrá un comportamiento frágil.



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE ENE SISMO RESISTENTES

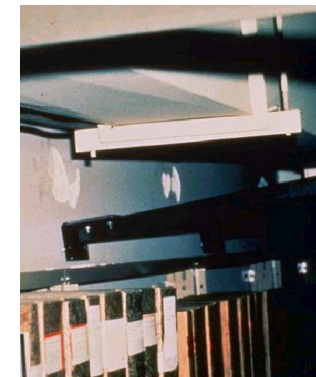
- ✓ ¿Está aislado de la estructura principal o está conectado a ésta con elementos dúctiles?

Un sistema de cielorraso, diseñado y construido con elementos de aluminio, pero conectado a la losa con pedazos de madera y clavos, puede fallar frágilmente; asimismo, una tubería embebida en un muro de mampostería no reforzada no confinada puede romperse si el muro falla ante cargas horizontales, mientras que una tubería colgada de la losa con arandelas flexibles de acero puede resistir movimientos relativos de sus anclajes.

- ✓ ¿Tiene anclajes dúctiles?
De nada valdría una estructuración y conexiones dúctiles si los anclajes contra la estructura principal son frágiles.



a) Estantería anclada a la pared



b) Anclaje fallado por extracción



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 29



Si se contesta negativamente a cualquiera de estas preguntas, probablemente el ENE no fue diseñado de manera sismo resistente y puede ser vulnerable ante acciones sísmicas.



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

MÓDULO 8 - 1 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES



CAPÍTULO 3 - RUTA DE COLAPSO



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

Cuando una estructura colapsa, ha debido someterse a una serie creciente de magnitud de cargas, lenta o súbitamente, hasta sobrepasar su capacidad total. Para que esto suceda debe acaecer alguna de las siguientes situaciones:

- a) La magnitud de las cargas excede la capacidad de diseño, incluyendo los factores de seguridad correspondientes.
- b) Se calcularon erróneamente las cargas o sus capacidades.
- c) La calidad de la construcción resultó en resistencias menores que las proyectadas para las cargas reales de la estructura.
- d) No existió cuantificación de cargas y/o de resistencias.



Una estructura ha fallado cuando se sobrepasa un estado límite determinado de acuerdo con criterios de resistencia, rigidez, desempeño e, inclusive, apariencia.

Estos estados límite pueden ser de servicio, últimos o estados límite particulares, específicamente establecidos para un tipo de proyecto o de solicitaciones.



Estados límite de servicio

✓ Deflexiones excesivas:

Todo elemento estructural se deforma bajo cargas, inclusive en el intervalo elástico del comportamiento de los materiales. Así, la existencia de deflexiones no implica, per se, vulnerabilidad estructural. Sin embargo, si las deflexiones exceden ciertos límites, aún por debajo del umbral de fluencia del material, su funcionalidad puede verse amenazada. Por ejemplo, un elemento en voladizo que tenga deflexiones significativas apreciables a simple vista puede generar desconfianza, así la deformación todavía ocurra en el intervalo elástico de trabajo del material.



Estados límite de servicio

✓ Vibraciones indeseables:

El dimensionamiento de estructuras livianas puede resultar en la especificación de elementos esbeltos que son capaces de resistir las bajas cargas sin problema pero cuya flexibilidad los hacen susceptibles a vibración debido a cargas ambientales. De tal manera, una losa delgada en un edificio residencial o de oficinas de grandes vanos, adecuada para resistir las cargas impuestas, puede vibrar constantemente con el tráfico local, de manera que se genere la incomodidad o la desconfianza del usuario.



Estados límite de servicio

✓ Ancho excesivo de grietas:

Ciertos materiales compuestos, como el hormigón y la mampostería reforzados, cuyas matrices se fisuran con niveles relativamente bajos de tensiones, tras lo cual el refuerzo comienza a trabajar. Esta fisuración de la matriz frágil ocurre aún en magnitudes inferiores del intervalo de tensiones elásticas del material compuesto y no representan necesariamente una amenaza a la integridad del elemento estructural. Sin embargo, la anchura de las fisuras puede ser excesiva desde el punto de vista funcional, por ejemplo, para elementos de cubierta, o elementos de estructuras para contener líquidos o gases.



Estados límite últimos

✓ Inestabilidad:

Una estructura puede ser inestable por las características de sus apoyos o por características de la configuración interna.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

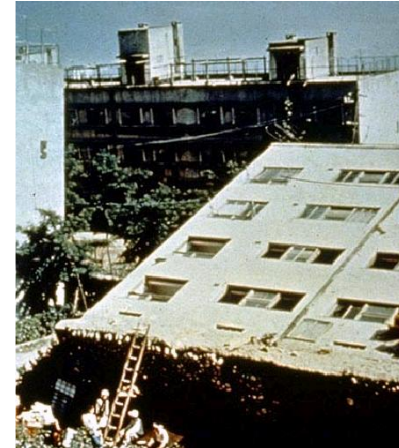
Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 37



Estados límite últimos

✓ Pérdida de equilibrio

Bajo ciertas condiciones de carga, la estructura puede perder su equilibrio y colapsar como cuerpo rígido. Es el caso de edificios esbeltos cuyas cimentaciones no resistan las cargas de tracción que puede inducir un sismo, o una estantería que no esté anclada al piso.



Volcamiento por licuación en
Japón, 1964



Volcamiento en Turquía por falla en
cimentación.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 38



Estados límite últimos

✓ Pandeo elástico

Los elementos esbeltos son susceptibles de fallar aunque las tensiones en el material no superen el límite de fluencia. La falla por pandeo es una falla súbita que ocurre en el intervalo elástico del material y que puede causar el colapso total del elemento.



Columna de hormigón,
Méjico 1985



Riostras de acero, Kobe, 1995
(Annotated Slide Collection, EERI)



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 39



Estados límite últimos

✓ Fatiga

Cuando un elemento se somete a un número elevado de ciclos de carga inferior a la carga última especificada en el diseño, puede excederse el límite último por fatiga del material. Este fenómeno de rotura se puede dar inclusive con niveles relativamente bajos de carga, pero con ciclos de gran frecuencia y cantidad.



Estados límite últimos

✓ Rotura

Cuando las tensiones inducidas por solicitaciones externas superan la capacidad de los materiales se produce su rotura. Dependiendo de las condiciones de borde del elemento estructural solicitado, de la naturaleza de las tensiones superadas y de la configuración y detallado especificados en el diseño, la rotura puede resultar en la falla parcial o total del elemento.



Elemento estructural sometido a tensiones de rotura



Estados límite últimos

✓ Colapso progresivo

Cuando se produce la rotura de un elemento estructural principal, la consecuente redistribución de esfuerzos puede causar sobrecarga en elementos adyacentes que, por falta de hiperestaticidad u otras causas, fallan sucesivamente, produciendo, a su vez, el colapso progresivo de la estructura.



Uno de los colapsos progresivos recientes más notorios. Toda una esquina del edificio Ronan Point, en el este de Londres colapsó debido a una explosión de gas en el piso 18, el 16 de mayo de 1968.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

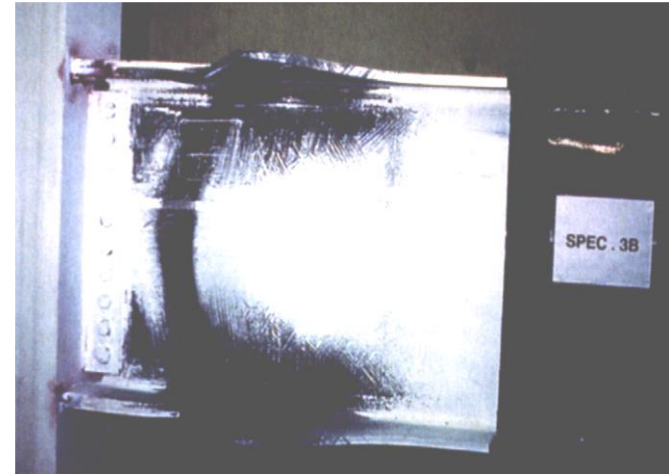
Diapositiva No 42



Estados límite últimos

✓ Formación de mecanismo plástico

Cuando el elemento que sufre la rotura tiene suficiente ductilidad, puede resistir grandes deformaciones sin fallar y sin pérdidas considerables de resistencia, formando un mecanismo de disipación de energía mediante trabajo en el régimen inelástico.



Rótula plástica en viga de acero estructural.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 43



MECANISMOS DE COLAPSO

Cuando una estructura se somete a cargas dinámicas elevadas, su comportamiento puede pasar por toda una gama de estados límite, hasta el colapso. Aunque los estados límite no dependen del tipo de material ni de la tipología estructural, sus manifestaciones varían de acuerdo con el sistema estructural y su material constitutivo.

Así, mientras que un elemento de hormigón o de mampostería reforzada, experimenta una degradación de rigidez por fisuración del material frágil en las etapas tempranas del intervalo elástico, un elemento de acero estructural no pierde rigidez sino hasta superar la tensión de fluencia.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

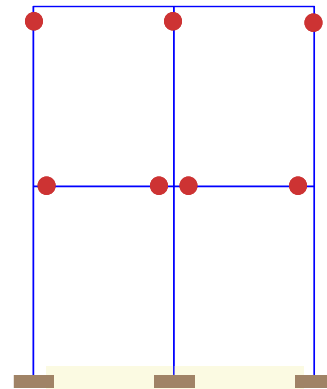
Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 44

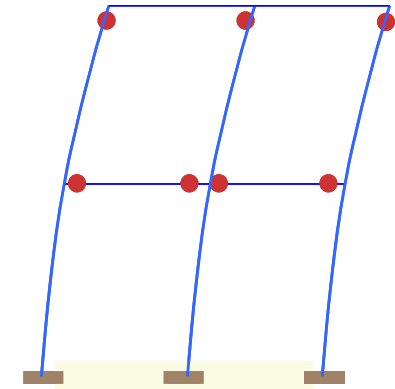


Pórticos dúctiles resistentes a momento

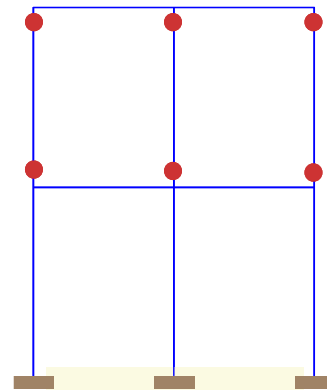
- ✓ Las rótulas plásticas deben formarse primero que todo en las vigas.
- ✓ Sólo los extremos superiores de las columnas del último nivel podrían desarrollar también articulaciones plásticas.



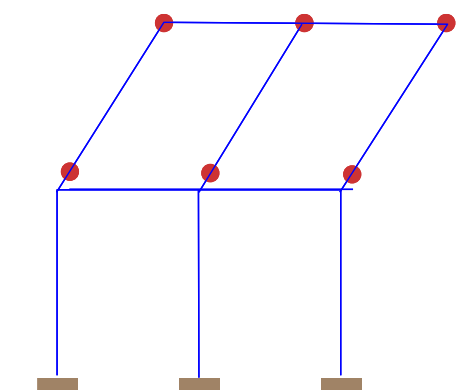
a) Se articulan las vigas



b) No se forma un mecanismo



c) Se articulan las columnas



d) Se forma un mecanismo



Pórticos dúctiles resistentes a momento

- ✓ Si se articulan las columnas se puede formar un mecanismo y perderse el piso,

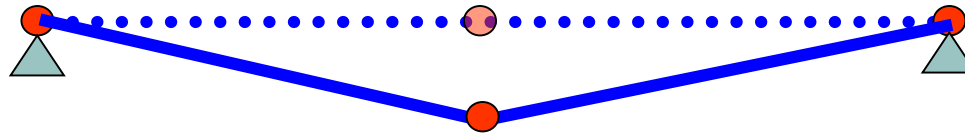


Pérdida de piso en un edificio en Kobe, 1995



Pórticos dúctiles resistentes a momento

- ✓ Para que una viga colapse se requieren, por lo menos, tres articulaciones, una en cada extremo y otra en su luz.



Pórticos arriostrados

- ✓ Este tipo de estructuración funciona de manera similar a un sistema de muros. De hecho, las NSR-98 clasifica los pórticos con riostras dentro de los sistemas de muros. El mecanismo de falla por lo tanto, al igual que en muros, involucra una biela de compresión diagonal y otra de tracción en cada vano.



Pandeo de riostras en pórtico de acero. Kobe, 1995



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

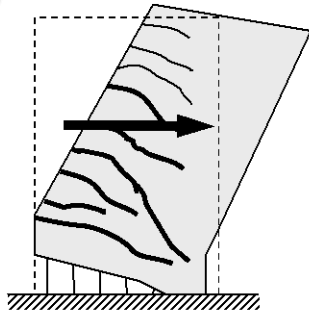
Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 48

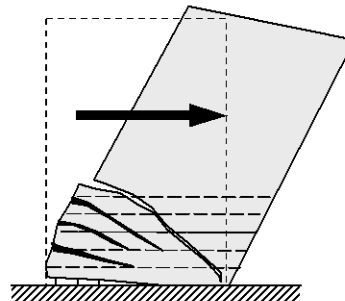


MECANISMOS DE COLAPSO

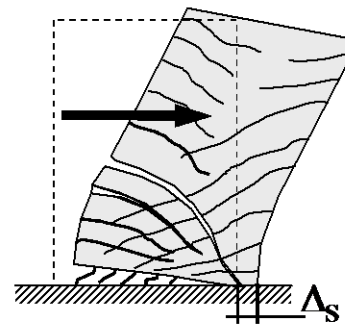
Muros



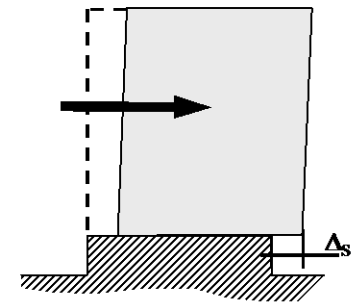
**FALLA EN LA BASE
POR FLEXIÓN**



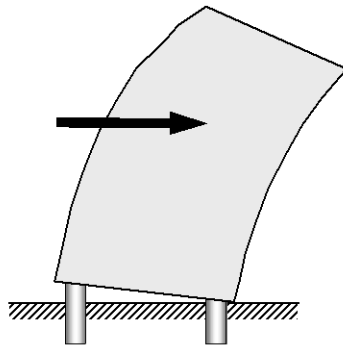
**FALLA EN LA BASE
POR CORTANTE**



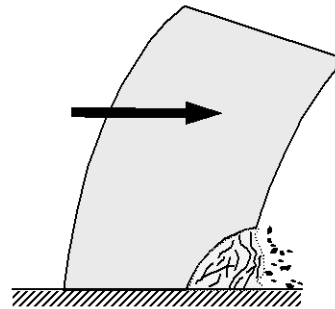
**FALLA POR
DESPLAZAMIENTO
EN LA BASE**



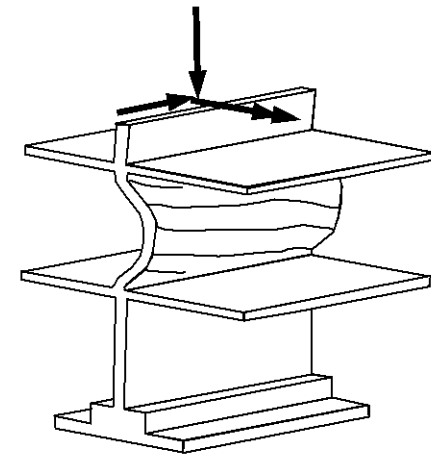
**FALLA DE JUNTA
DE
CONSTRUCCIÓN**



**FALLA DE CIMENTACIÓN
PROFUNDA POR TRACCIÓN**



**FALLA DE COMPRESIÓN DEL
PUNTAL DEL MURO POR
FALTA DE CONFINAMIENTO**



**FALLA POR PANDEO
ELÁSTICO DEL MURO**



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 49



Muros

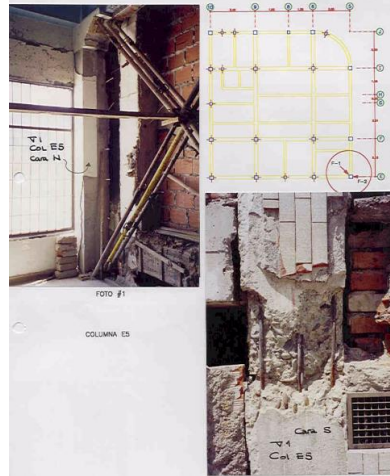


Muros fallados por cortante, Kobe, 1995



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

MÓDULO 8 - 1 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES



CAPÍTULO 4 - MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS



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

Toda acción, sea debida a la exposición ambiental o al uso, que resulte en sollicitaciones que exceden la capacidad de los materiales para permanecer en el intervalo elástico de su comportamiento bajo cargas, produce daños visibles bajo inspección. Esta evidencia es lo que se denomina aquí como manifestación patológica.



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

MÓDULO 8 -1 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES



CAPÍTULO 4.1 – MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS EN SUELOS DE CIMENTACIÓN



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

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

ais

CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

✓ Factores internos

Propiedades, factores físicos o geométricos del subsuelo que condicionan o facilitan la ocurrencia de uno o varios tipos de fenómenos, dependiendo de:

- Litología: Según el caso, (densidad, granulometría, ausencia o presencia de material cementante, composición química, permeabilidad, grado de consolidación y espesor) puede relacionarse la litología como un factor requerido inicialmente para que el fenómeno evaluado ocurra.



CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

✓ Factores internos

- **Meteorización:** El grado de meteorización condiciona el comportamiento de la masa para la ocurrencia de ciertos fenómenos.
- **Suelo:** Espesor, textura, contenido de materia orgánica, consolidación, entre otros rasgos, condicionan el potencial de ocurrencia de los fenómenos patológicos.
- **Discontinuidades:** Estratificación, contactos, diaclasas, fallas, fracturas, etc. y la densidad de discontinuidades, influirán sobre los movimientos potenciales del terreno y la erosión actuante.



CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

✓ Factores internos

- **Agua subterránea:** La presencia o ausencia de acuíferos, así como el contenido de agua intersticial, será determinante en la ocurrencia de diversos fenómenos.
- **Morfometría:** La geometría, pendiente y diferencia de relieve por unidad de área, igualmente es un factor que finalmente influirá sobre la ocurrencia o no de un fenómeno dado.



CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

✓ Factores detonantes

Factores que intervienen transitoriamente sobre la integridad del subsuelo, dando lugar a cambios en las condiciones iniciales aportadas por los factores internos. Causan cambios físicos, químicos o dinámicos, que determinan cambios en las fuerzas resistentes de un talud, o provocan modificaciones de la estructura del subsuelo.



CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

✓ Factores detonantes

a. Factores detonantes naturales

Sismo, lluvia, alta escorrentía, alta infiltración, saturación superficial, sobrecarga por agua o por suelo, erosión superficial, erosión subterránea, secamiento, socavación lateral, licuación, expansión, retracción, arcillas sensitivas, fluctuación del nivel freático.



CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS

✓ Factores detonantes

b. Factores detonantes antrópicos:

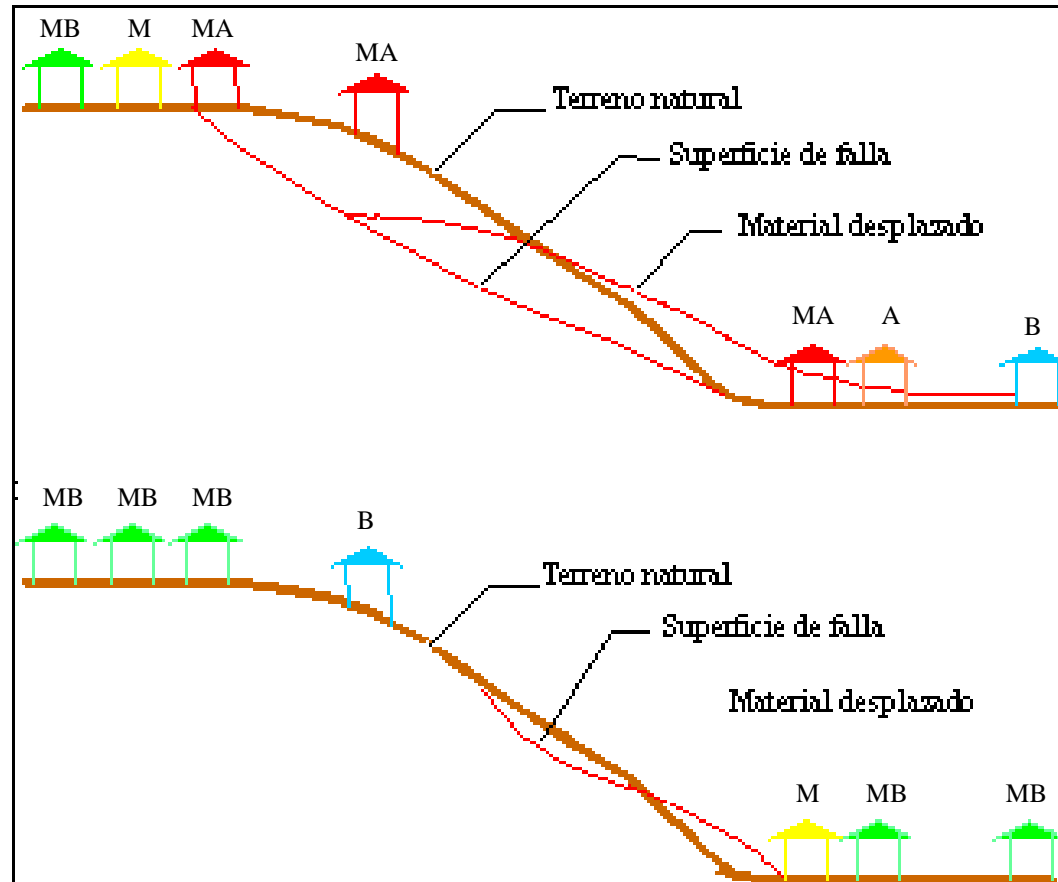
Vertimientos incorrectos, fugas en redes de agua, obstrucción de cauces, desvío de cauces, riegos, deforestación, llenos de ladera, sobrecarga estructural, sobrecarga de relleno, cortes, excavaciones subterráneas, vibraciones inducidas, cultivos limpios, pérdida de soporte lateral, cambio de cobertura vegetal y sobrecarga de vegetación.



EXPOSICIÓN DE LAS EDIFICACIONES

EXPOSICIÓN:

MA:	Muy alta
A:	Alta
M:	Media
B:	Baja
MB:	Muy baja



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 60



GRADO DE EXPOSICIÓN

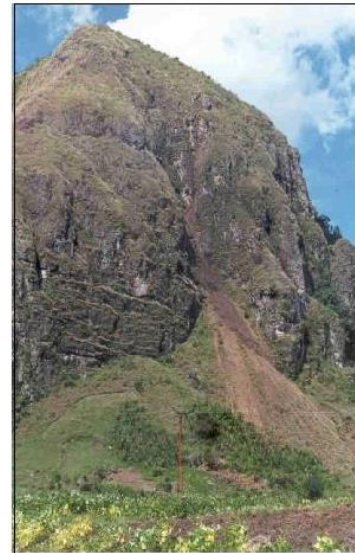
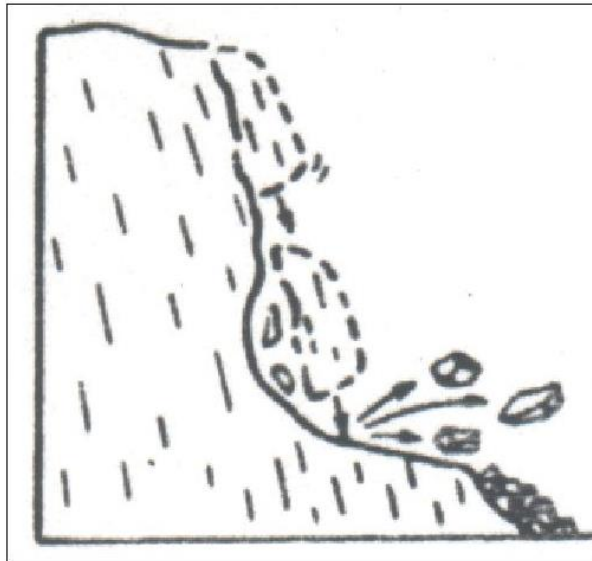
GRADO DE EXPOSICION	CLASIFICACION
Dentro de la zona de influencia directa	Muy Alta
Parcialmente en la zona de influencia directa	Alta
Totalmente dentro del área de influencia indirecta	Media
Parcialmente en la zona de influencia indirecta	Baja
Fuera de la zona de influencia directa e indirecta	Muy Baja



MECANISMOS DE FALLA

✓ Caída o desprendimiento

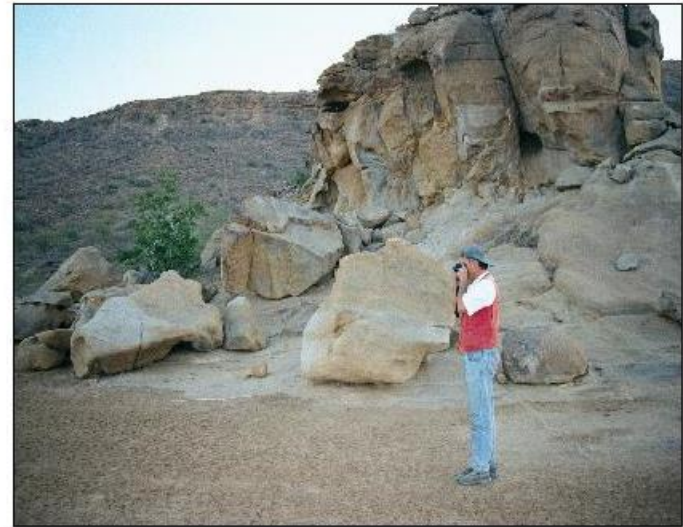
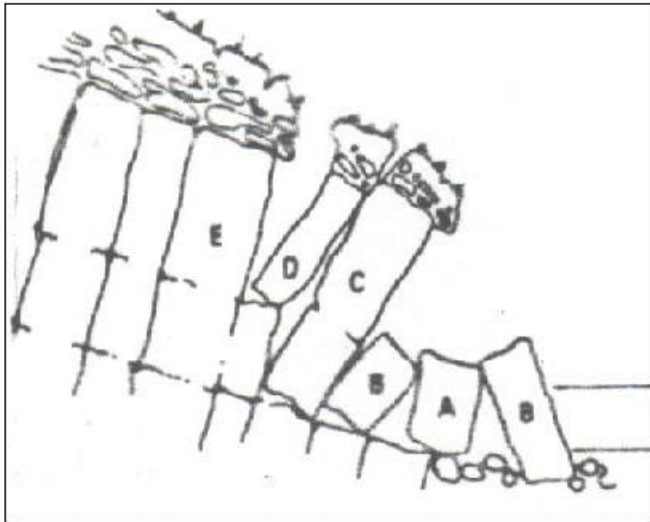
El material de suelo o roca se desprende desde una ladera empinada o escarpada; puede saltar y rodar a través de la pendiente, pero su mayor recorrido lo realiza a través del aire



MECANISMOS DE FALLA

✓ Volcamiento

Rotación de una masa de roca o suelo a partir de un punto de apoyo.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

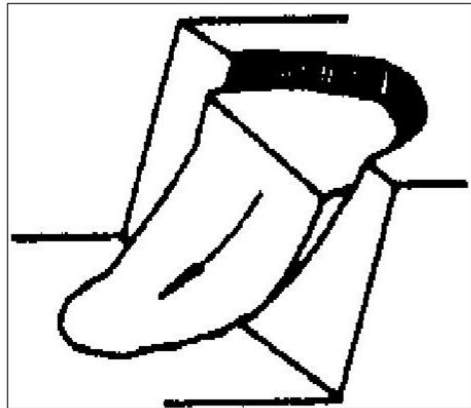
Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 63



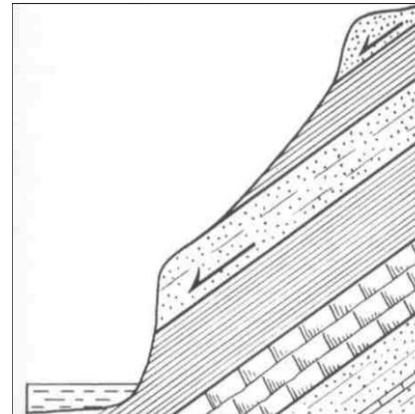
MECANISMOS DE FALLA

✓ Deslizamiento

Se caracteriza por exhibir un desplazamiento de cizalla a lo largo de una o varias superficies de ruptura.



a) Deslizamiento rotacional



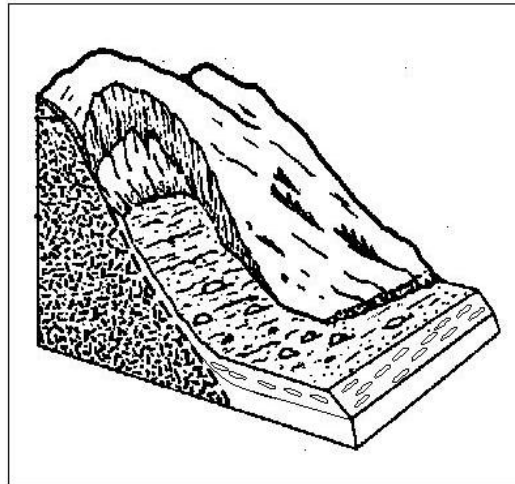
b) Deslizamiento traslacional



MECANISMOS DE FALLA

✓ Flujos

Pueden ser secos o húmedos; frecuentemente conformados por materiales como escombros y tierra, también se presentan algunos casos en que son de material rocoso.



a) Flujo de escombros



b) Flujo de tierra



MECANISMOS DE FALLA

✓ Flujos

Los flujos de tierra, consisten de material lo suficientemente húmedo para fluir rápidamente, y contienen al menos el 50 % de partículas de tamaño arena, limo y arcilla



MECANISMOS DE FALLA

✓ Licuación

Fenómeno que origina pérdida de resistencia en cizalla y desarrolla grandes deformaciones por efecto de una perturbación transitoria o repetida de suelos no cohesivos y saturados. Las deformaciones son impuestas por vibraciones relacionadas a eventos sísmicos.

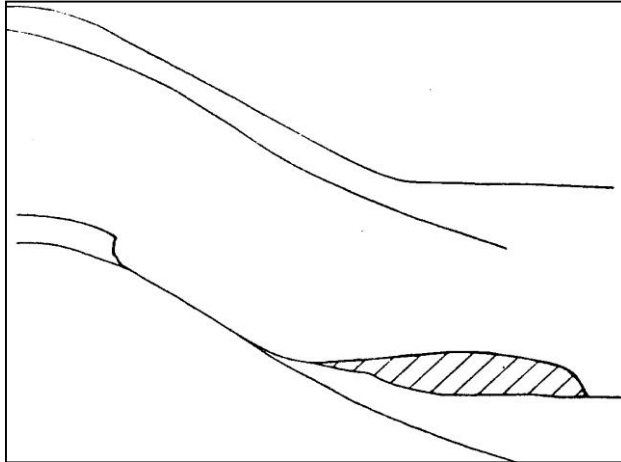
- *Volcanes de arena*: Se origina cuando agua asciende violentamente a la superficie, y transporta sedimento suspendido, que al salir forma en la superficie un depósito de forma cónica, alrededor del agujero de salida.



MECANISMOS DE FALLA

✓ Licuación

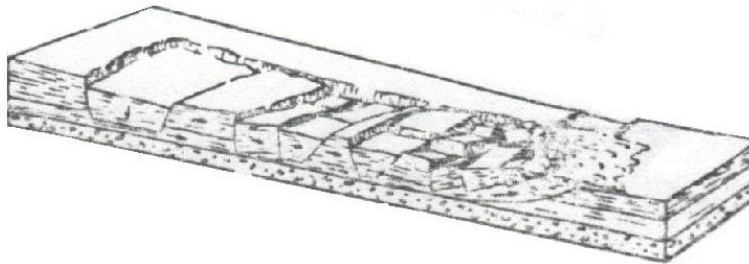
- *Flujo*: En algunos casos puede ser más la causa que el fenómeno mismo, como es el caso de flujos conformados por suelos licuados, como el flujo generado por licuación que se muestra a continuación.



MECANISMOS DE FALLA

✓ Licuación

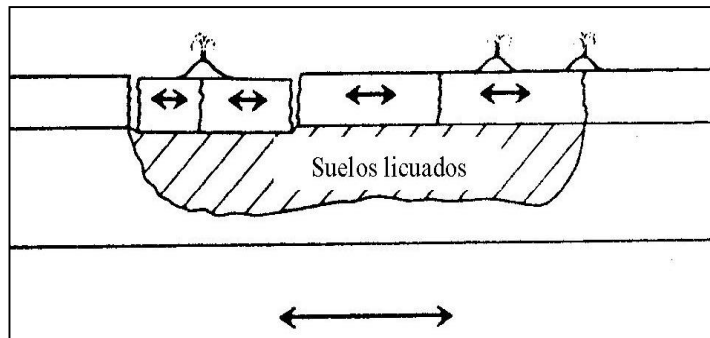
- *Propagaciones laterales:* Su ocurrencia esta determinada por fuerzas inerciales y gravitacionales, y requieren un mínimo grado de pendiente y disponer de una cara libre hacia donde moverse.



MECANISMOS DE FALLA

✓ Licuación

- *Oscilaciones del suelo:* Cuando la pendiente es muy suave para permitir desplazamientos laterales, se presenta empuje repetido, en una y otra dirección, sobre los materiales localizados sobre las capas licuadas, generando grietas en la superficie que se abren y cierran sucesivamente, y generando asentamientos localizados



MECANISMOS DE FALLA

✓ Subsistencia

Hundimientos diferenciales del terreno, sin componente horizontal significativa. Es sólo la expresión superficial, de varios mecanismos subsuperficiales de índole natural o antrópica (excavaciones, carga, o cambios en el régimen del agua). Incluye procesos de hundimiento lento y colapsos súbitos en la superficie del suelo.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 71

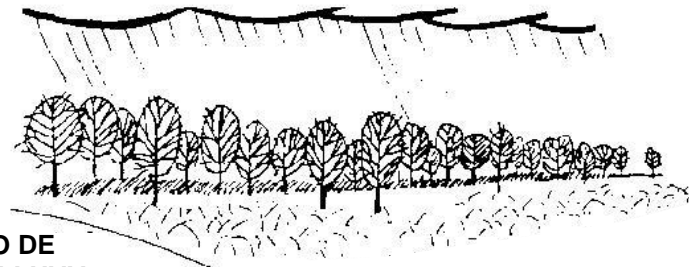


MECANISMOS DE FALLA

✓ Erosión superficial

Se divide en erosión por impacto de lluvia, erosión laminar y erosión concentrada.

- *Erosión pluvial*: Se relaciona con el golpeteo directo de las gotas de lluvia sobre la parte más superficial del suelo, cuando el suelo se encuentra desprovisto de vegetación, causando desintegración de las partículas, y haciendo que éstas salten, para luego ser fácilmente transportadas por el agua de escorrentía.



IMPACTO DE
GOTAS DE LLUVIA



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

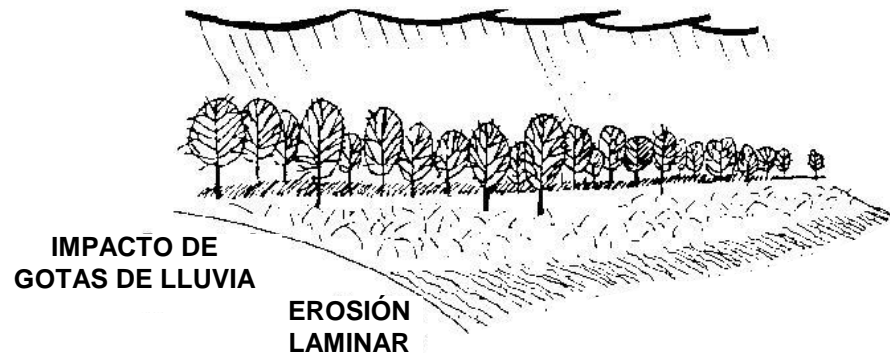
Diapositiva No 72



MECANISMOS DE FALLA

✓ Erosión superficial

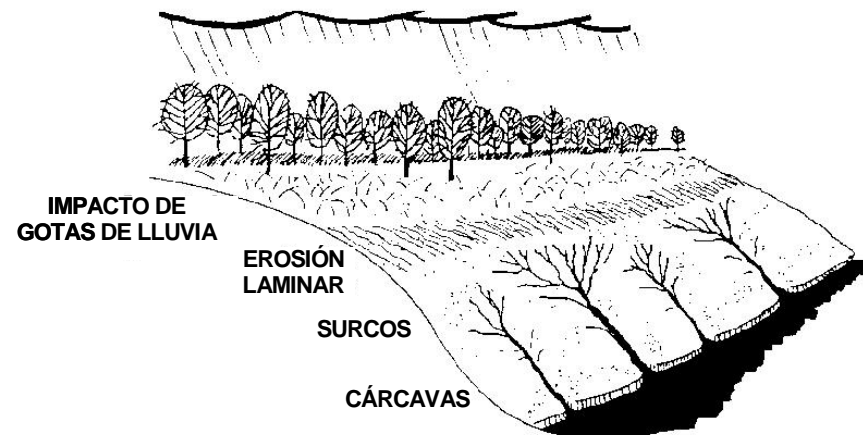
Erosión laminar: Se presenta cuando el agua superficial desciende a través de la ladera en forma de un flujo amplio y laminas uniformes. Este proceso es responsable del transporte de partículas liberadas por el proceso de golpeteo.



MECANISMOS DE FALLA

✓ Erosión superficial

Erosión fluvial: Se produce cuando la energía del flujo de un cauce genera desprendimiento y transporte de material de suelo o roca, ya sea del fondo del cauce (profundización de cauces) o de las paredes del canal (socavación de orillas).



MECANISMOS DE FALLA

✓ Erosión subterránea

Canales subterráneos en materiales inconsolidados o friables puede conducir al colapso superficial. Se requiere de agua infiltrada a través de materiales superficiales permeables.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

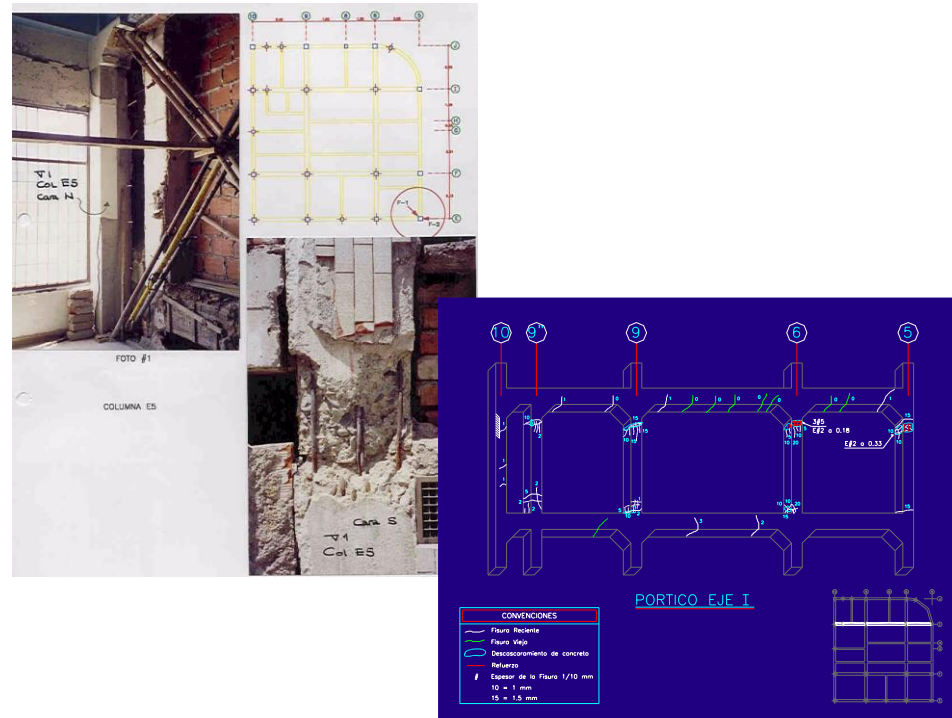
Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales

Diapositiva No 75



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

MÓDULO 8 - 1 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES



CAPÍTULO 4.2 - MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS EN SISTEMAS ESTRUCTURALES



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

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



El comportamiento estructural depende de:

- ✓ **Diseño estructural,**
- ✓ **naturaleza y calidad de materiales,**
- ✓ **procedimientos y calidad de construcción,**
- ✓ **tipo y duración de cargas de servicio, y**
- ✓ **exposición ambiental.**

Los materiales frágiles se fisuran fácilmente (Hormigón, mampostería, muchos materiales de acabados, etc.).

Procesos físico-químicos o electro-químicos, pueden causar deterioro de los materiales, aún sin que medie aplicación de cargas.



Cualquier deformación que supere la resistencia a tracción de los materiales resulta en fisuración, que, a su vez, se clasifica en:

- ✓ **Agrietamiento:** Grietas independientes o grupos de grietas, alineadas o no, superficiales o profundas.
- ✓ **Descascaramiento:** Desprendimiento de pedazos de la superficie del material, relativamente grandes, en comparación con el tamaño de los granos o partículas que conforman el material.



Cualquier deformación que supere la resistencia a tracción de los materiales resulta en fisuración, que, a su vez, se clasifica en:

- ✓ **Desconchamiento:** Desprendimiento puntual de tamaños pequeños, cercanos al tamaño de los granos que conforman el material.
- ✓ **Delaminación:** Separación en capas que conforman superficies relativamente definidas y continuas.
- ✓ **Desintegración:** Fisuración extensa; el material pierde completamente su integridad.



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

MÓDULO 8 - 1 PATOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES



CAPÍTULO 4.3 - MANIFESTACIONES PATOLÓGICAS EN SISTEMAS NO ESTRUCTURALES



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

✓ CAIDA

Fuerzas sísmicas causan la caída de objetos no anclados debidamente (Parapetos, recubrimientos exteriores, equipos suspendidos o cielo rasos). Causa más común de heridas.



✓ VOLCAMIENTO

Objetos con centro de gravedad alto (Parapetos, paneles eléctricos, estanterías, particiones internas, etc.) pueden volcarse.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 82



✓ DESLIZAMIENTO

Objetos no anclados con centro de gravedad bajo, pueden deslizarse, causando daños en ellos y otros elementos circundantes. Riesgo de incendios o derrames de agua.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

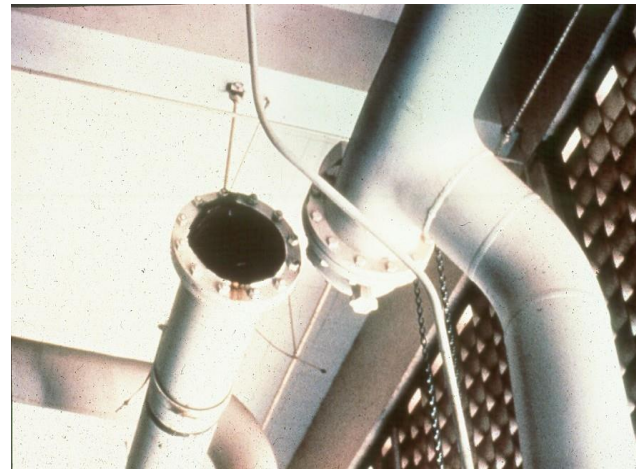
Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 83



✓ VAIVEN O BALANCEO

Objetos suspendidos o mal anclados, pueden balancearse rompiendo tuberías o conexiones eléctricas y chocando con otros elementos vecinos y hasta caerse sobre los ocupantes.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Fondo de Prevención y
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Ver 1.0 / Marzo 2004

Módulo 8-1. Patologías constructivas
estructurales y no estructurales
Diapositiva No 84

