



# CONFIGURACION Y DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

s/INPRES CIRSOC 103

## PARTE DOS

Ing E. Daniel Quiroga

# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

## • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## • Amortiguamiento

- No vibra libremente → Equilibrio
- Crítico → Evita la oscilación
- Depende de:
  - Conexiones
  - Material
  - E.N.Est.
  - Comportamiento no lineal

## • Ductilidad

- Material, Seccional, Global → Gráficos
- Recurrencia Acción Sísmica: probabilidad
- Espectros Elásticos e Inelásticos



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

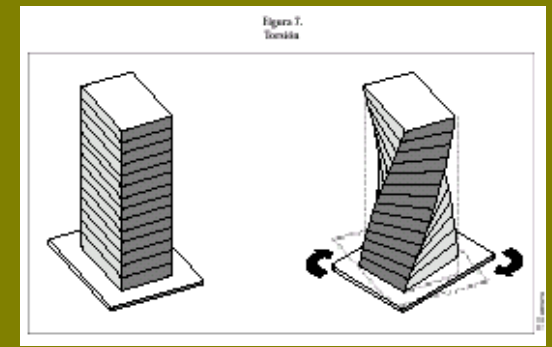
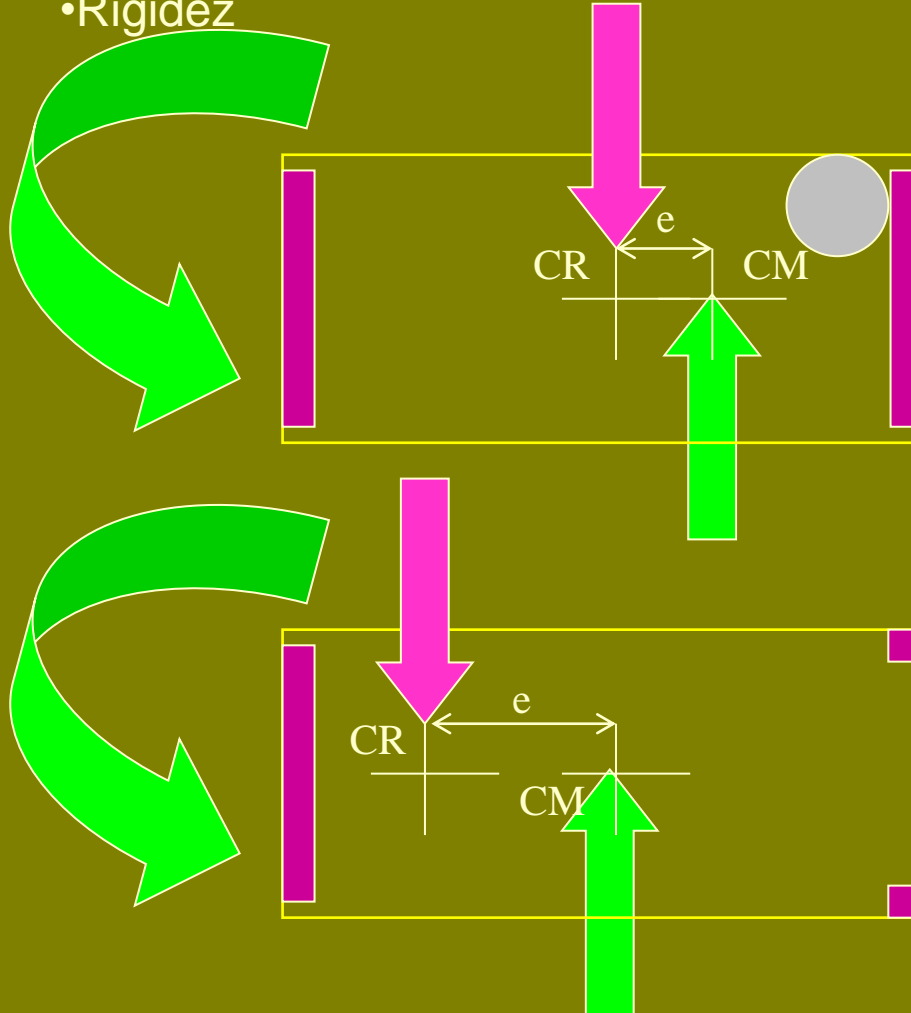
## • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## • Torsión

### • Masa

### • Rigidez



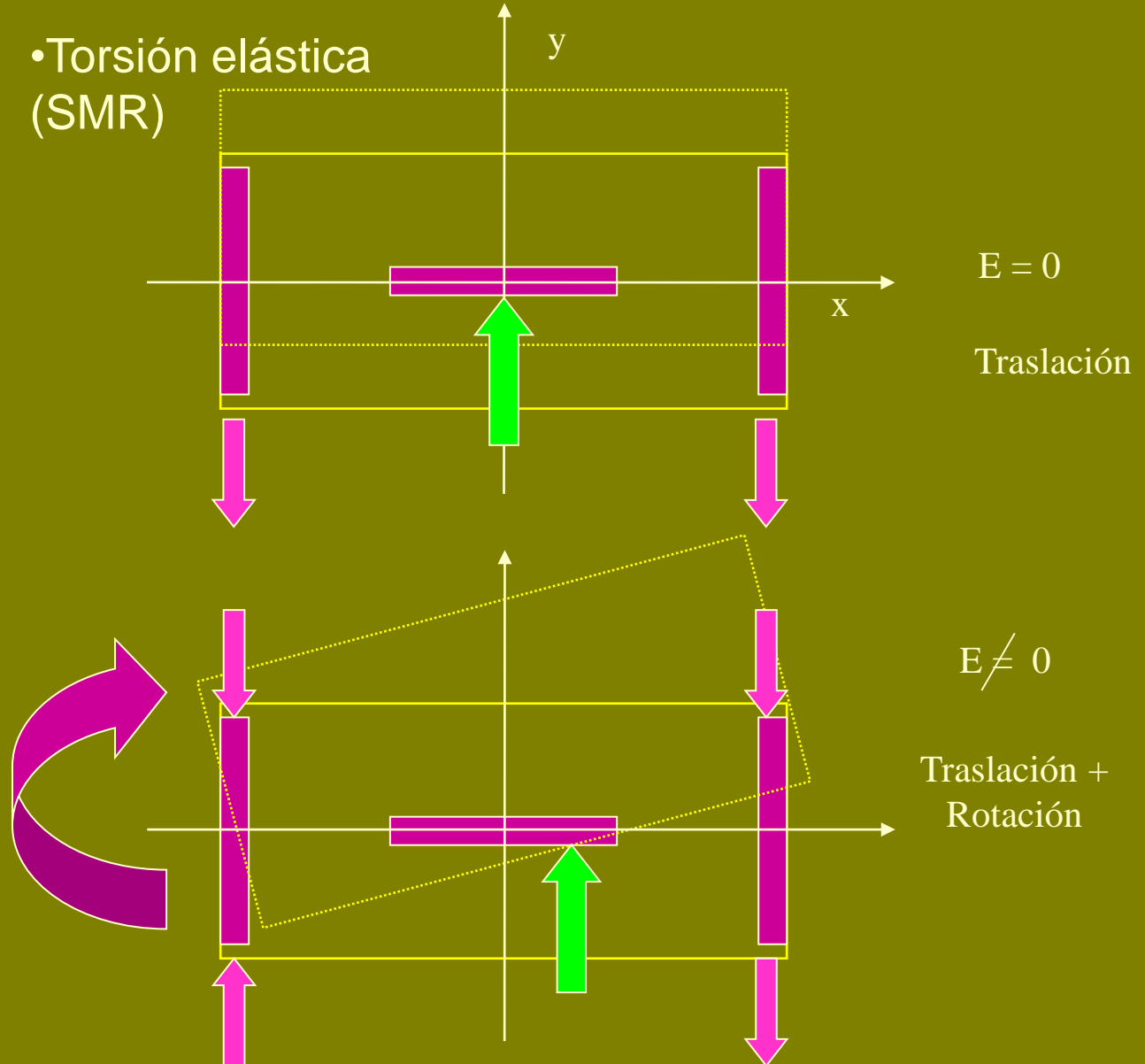
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

## • Reacción del Edificio

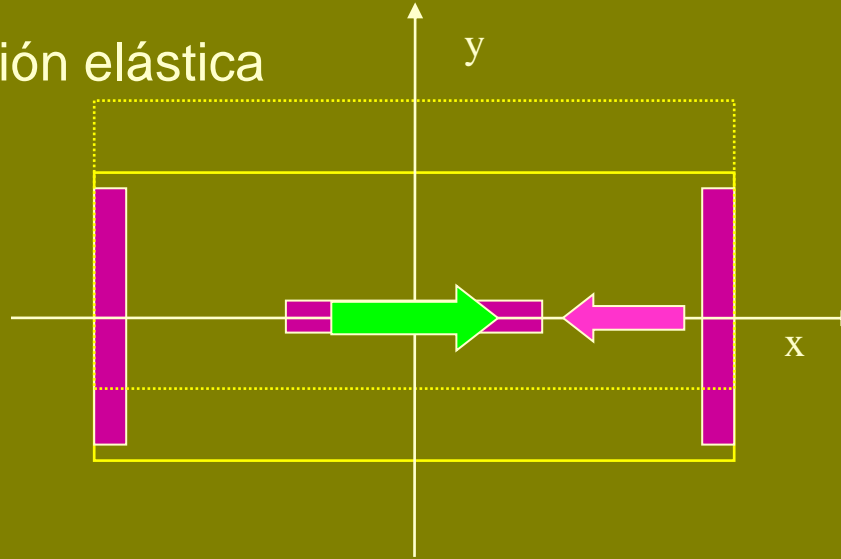
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## • Torsión elástica (SMR)



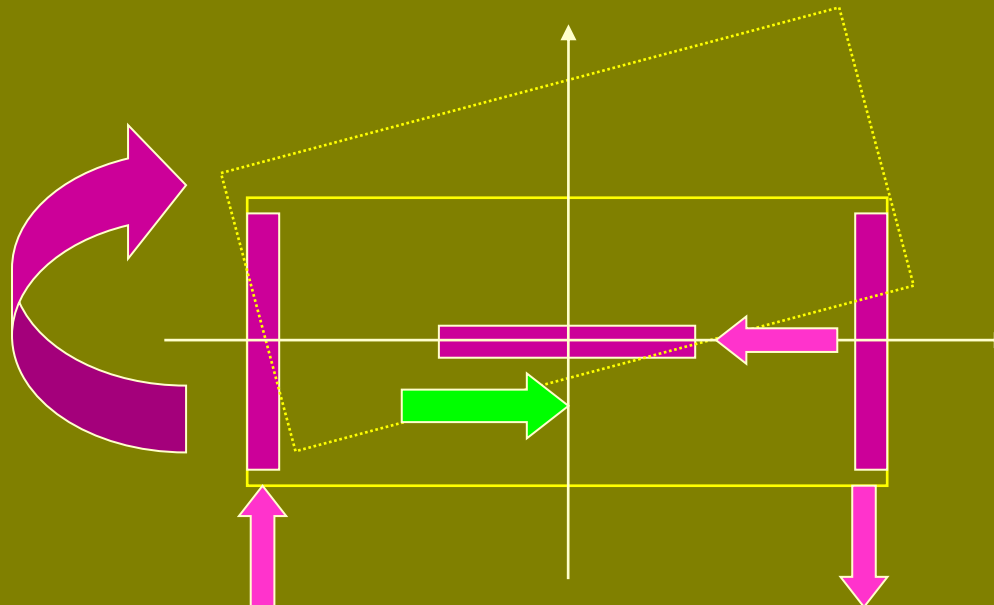
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Torsión elástica



$$E = 0$$

Traslación



$$E \neq 0$$

Traslación +  
Rotación

- Configuración
- Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



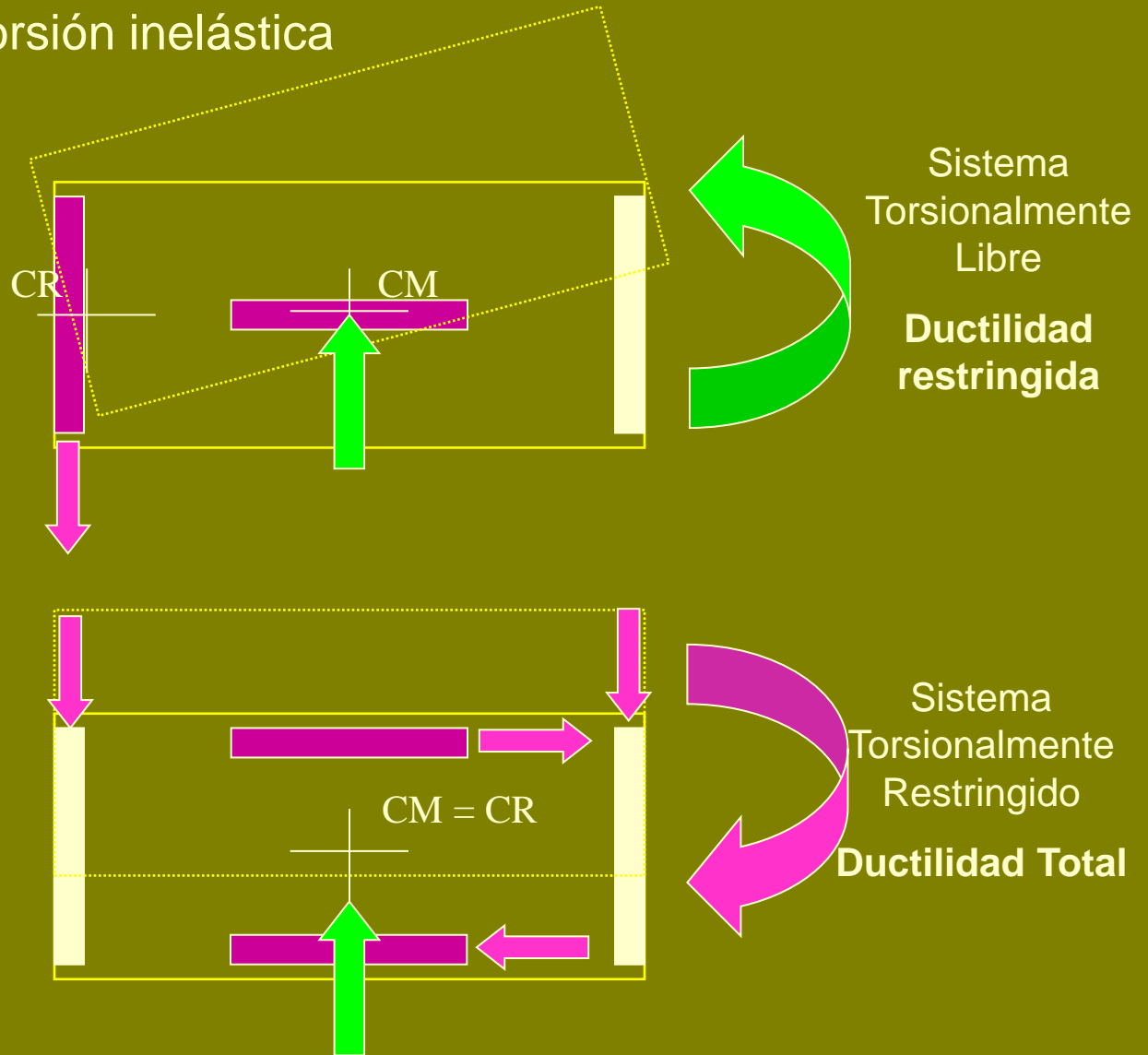
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Torsión inelástica

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

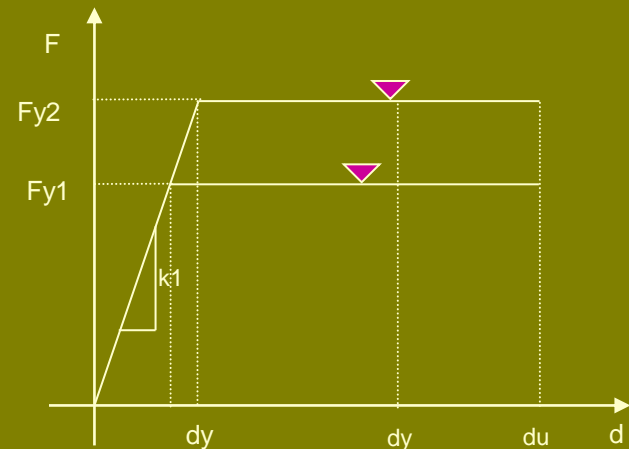
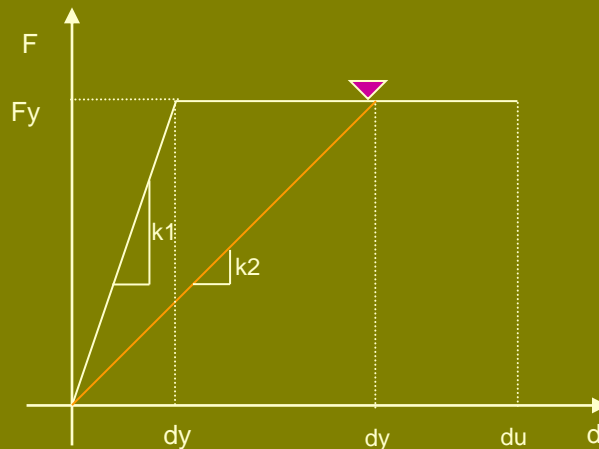
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## Resistencia y Rigidez

- Resistencia → Control de Esfuerzos
- Rigidez → Control de deformaciones
- Vertical y Horizontal



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

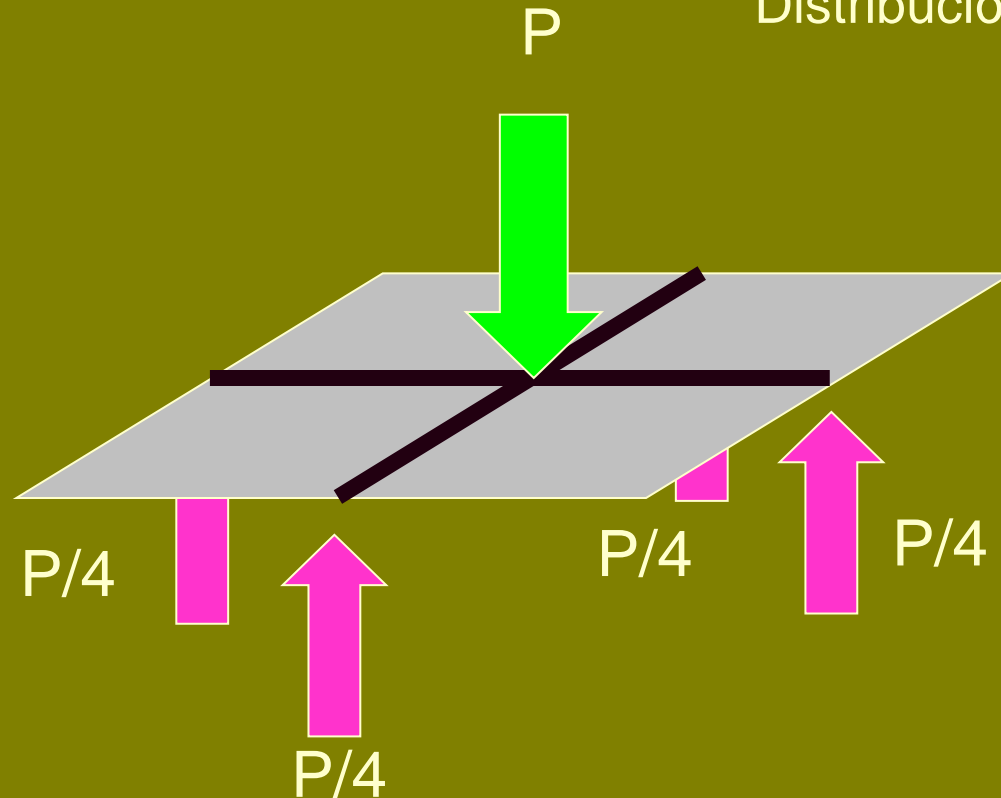
- Configuración
- Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## Resistencia y Rigidez

Distribución de Esfuerzos





# REACCIÓN DEL EDIFICIO

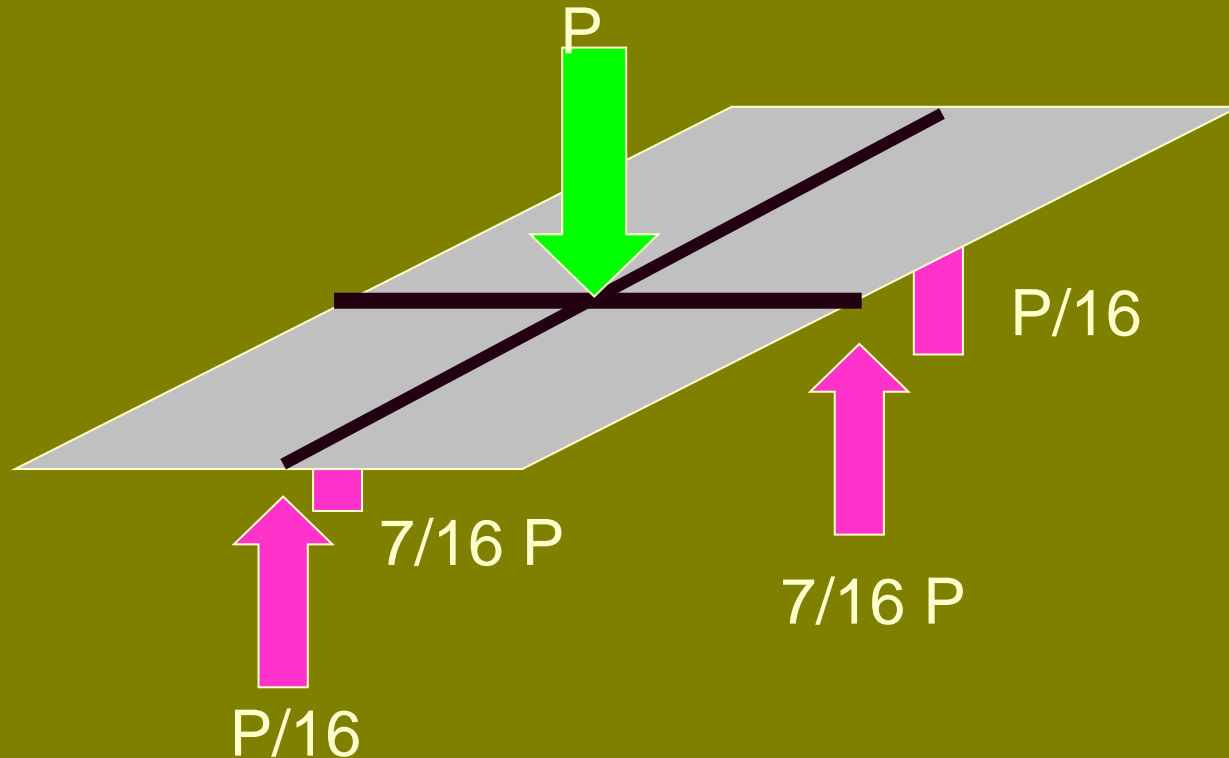
- Configuración
- Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## Resistencia y Rigidez

## Distribución de Esfuerzos



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

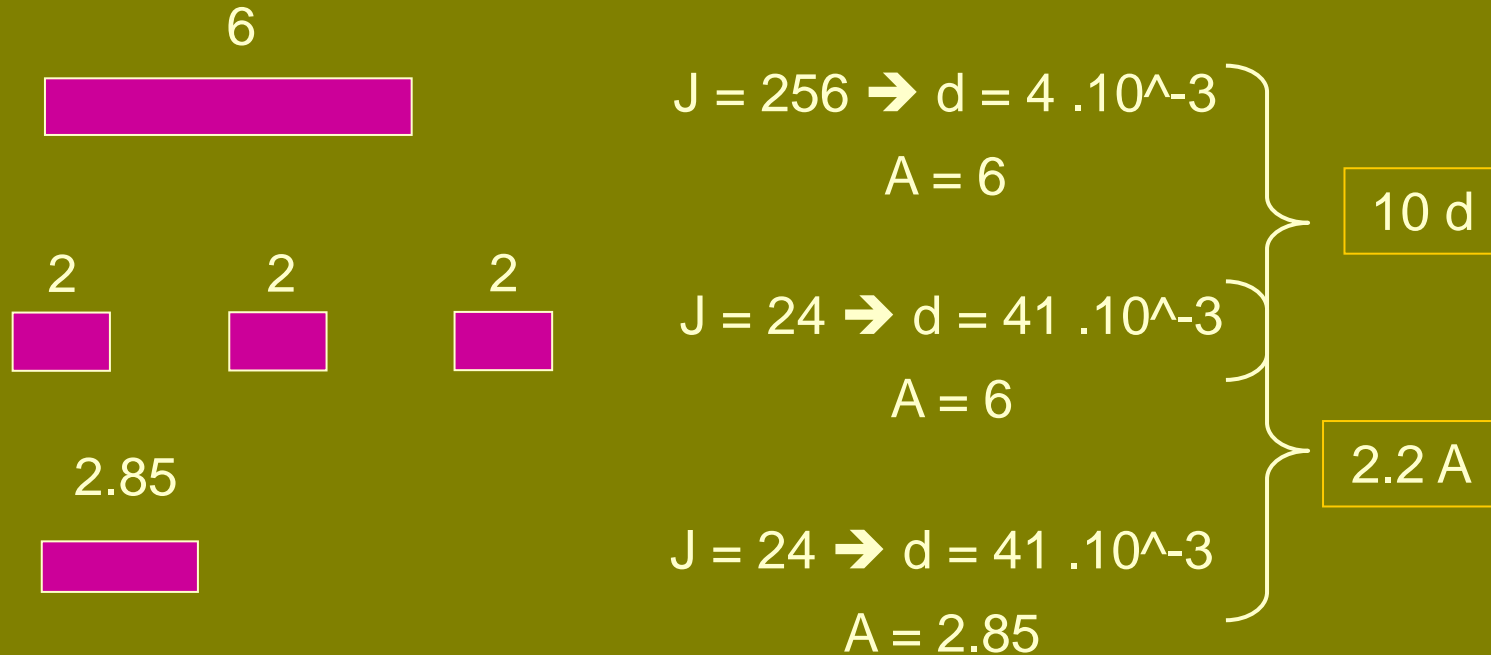
- Configuración
- Movimiento del suelo

## • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## Resistencia y Rigidez

### • Concentración vs Dispersión



- Redundancia Estructural: Líneas resistentes = Líneas de defensa

# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## Sistemas Resistentes



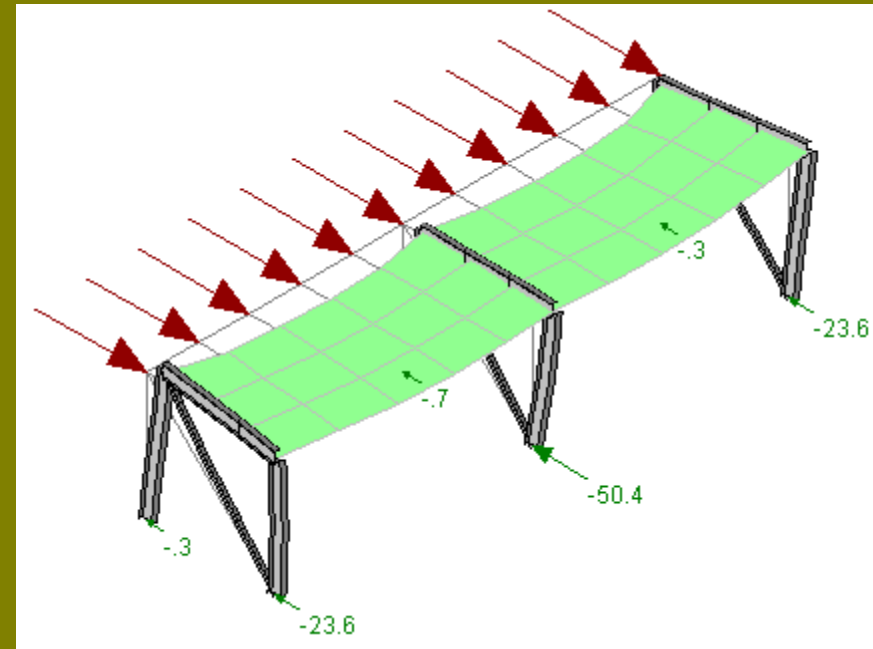
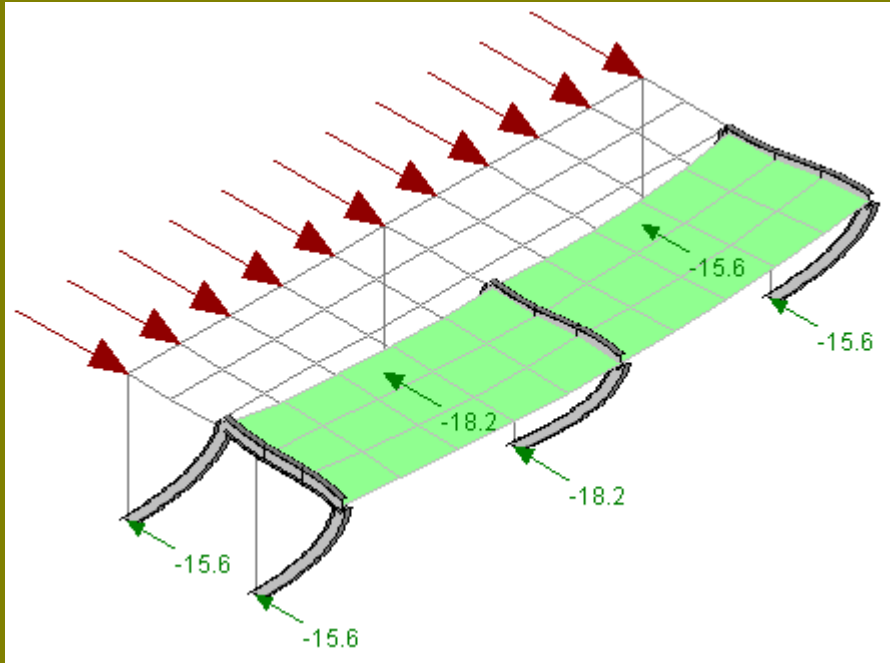
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Tabiques vs Pórticos

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia




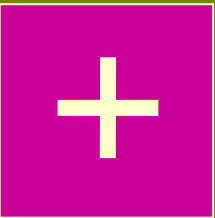

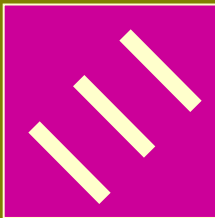

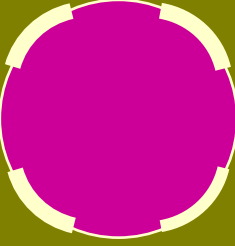












# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

## • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## • Tabiques y Triangulaciones: Disposición en planta

	Configuración regular	Configuración regular	Configuración regular	Configuración regular	Configuración regular	Configuración irregular
Trasl. X						
Trasl. Y						
Torsión						

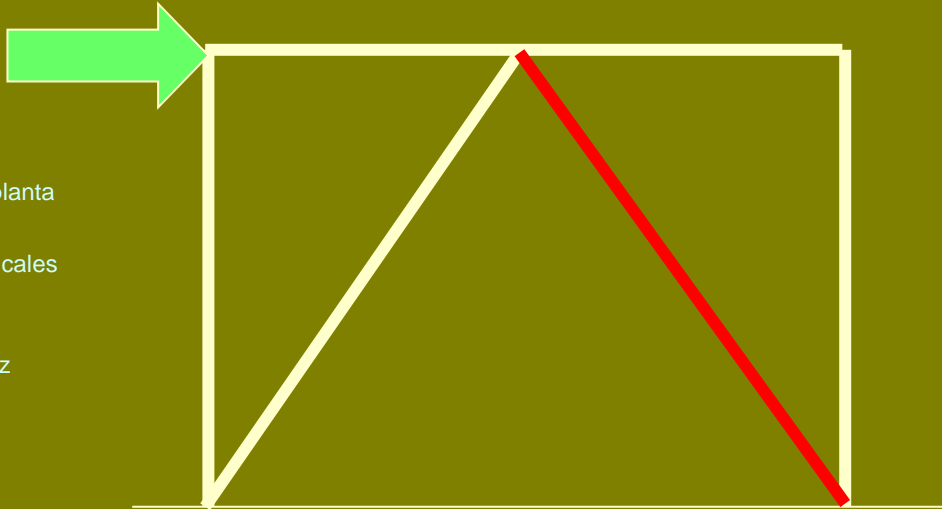
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Triangulaciones

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

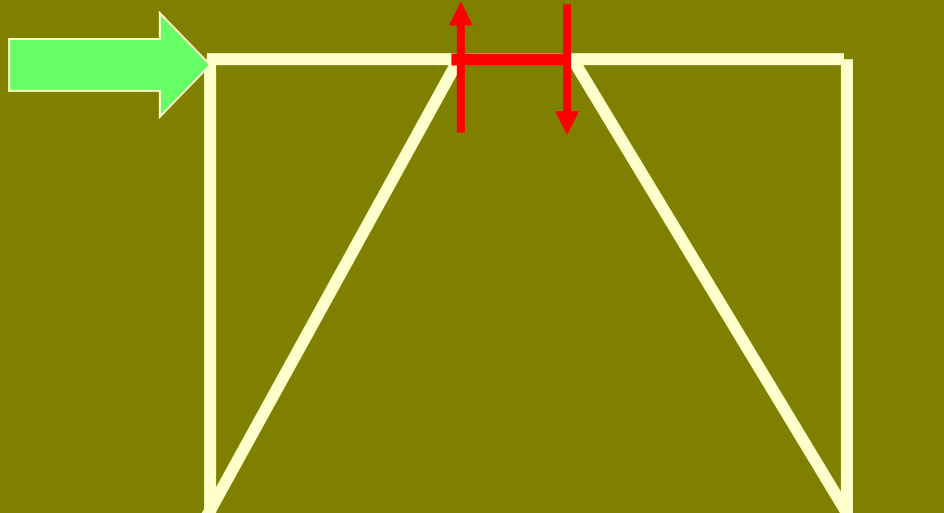
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



Centrada

M de P: Compresión

→ Baja Ductilidad



Excéntrica

M de P: Flexión

→ Alta Ductilidad

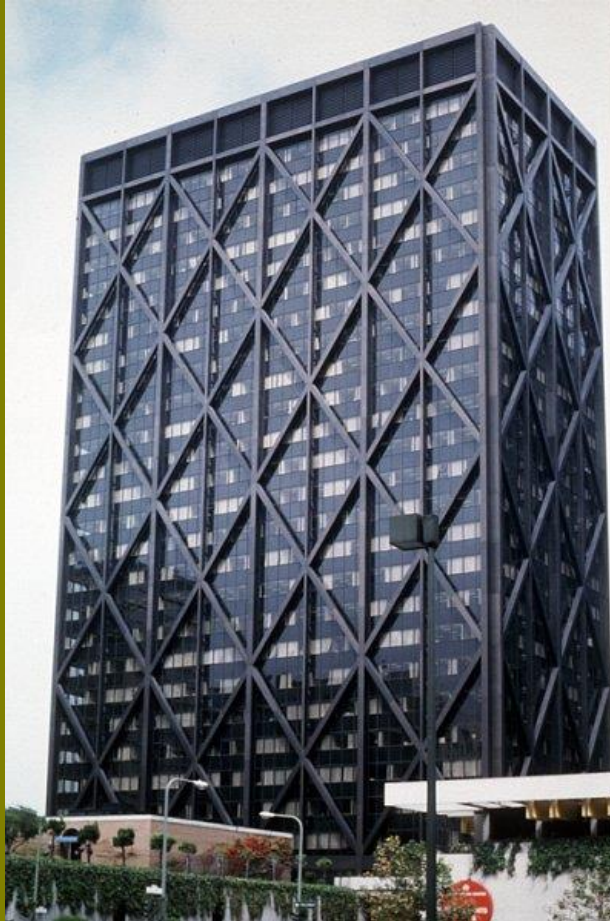
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

## • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## • Triangulaciones



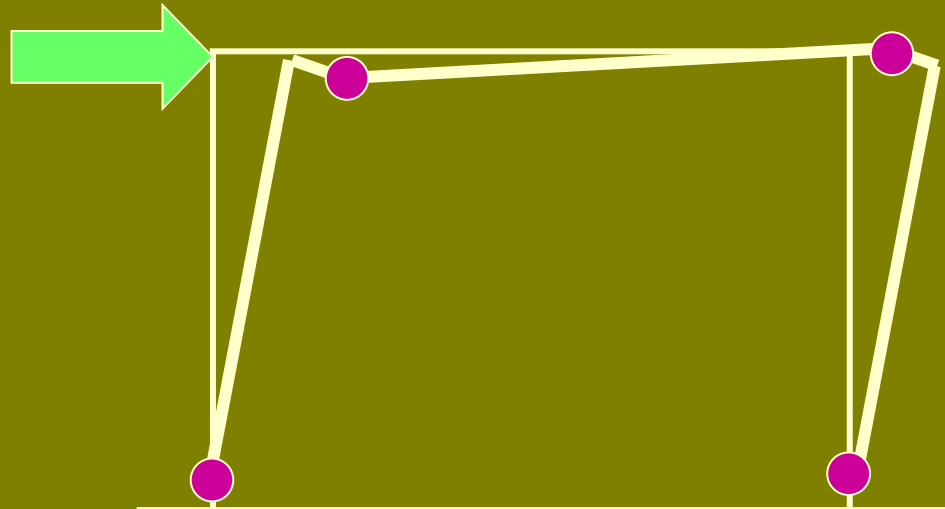
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Pórticos

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



M de P: Flexión + Corte

→ Alta Ductilidad

→ Rótulas en vigas

•Incertidumbre en la formación de “todas” las rótulas

•Detallado

•Más deformables



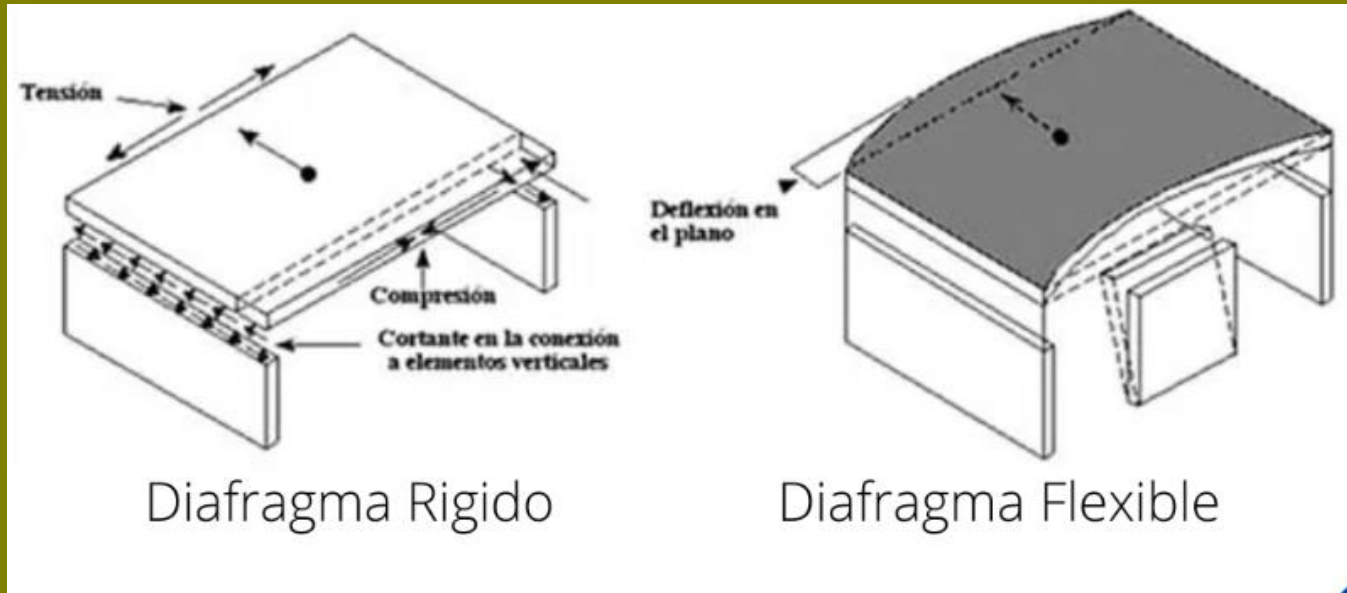
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## •Diafragmas



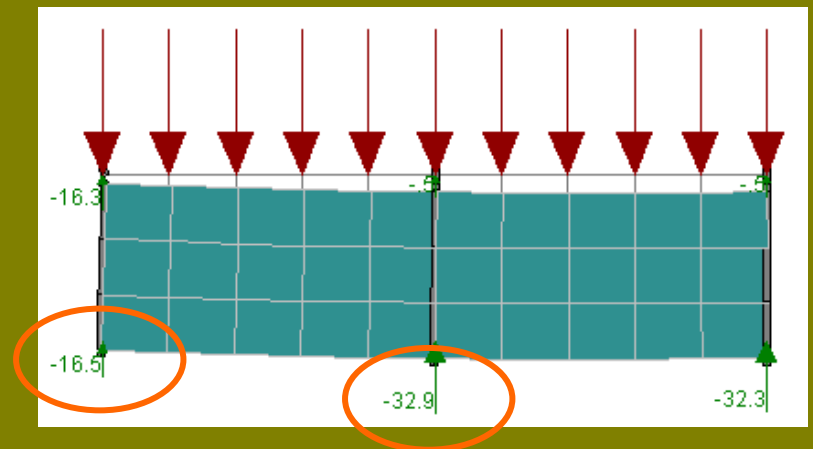
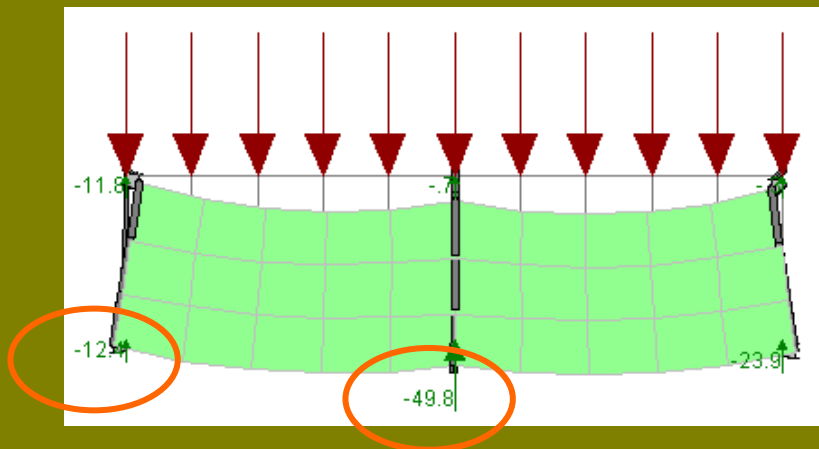
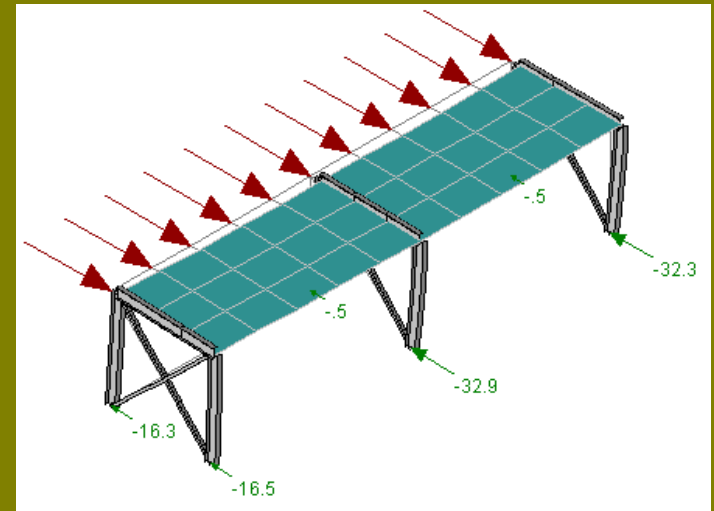
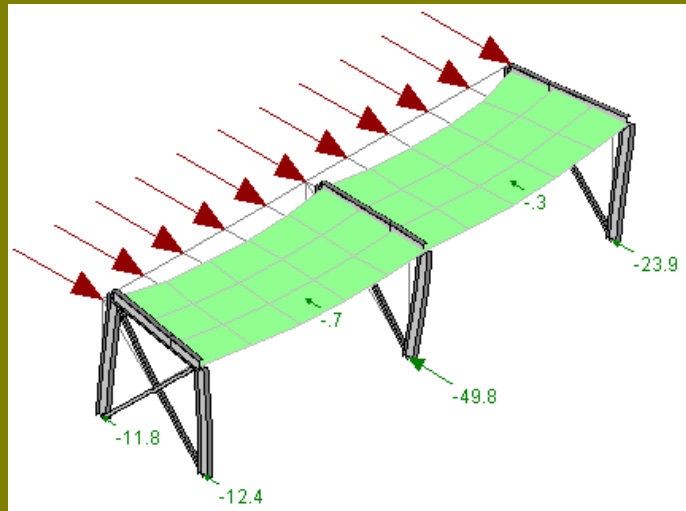
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

## • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## • Diafragmas



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

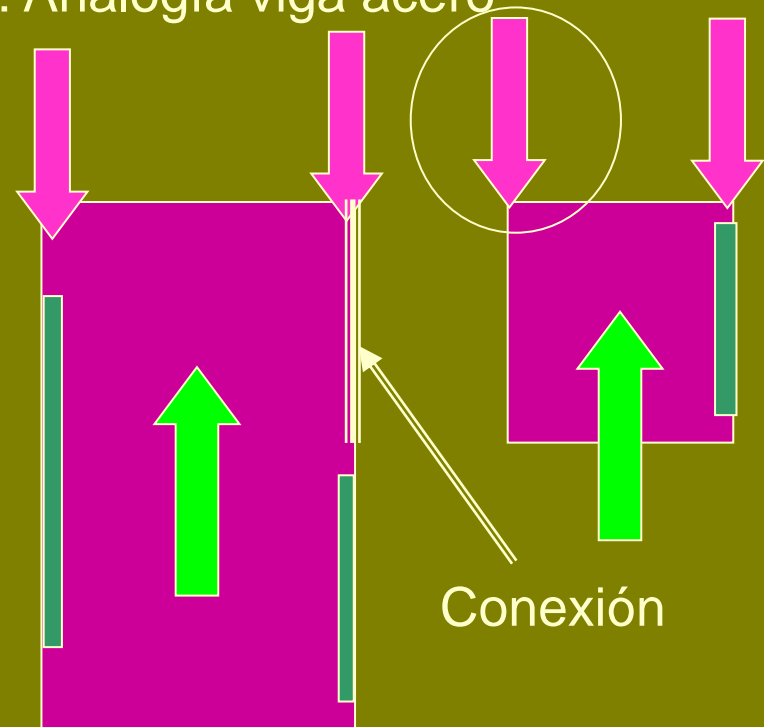
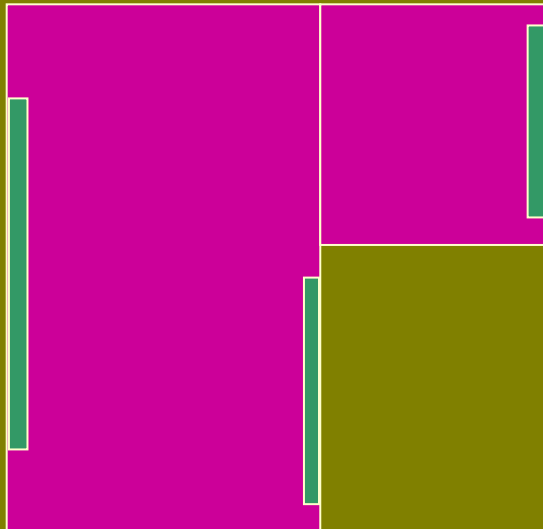
## • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## • Diafragmas

## • Formas irregulares: Transmisión de esfuerzos

## • Agujeros en losas: Analogía viga acero



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

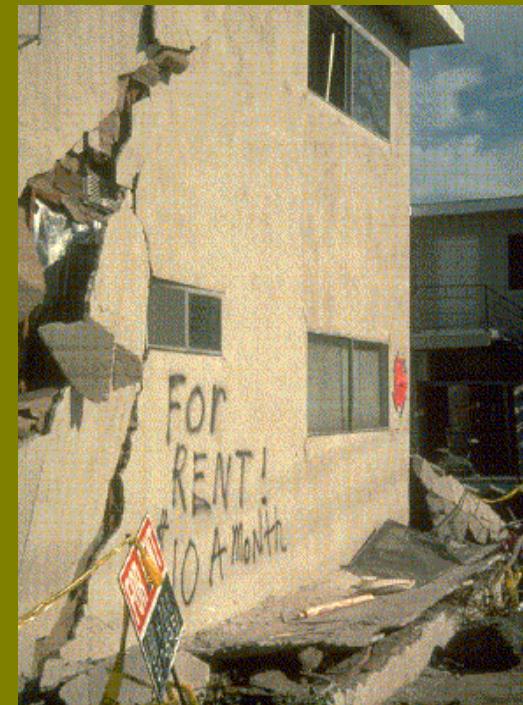
## Elementos No Estructurales

- Configuración
- Movimiento del suelo

### • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

- Participación “involuntaria” en el sistema estructural
- Terremoto → Laboratorio natural
- Modificación propiedades dinámicas
- Integrados vs aislados
- Importancia en la configuración



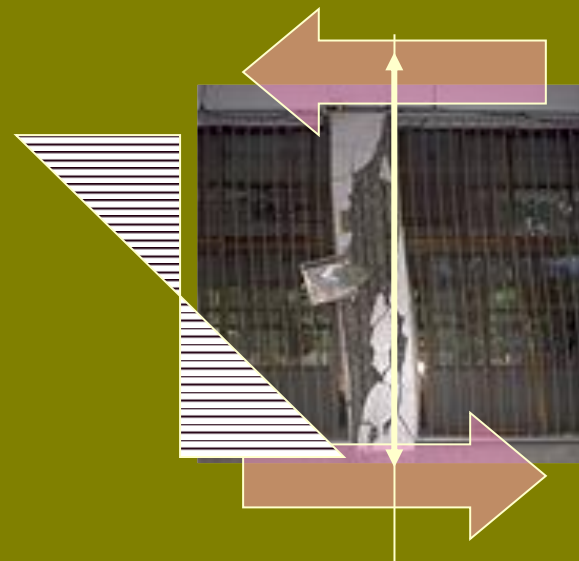
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Elementos no Estructurales

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio

## •Influencia de la configuración

- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

# INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN

- Escala
- Altura
- Tamaño Horizontal
- Proporción
- Simetría
- Distribución y Concentración
- Densidad en planta
- Esquinas
- Resistencia Perimetral
- Redundancia

# IRREGULARIDADES SIGNIFICATIVAS

## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración

## •Irregularidades significativas

- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## •Variaciones de Resistencia y Rigidez perimetrales

## •Nucleo

## •Falsa simetría



Figura 6.  
Torsión por muros excéntricos

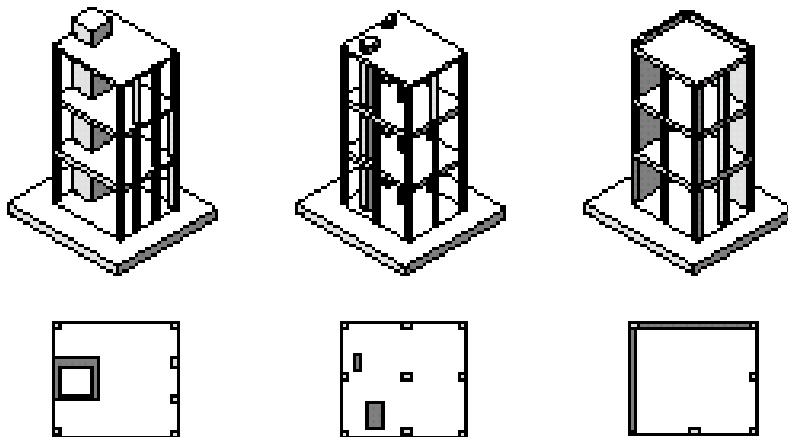
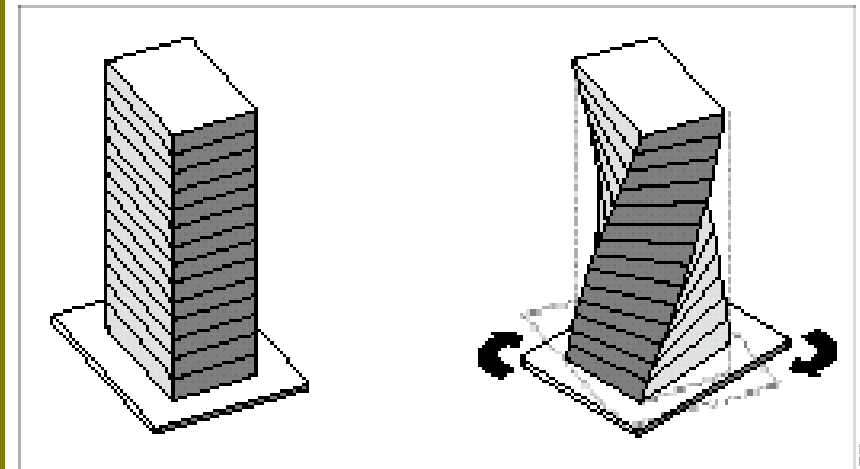


Figura 7.  
Torsión



# IRREGULARIDADES SIGNIFICATIVAS

## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración

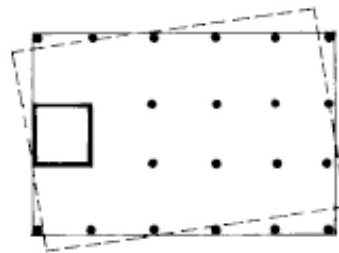
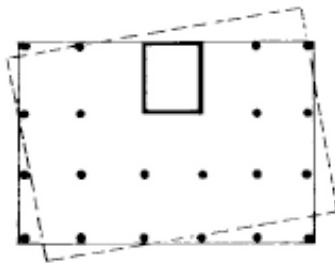
## •Irregularidades significativas

- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidad (escalonado)
- Discontinuidad de Resistencia
- Colindancia

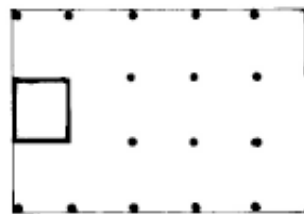
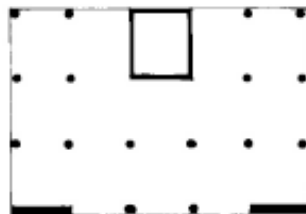
## •Variaciones de Resistencia y Rigidez perimetrales

## •Nucleo

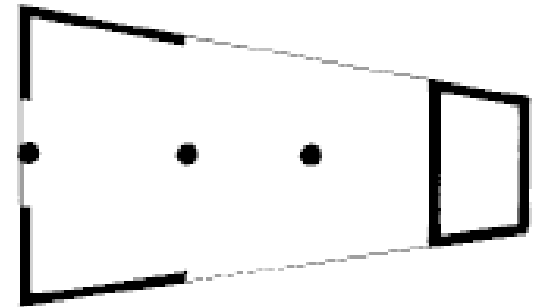
## •Falsa simetría



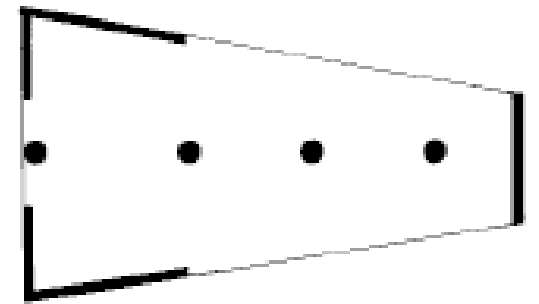
a) Torsion d'axe vertical due à l'excentrement de cages d'escalier rigides



b) Compensation de l'excentrement des cages d'escalier rigides



différence de rigidité  
de forme compensée



différence de rigidité  
de forme non compensée



# IRREGULARIDADES SIGNIFICATIVAS

- Configuración

- Movimiento del suelo

- Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración

- Irregularidades significativas

- Irregularidades en planta (esquinas interiores)

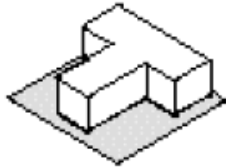
- Irregularidades verticales (escalonados)

- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

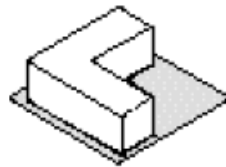
- Colindancia

## Irregularidades en estructuras

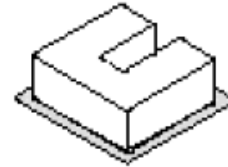
### A. Edificios con configuración irregular



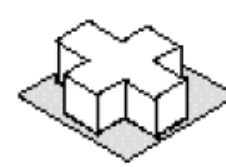
Planta en forma de T



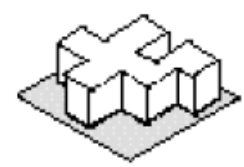
Planta en forma de L



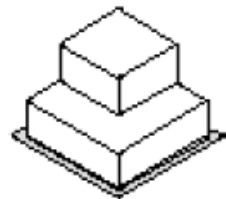
Planta en forma de U



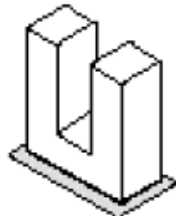
Planta en forma de cruz



Otras formas complejas



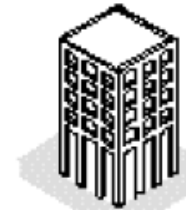
Escalonamientos



Con torres múltiples



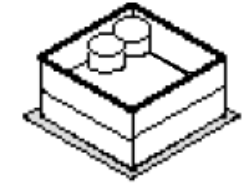
Niveles subdivididos



Planta baja inusualmente alta

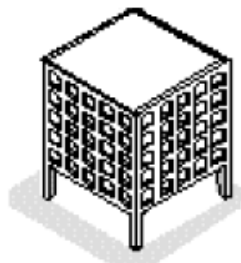


Piso inusualmente bajo

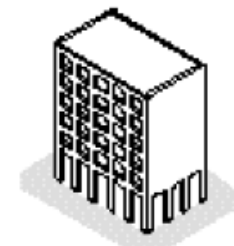


Apariencia exterior uniforme, pero con distribución de masa no uniforme, o viceversa

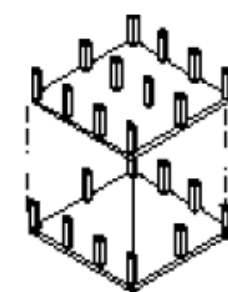
### B. Edificios con cambios abruptos en su resistencia lateral



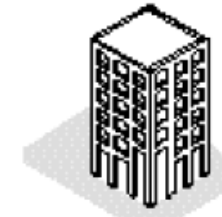
Niveles inferiores débiles



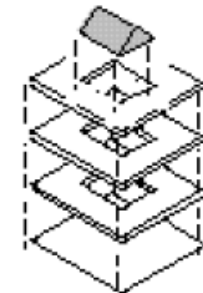
Grandes aberturas en los muros resistentes al esfuerzo cortante



Con columnas interrumpidas



Con vigas interrumpidas



Aberturas en diafragmas

# IRREGULARIDADES SIGNIFICATIVAS

- Configuración

- Movimiento del suelo

- Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración

- Irregularidades significativas

- Irregularidades en planta (esquinas interiores)

- Irregularidades verticales (escalonados)

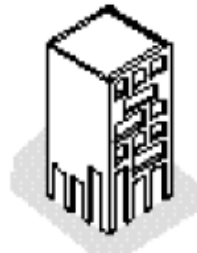
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia

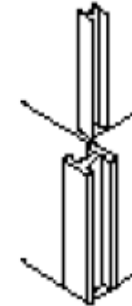
## C. Edificios con cambios abruptos en su rigidez lateral



Muros resistentes al cortante en algunos pisos, marcos resistentes al momento en otros



Interrupción de elementos verticales resistentes



Cambios abruptos en el tamaño de los miembros



Cambios drásticos en la relación masa/rigidez

## D. Aspectos estructurales inusuales o novedosos



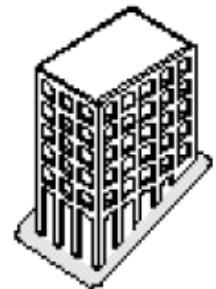
Estructuras soportadas por cables



Cascarones



Armaduras alternadas



Edificios sobre laderas de colinas

# IRREGULARIDADES EN PLANTA

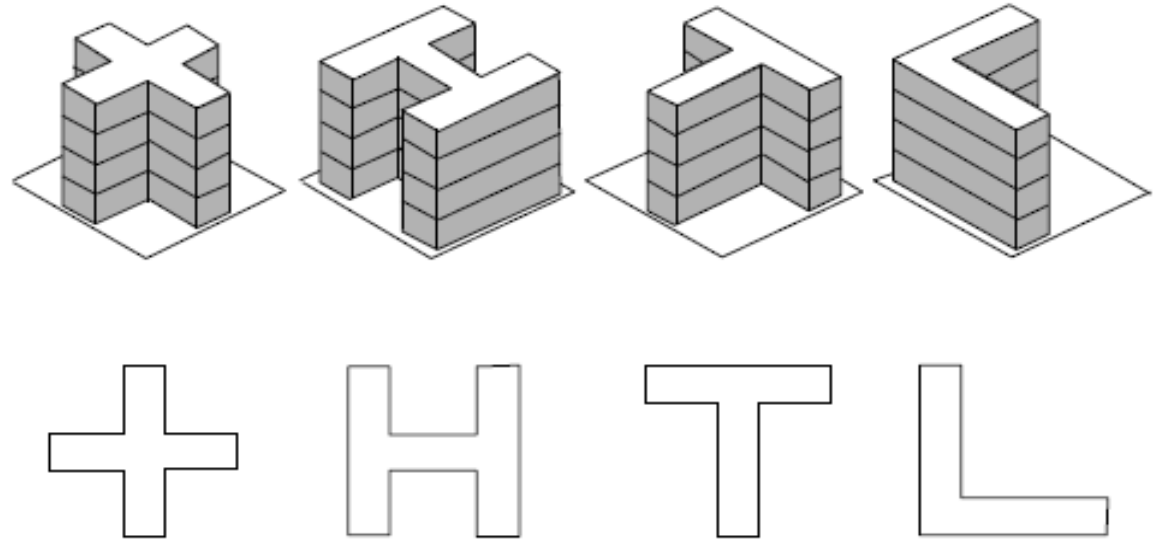
## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas

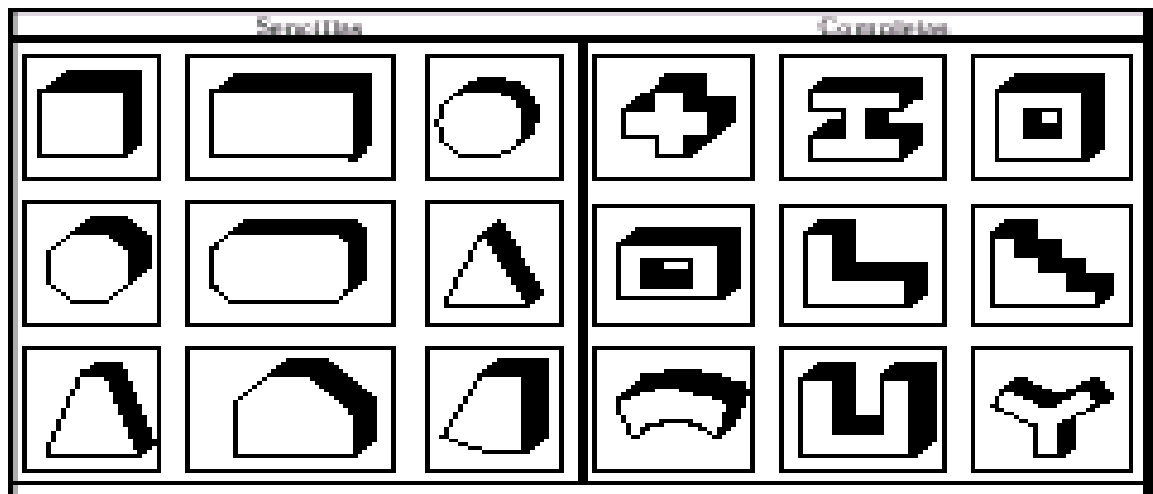
## •Irregularidades en planta (esquinas interiores)

- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

Figura 61  
Formas de la planta



Plantas



Fotografía 7. Hospital de Caldas en Colombia

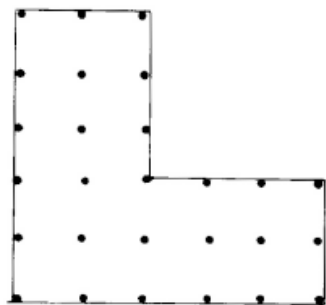
# IRREGULARIDADES EN PLANTA

- **Configuración**

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas

- **Irregularidades en planta (esquinas interiores)**

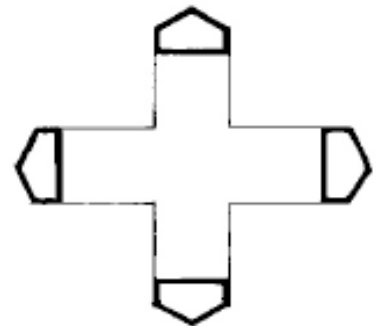
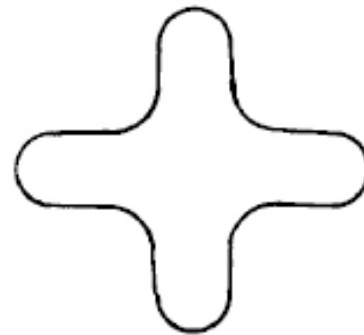
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



avant compensation



après compensation



# IRREGULARIDADES VERTICALES

- Configuración

- Movimiento del suelo

- Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración

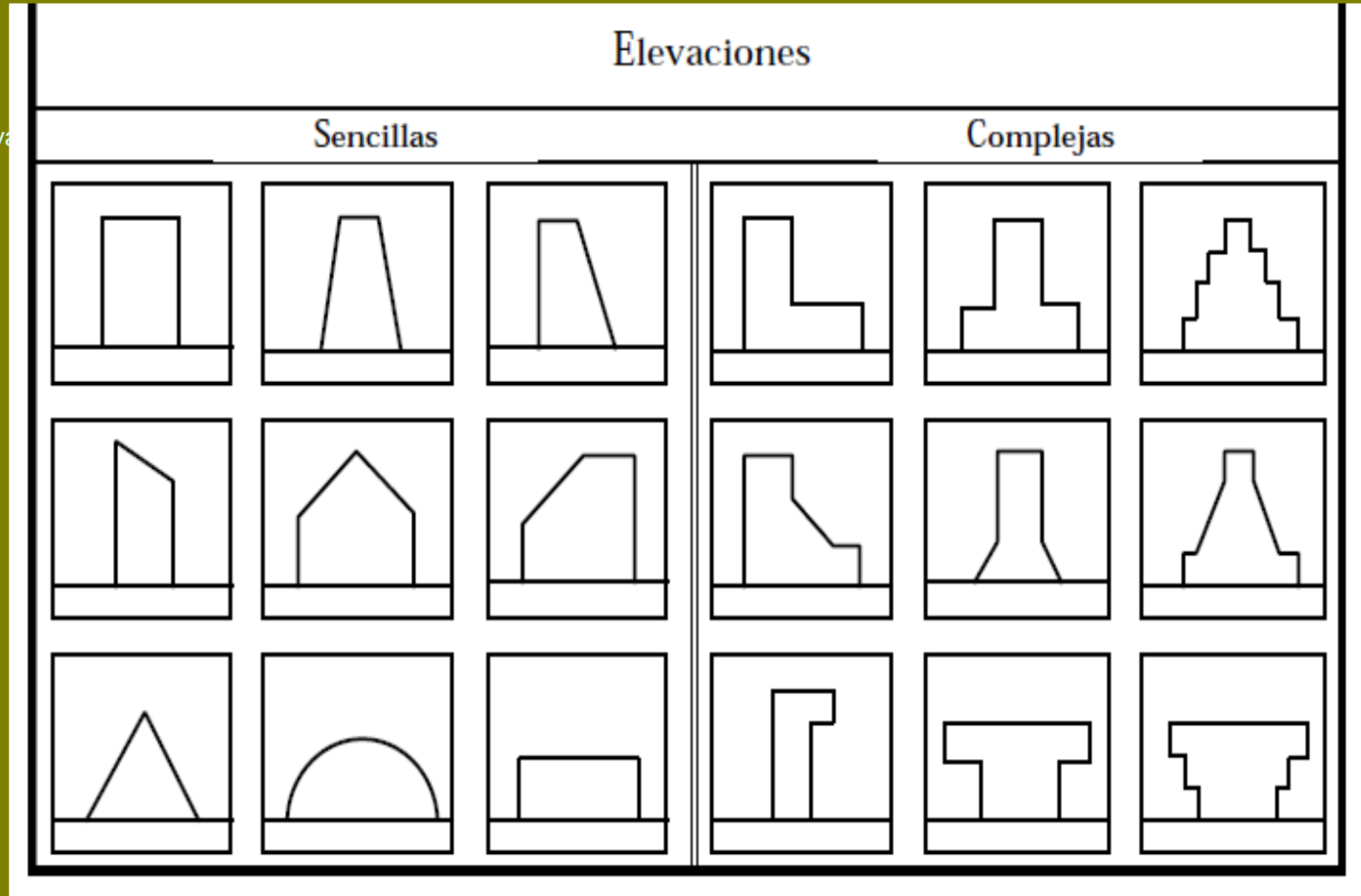
- Irregularidades significativas

- Irregularidades en planta (esquinas interiores)

- Irregularidades verticales (escalonados)**

- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia



# IRREGULARIDADES VERTICALES

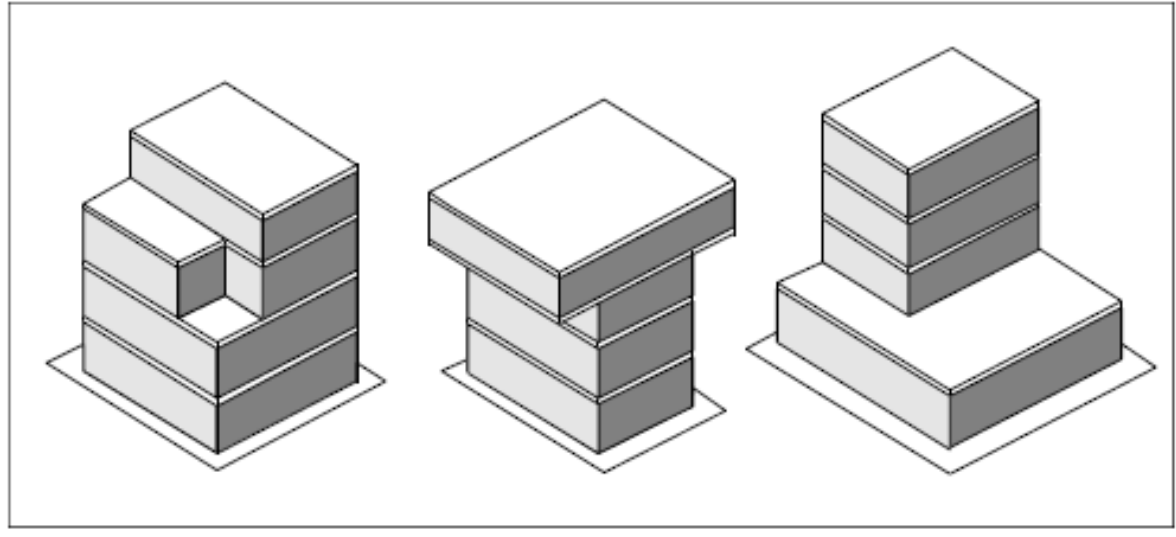
- **Configuración**

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)

- **Irregularidades verticales (escalonados)**

- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

**Figura 3.**  
**Formas irregulares en altura**



**Fig. 2.65. - Ouvrages sur le toit d'immeubles : configurations à éviter.**





# IRREGULARIDADES VERTICALES

- **Configuración**

- Movimiento del suelo

- Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración

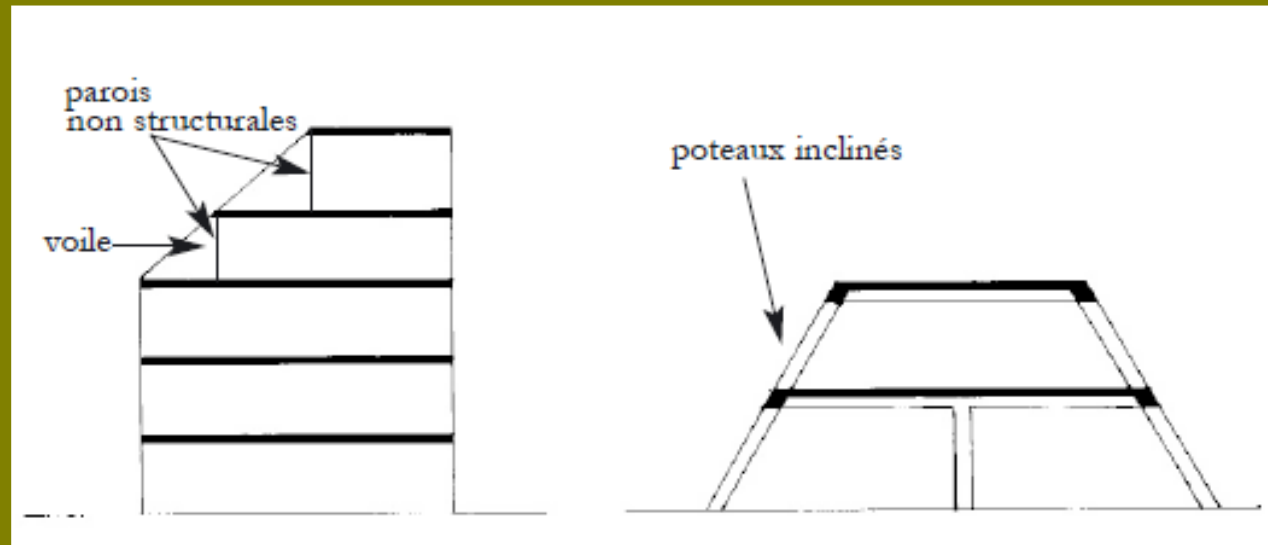
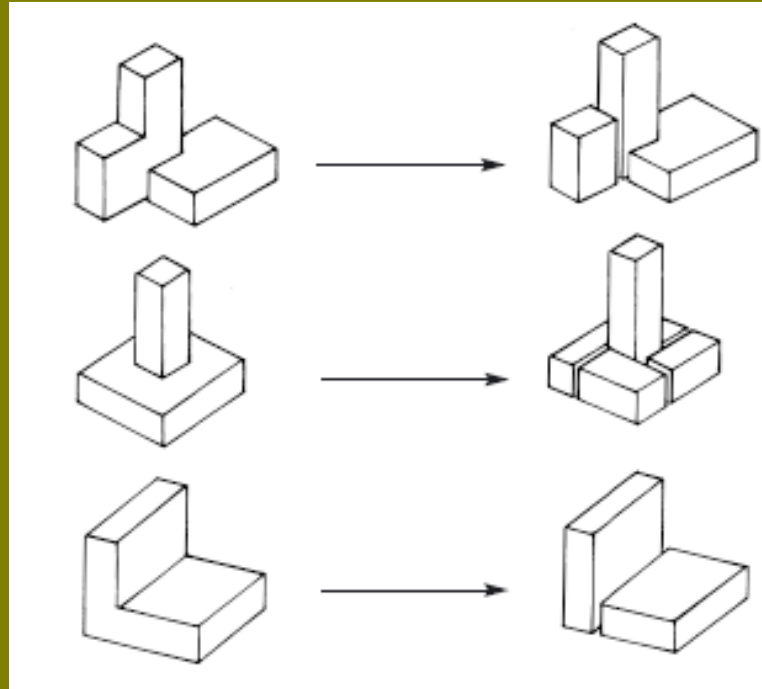
- Irregularidades significativas

- Irregularidades en planta (esquinas interiores)

- **Irregularidades verticales (escalonados)**

- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia



# DISCONTINUIDADES: RESISTENCIA Y RIGIDEZ

- Configuración**

- Movimiento del suelo

- Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración

- Irregularidades significativasIrregularidades en planta (esquinas interiores)

- Irregularidades verticales (escalonados)

- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez**

- Colindancia

- Definición

- Piso Débil

- Tabiques discontinuos

- Rigidez de columnas

- Columna Débil-Viga Fuerte

- Interacción Pórtico-Tabique

- Modificaciones No Estructurales



# DISCONTINUIDADES: RESISTENCIA Y RIGIDEZ

## •Configuración

## •Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

## •Influencia de la configuración

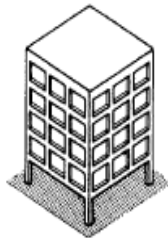
## •Irregularidades significativas Irregularidad en planta (esquinas interiores)

## •Irregularidades verticales (escalonados)

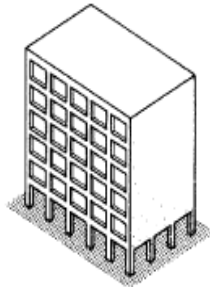
## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

## •Colindancia

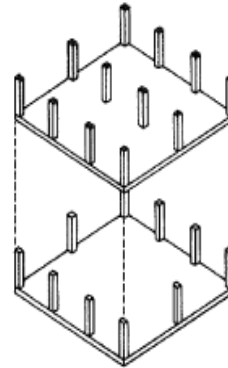
### B. BUILDINGS WITH ABRUPT CHANGES IN LATERAL RESISTANCE



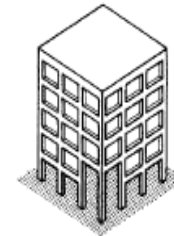
"Soft" lower levels



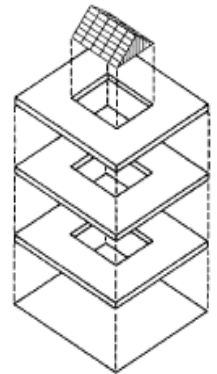
Large openings in shear walls



Interruption of columns

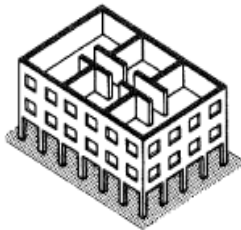


Interruption of beams

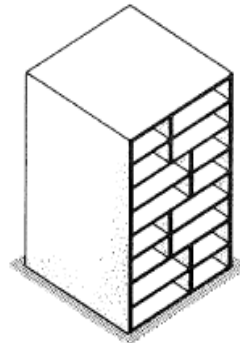


Openings in diaphragms

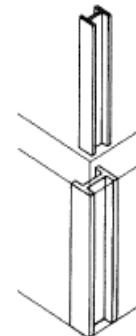
### C. BUILDINGS WITH ABRUPT CHANGES IN LATERAL STIFFNESS



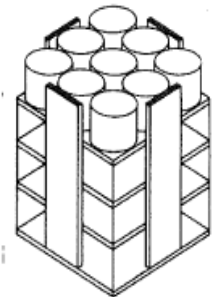
Shear walls in some stories,  
moment-resisting frames in others



Interruption of vertical-resisting elements



Abrupt changes in size of members



Drastic changes in  
mass/stiffness ratio

# •Piso Débil

## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativasIrregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)

## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia





# •Piso Débil

## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativasIrregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)

## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia



# •Piso Débil

## •Configuración

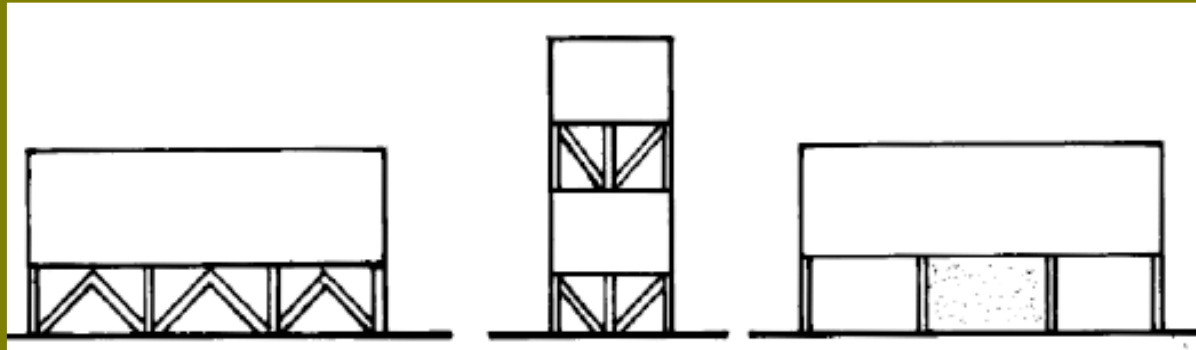
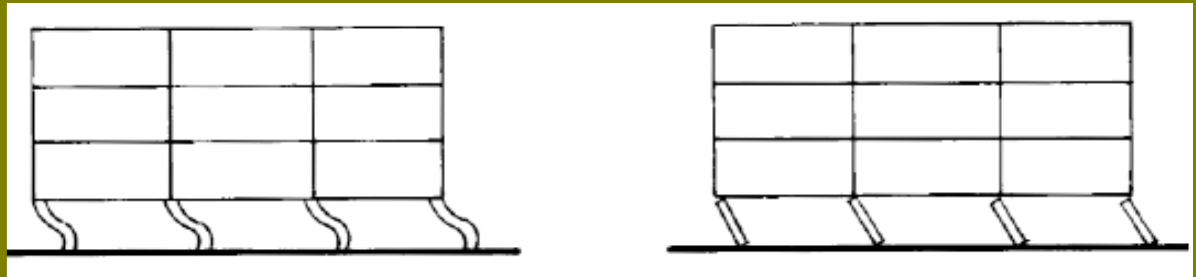
- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativasIrregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)

## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia



Fotografía 9. Falla en planta baja por piso suave



# •Tabiques Discontinuos

## •Configuración

•Movimiento del suelo

•Reacción del Edificio

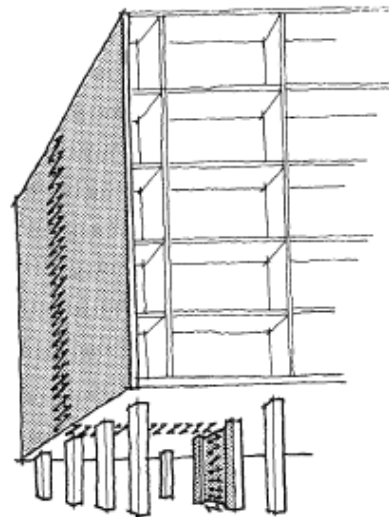
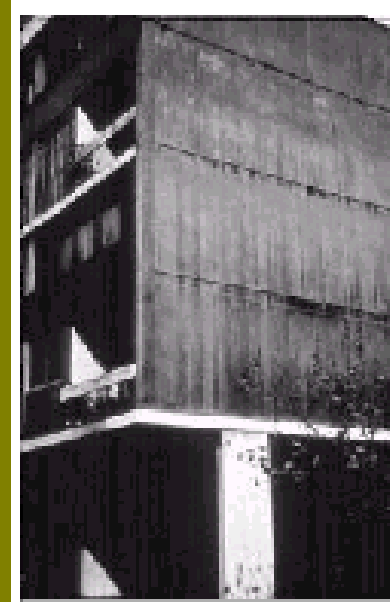
•Influencia de la configuración

•Irregularidades significativas Irregularidades en planta (esquinas interiores)

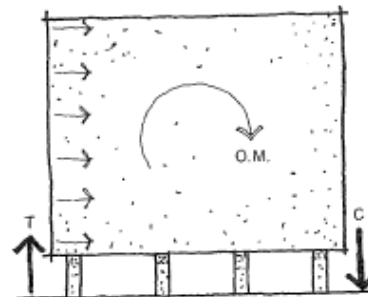
•Irregularidades verticales (escalonados)

## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

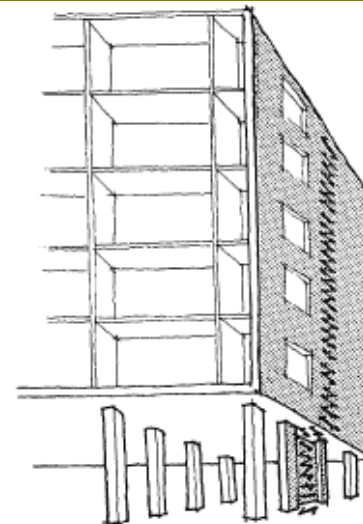
•Colindancia



East shear wall – Translation

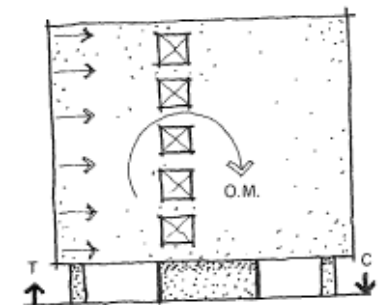


– Rotation



West shear wall – Translation

O.M. = overturning moment  
T = tension  
C = compression



– Rotation

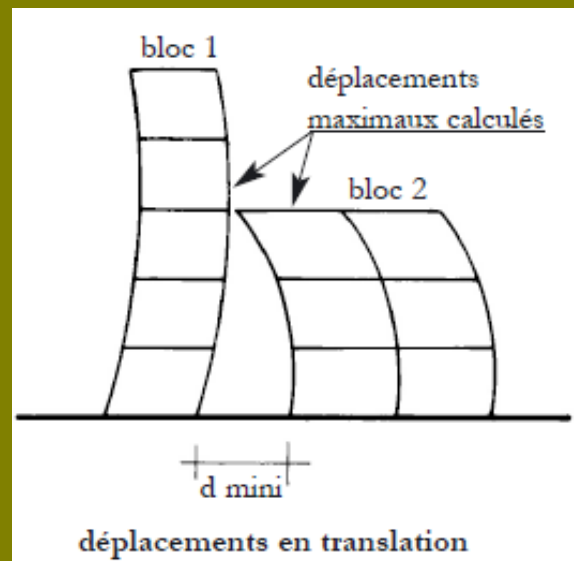


# COLINDANCIA

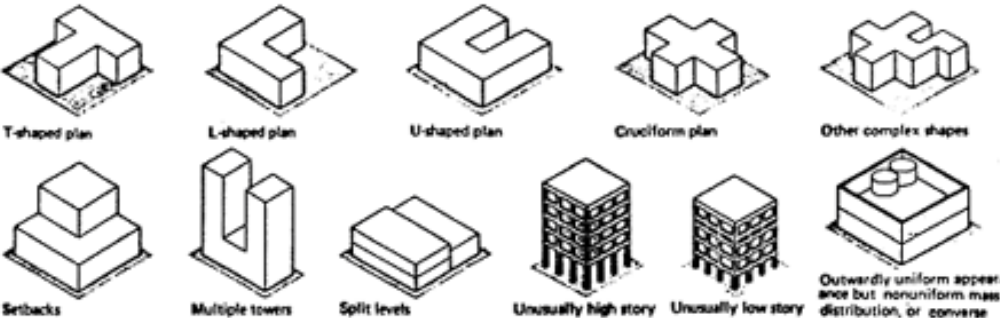
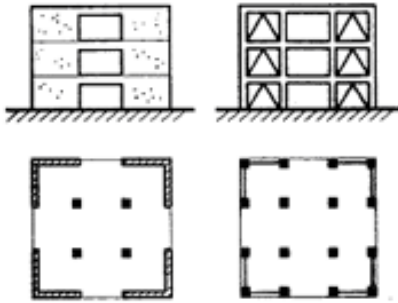

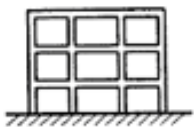
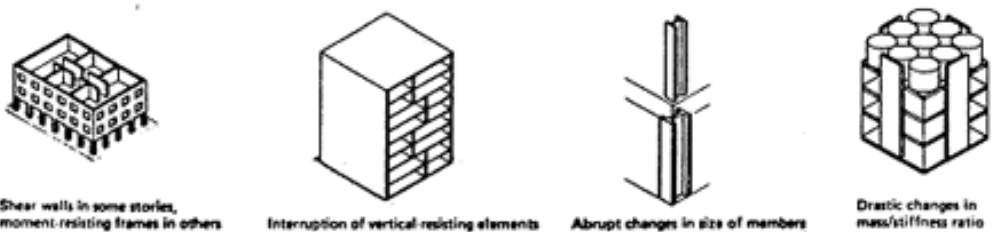
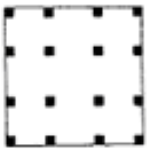
- **Configuración**

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- **Colindancia**



# CONFIGURACIONES REGULARES

IRREGULAR CONFIGURATIONS	REGULAR CONFIGURATIONS
<p><b>A. BUILDINGS WITH IRREGULAR CONFIGURATION</b></p> <div data-bbox="227 386 1232 701">  <p>T-shaped plan    L-shaped plan    U-shaped plan    Cruciform plan    Other complex shapes</p> <p>Setbacks    Multiple towers    Split levels    Unusually high story    Unusually low story    Outwardly uniform appearance but nonuniform mass distribution, or converse</p> </div>	<div data-bbox="1277 401 1676 701">  <p>SHEAR WALLS    BRACED FRAMES</p> </div>
<p><b>B. BUILDINGS WITH ABRUPT CHANGES IN LATERAL RESISTANCE</b></p> <div data-bbox="227 758 1232 986">  <p>"Soft" lower levels    Large openings in shear walls    Interruption of columns    Interruption of beams    Openings in diaphragms</p> </div>	<div data-bbox="1367 829 1561 953">  </div>
<p><b>C. BUILDINGS WITH ABRUPT CHANGES IN LATERAL STIFFNESS</b></p> <div data-bbox="227 1029 1232 1258">  <p>Shear walls in some stories, moment-resisting frames in others    Interruption of vertical resisting elements    Abrupt changes in size of members    Drastic changes in mass/stiffness ratio</p> </div>	<div data-bbox="1392 982 1541 1129">  <p>MOMENT RESISTANT FRAMES</p> </div>

# CONFIGURACIONES Y DISEÑO SÍSMICO

## CONCLUSIONES

- Cargas **desconocidas** (inciertas)
- Poca información sobre **propiedades** materiales
- Comportamiento estructural → Cargas últimas, no de servicio
- Fuerzas de Diseño → **Fracción** de las esperadas en el Terremoto
- Esfuerzos en la Estructura **mayores** que los de código
- **Disipación** de energía: N° rótulas para **Mecanismo** de Plastificación



# CONFIGURACIONES Y DISEÑO SÍSMICO

## CONCLUSIONES

- Comprender **comportamiento** (Reacción del Edificio)
- Combinar variables de diseño
- Definir **Mecanismo** de Plastificación
- Evitar Mecanismos de Piso (**Piso Débil** o Flexible)
- Incertidumbre acciones → **Diseño por capacidad** → Garantiza comportamiento dúctil
- Sistemas **Torsionalmente Restringidos** → Garantiza desarrollo de ductilidad prevista
- Diseños **sencillos**

# BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

1. Arnold, C; Reitherman. “Configuración y Diseño Sísmico de Edificios”. Limusa
2. Bonelli, P. “Apuntes de Diseño Sismorresistente”. U.T.Fco Santa María
3. Beles, A; Ifrim, M; García Yagüe, A. “Elementos de Ingeniería Sísmica”. Omega
4. Bolt, B. “Terremotos”. Reverté
5. Bozzo, L; Barbat, A. “Diseño Sismorresistente de Edificios”. Reverté
6. Constanttinou, M; Soong, T; Dargush, G. “Passive Energy Dissipation System for Structural Design and Retrofit. MCEER
7. Engel, H. “Sistemas de Estructuras”. Blume
8. Naeim, F . “ The Seismic Design Handbook”. Van Nostrand Reinhold
9. Paulay, T; Priestley, N. “Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings”. Wiley Interscience.
10. Quiroga, D. “Diseño Estructural”. Apuntes. F. Ingeniería. U.N.C.
11. Reboredo, A. “El Mecanismo de Colapso”. Apuntes. F. Ingeniería. U.N.C.
12. Zacek, M. “Conception Parasismique des Batiments” Mayo 2004.

- Las fotos han sido tomadas de [1], [3] con el objeto de ilustrar esta presentación de carácter académica



**FIN PARTE DOS**

**CONFIGURACION Y DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS**

Ing E. Daniel Quiroga