

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO**

**Facultad de Ingeniería**

**Carrera de Arquitectura**

## **DISEÑO ESTRUCTURAL III**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL”**  
**SISTEMAS VERTICALES**  
**ESTRUCTURAS DE TRANSICIÓN**  
**MEGAESTRUCTURAS**

**Ing Daniel Quiroga**

**2023**

# Contenido

- *Escuela de Chicago. Antecedentes históricos.*
- *El Ascensor: origen*
- *Sistemas Verticales: organización y transmisión de acciones*
- *Tipos Estructurales para acciones horizontales*
- *Transiciones y Megaestructuras*
- *Uso de software para esfuerzos*



# ESCUELA DE CHICAGO



## Escuela de Chicago

### Contexto Socio Económico

#### Explosión demográfica

- 1840 → 15,000 habitantes
- 1871 → 300,000 habitantes (incendio)
- 1890 → **1,000,000** habitantes

#### Economía favorable

- Recibe materias primas → Manufacturados
- Exporta a todo el país → Conex. ferroviarias y marítimas
- Centro económico y comercial

### Urbanismo

- Incendio 1871. → Dejan de construir en **madera**
- Ciudad destruida → Nuevo **urbanismo**
- Proyecto de urbanización:
  - Dividir la ciudad en **lotes** rectangulares
  - Permitir construcción en **altura**
  - Prohibir lugares privilegiados



## Escuela de Chicago

### Características de la arquitectura

- Basamento de **hormigón**
- Estructura de **acero**
- **Aventanamientos** horizontales → “muro cortina”
- **Rascacielos**: aprovechamiento del terreno
- Eliminación de **muros de carga**
- Se suprimen elementos **decorativos**
- Predominio de **líneas** horizontales y verticales
- Superficies **lisas** y acristaladas
- Fachadas de **mampostería**

### Condicionantes de proyecto

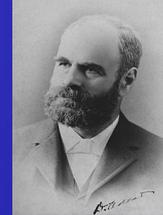
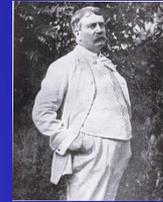
- **Precio** de los terrenos. Especulación inmobiliaria
- Espacios **limitados**
- **Rapidez** en ejecución de edificios

### Materiales

- Hormigón
- Acero
- Vidrio
- Ascensor



## Escuela de Chicago



### Principales exponentes

- William Le Baron Jenney
- Louis Sullivan
- Martin Roche
- Daniel Burnham y John Root
- Holabird y Roche
- Dankmar Adler
- Henry Richardson



Edificios Destacados

Escuela de Chicago



Chicago Building  
Holabird y Roche  
Chicago



Brooks Building  
Holabird y Roche  
Chicago



Reliance Building  
Burnhan y Root  
Chicago



Home Insurance Building  
Le Baron Jenney (a+i)  
Chicago



Wainwright Building  
Adler (a+i) y Sullivan (a)  
San Luis



Second Leiter Building  
Le Baron Jenney (a+i)  
Chicago



First Leiter Building  
Le Baron Jenney (a+i)  
Chicago



Almacenes Carson  
Sullivan (a)  
Chicago



## Historia del ascensor

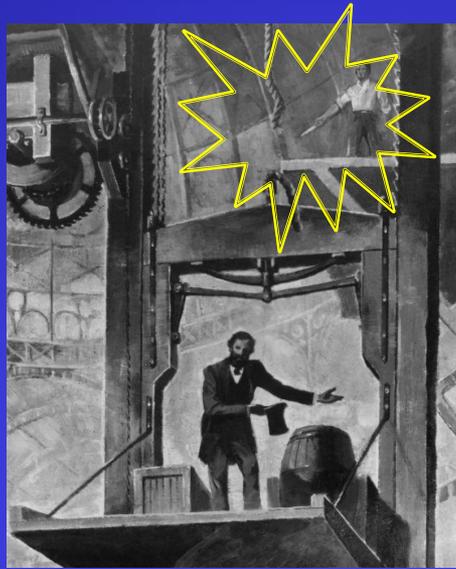
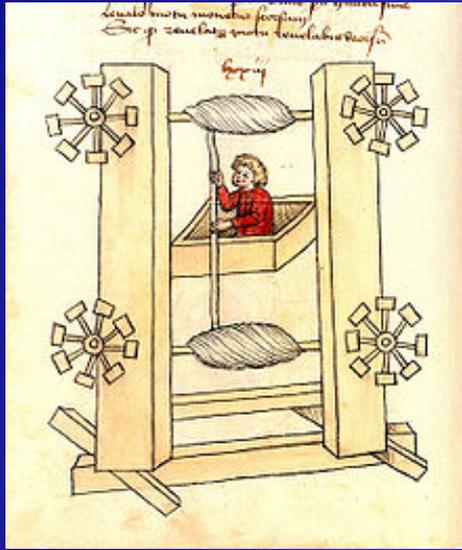
## Escuela de Chicago

- 236 Grecia Arquímedes inventó un dispositivo montacargas con una cuerda y una polea.
- 1853 Elisha G. **Otis** → freno de seguridad (para rotura del cable)
- 1854 Otis instala ascensor **Crystal Palace** de Nueva York (hoy Bryant Park, 42 entre 5ª y 6ª )
- 1853 Inglaterra Frost y Stutt ascensor tipo contrapeso ("Teagle" , aparejo para elevación)
- 1857 1<sup>er</sup> ascensor de pasajeros del mundo. **Hotel Broadway** (NY). Otis. A vapor. 450 kg. **12 m/min.**
- 1867 Ascensor **hidráulico**. Leon Edoux. Exposición de París. **150 m/min.**
- 1880 Norton Otis (jr) ascensor eléctrico C.C.. Edificio Demarest Carriage (NY) 5ª. 675 kg 30 m/min
- 1889. Ascensores hidráulicos con combustible. Exposición de **Paris**. Torre Eiffel
- 1922 Westinghouse. Edificio Rockefeller NY. **420 m/min**
- 1930 Otis Elevator. 73 ascensores. Empire State (5ª y 34). 102 pisos, 443 m. 15.000 personas/día. **200 a 430 m/min.**
- 2000. Skyway (Otis). Tecnología revolucionaria capaz de alcanzar una velocidad de **900 m/min.**
- 2016. Ascensores de **1.000 m/min. (60 km/h!!!)**
- 2020. Torre Shanghai. Mitsubishi ascensores. 630m (120 plantas) en 55 seg. **1230 m/min. (74 km/h)**



# Historia del ascensor

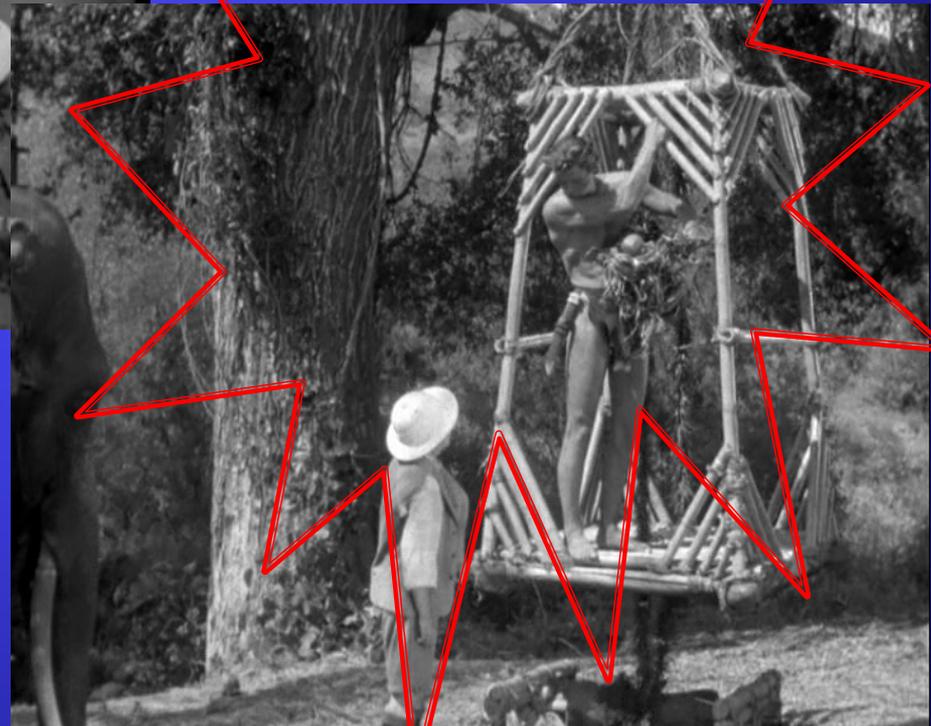
# Escuela de Chicago





# Historia del ascensor

# Escuela de Chicago





## Organización Estructural

## Escuela de Chicago



Wainwright Building



Second Leiter Building



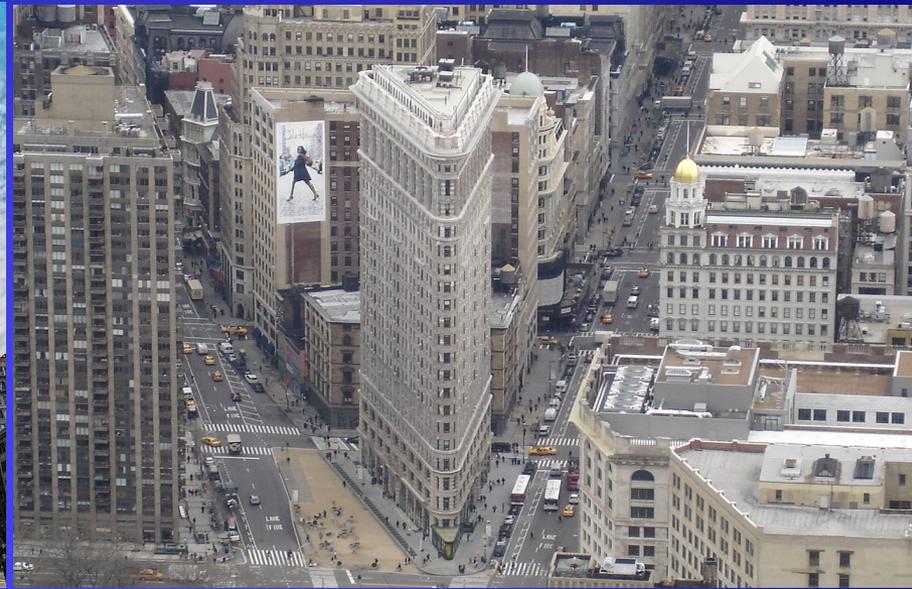
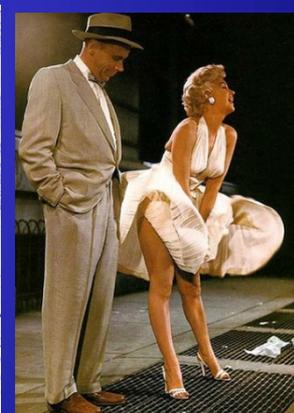
Brooks Building

Basamento

### Características:

- 1) Basamento de Hormigón
- 2) Estructura de Acero
- 3) Eliminación de muros de carga
- 4) Líneas horizontales y verticales
- 5) Materiales: Acero, Hormigón, Vidrio, Ascensor

## Escuela de Chicago en New York

Edificio Fuller  
"Flatiron"

Diseñado por Daniel Burnham. Edificio de acero de **22** pisos y 87m de altura. La esquina tiene **2m** con un ángulo de  $25^\circ$  de ancho. Desde una vista cenital, las fachadas que se juntan en ese vértice abarcan tan sólo un ángulo de 25 grados. La forma **aerodinámica** genera un túnel de viento. Convocando a los mirones a ver las pantorrillas de las mujeres con falda y anticipando a Marylyn.

Ha aparecido en **películas**: Hitch, Espantatiburones, Spiderman, Armagedon, y en los **videojuegos** tipo GTA



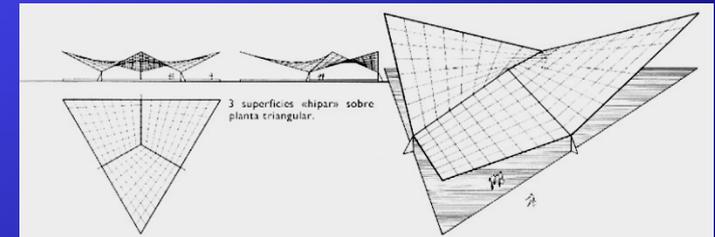
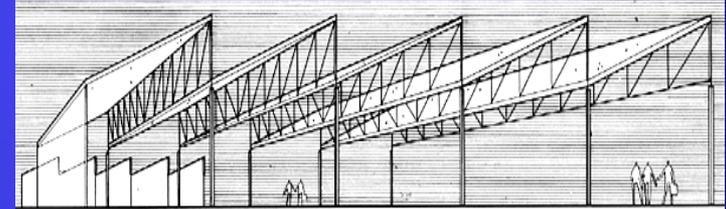
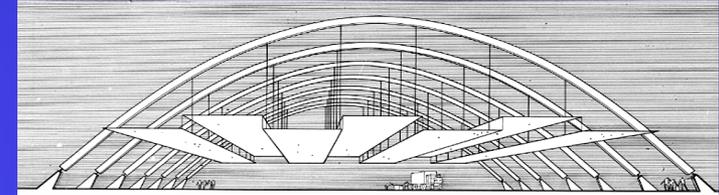
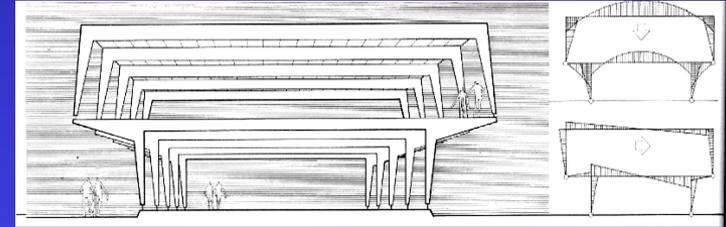
# SISTEMAS VERTICALES





# Sistemas de Estructuras

- Sección activa
- Forma activa
- Vector activo
- Superficie activa
- **Sistemas verticales**



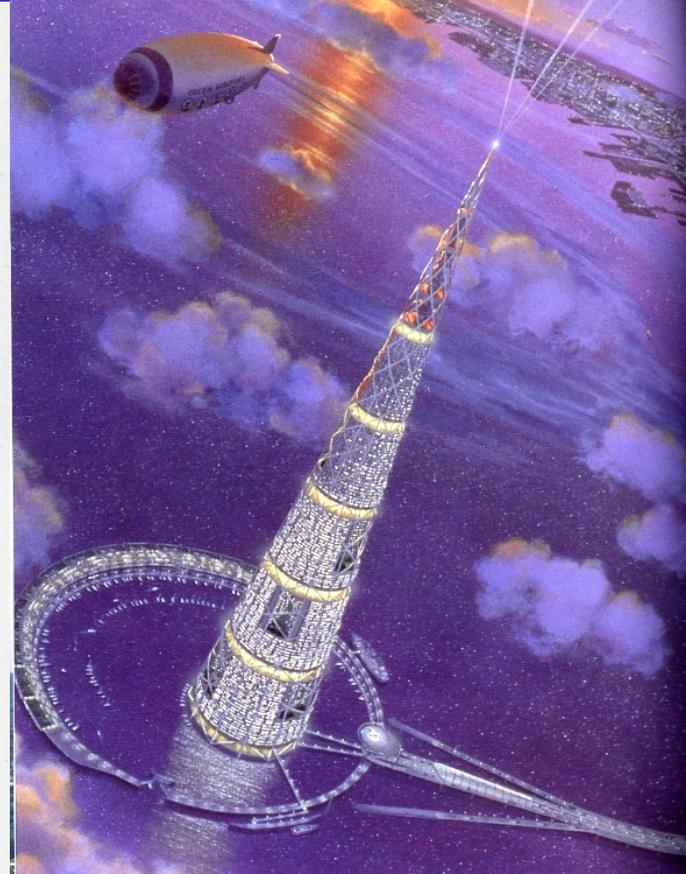
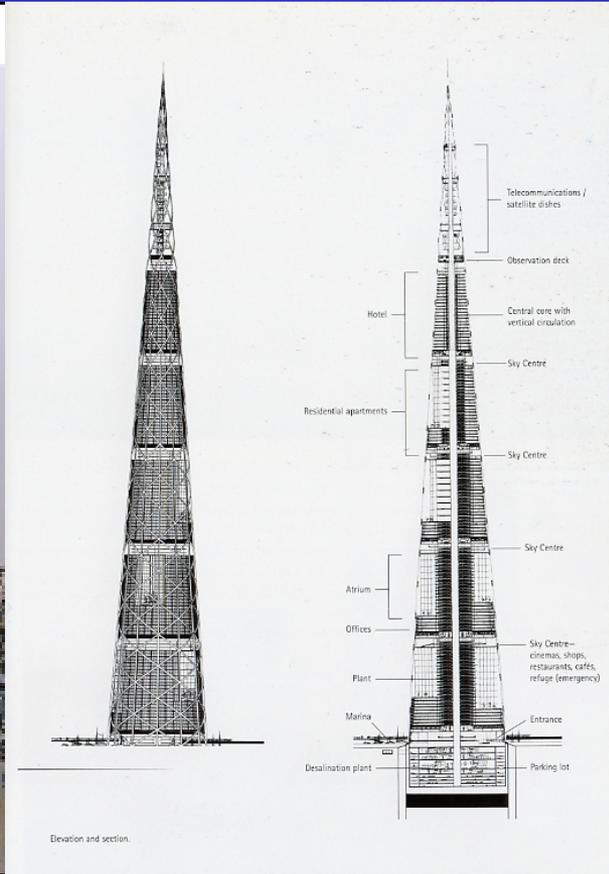
# Sistemas Verticales



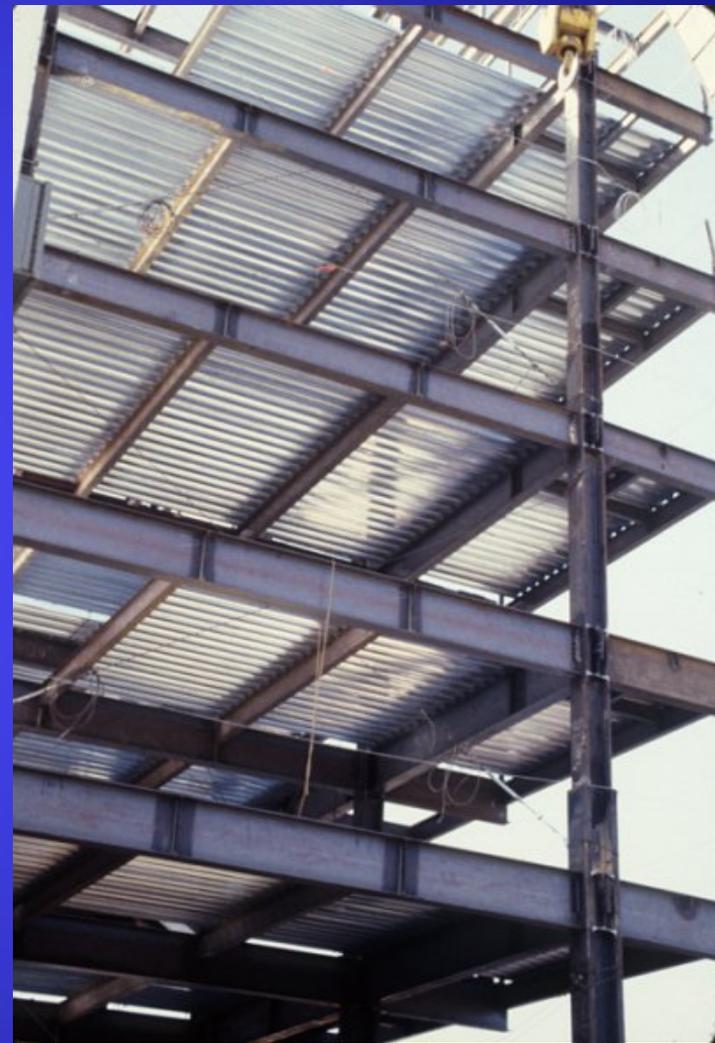
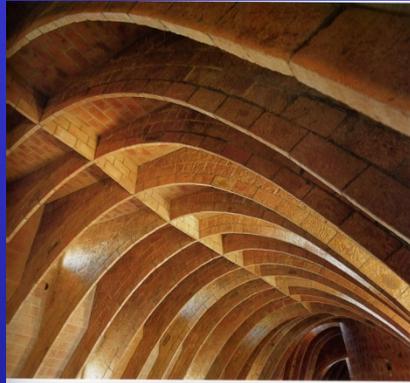
# Sistemas Verticales



# Sistemas Verticales



## Sistemas Verticales



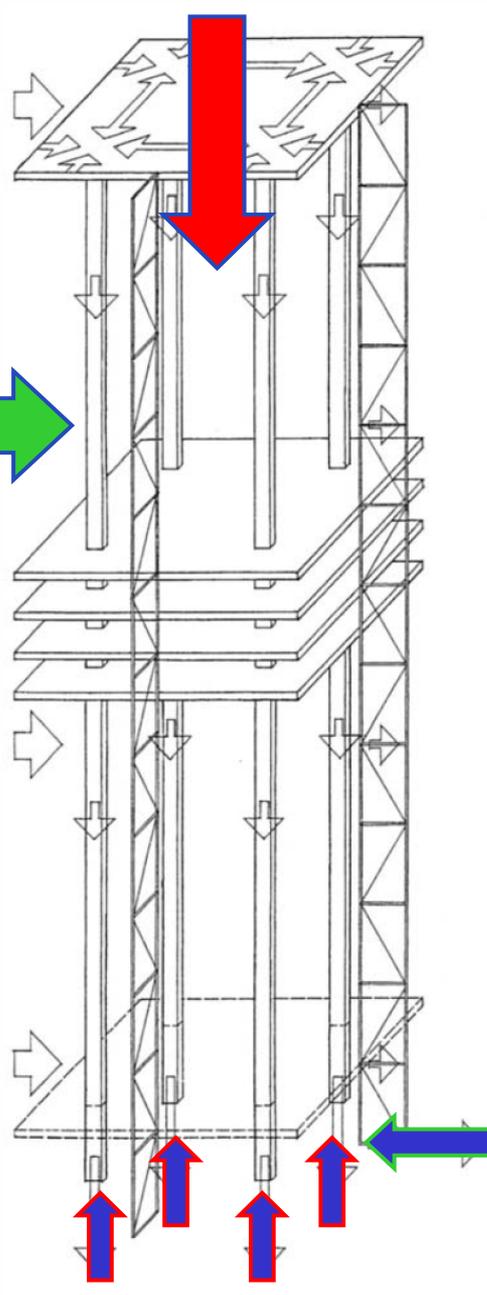
# Sistemas Verticales



## Sistemas Verticales

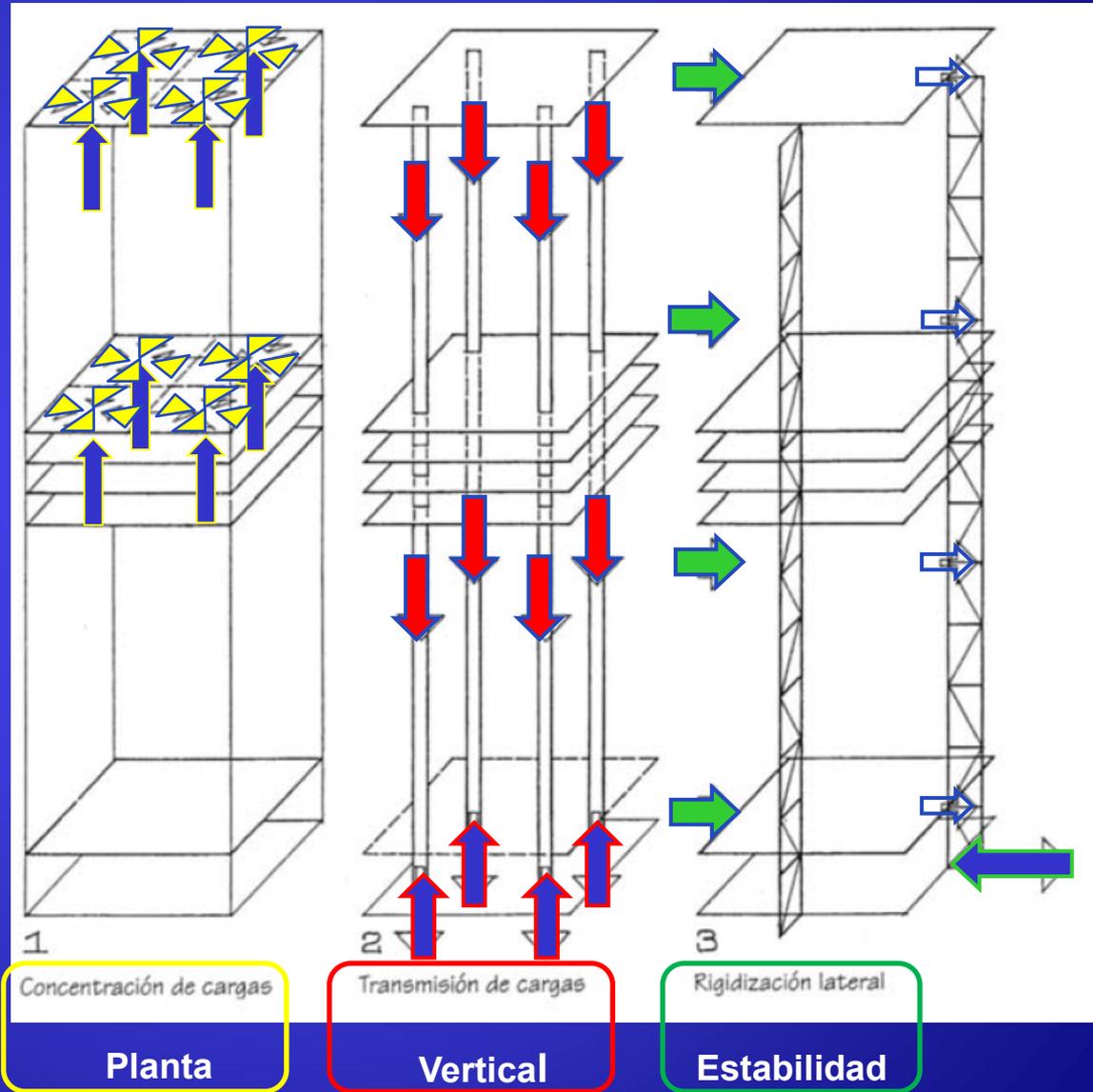
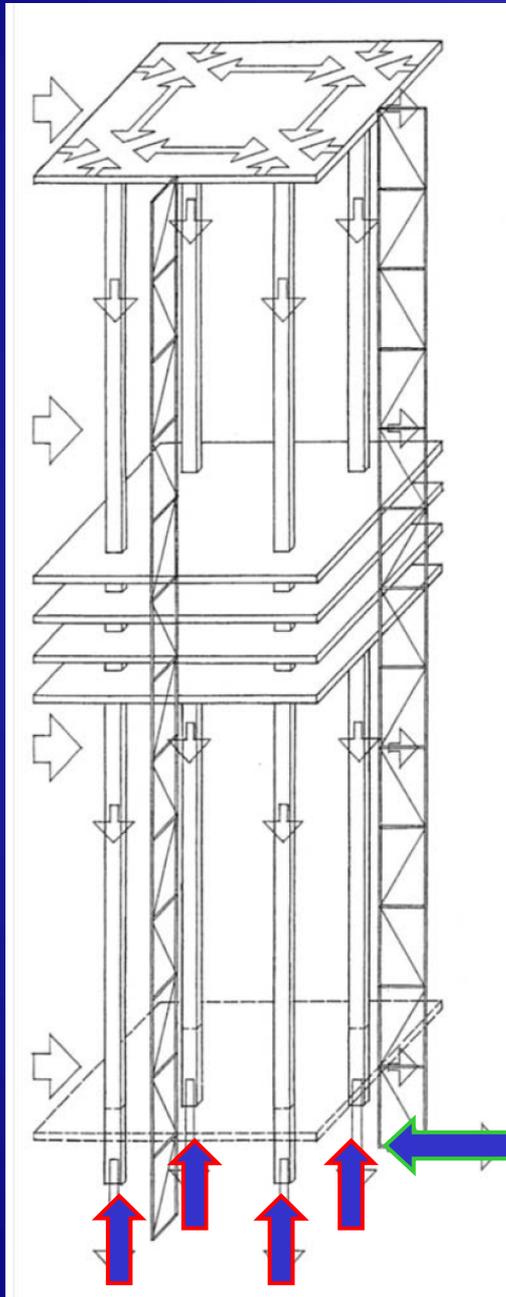


## Transmisión de acciones



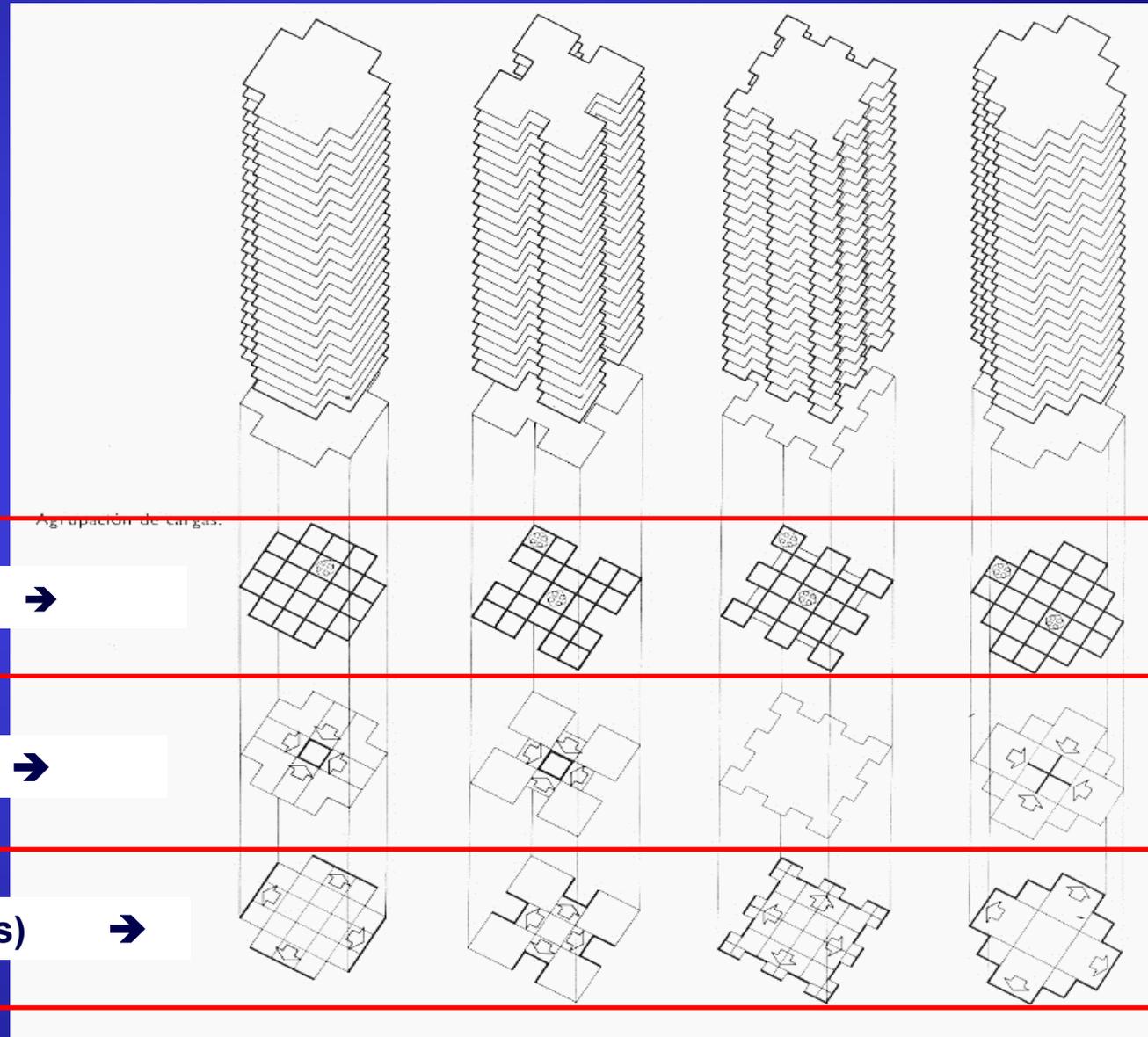
- Transmisión en planta
- Transmisión en altura (vertical)
- Estabilidad lateral

# Transmisión de acciones



# Transmisión en planta

Formas típicas de torres desarrolladas a partir de plantas cuadradas



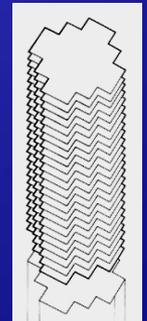
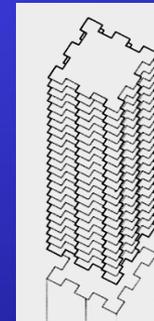
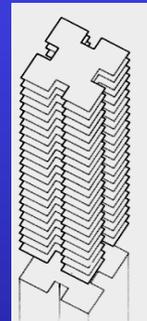
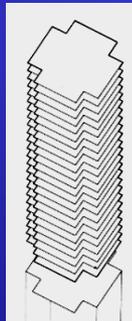
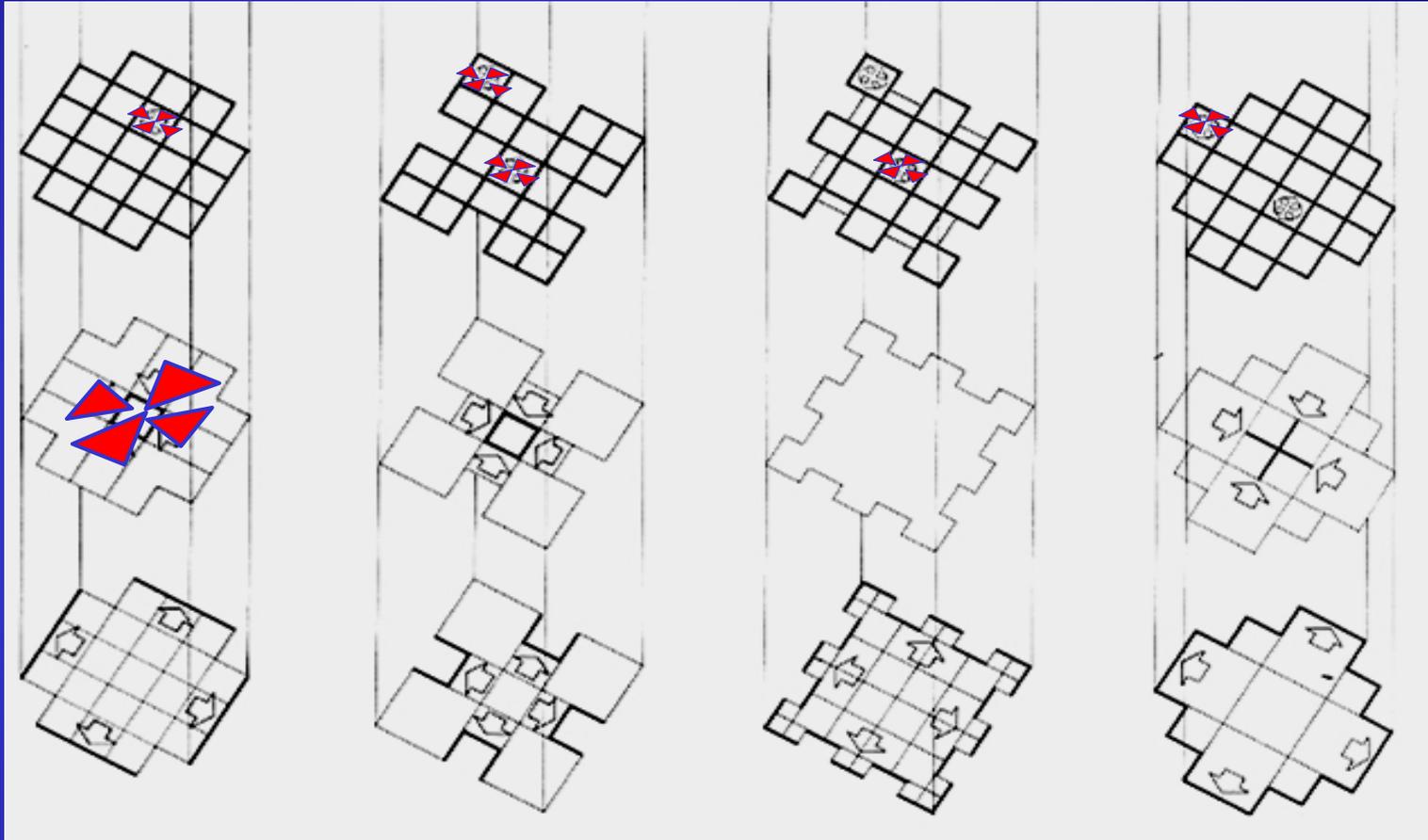
Ver detalle

# Transmisión en planta

**Retícula**  
(trama)

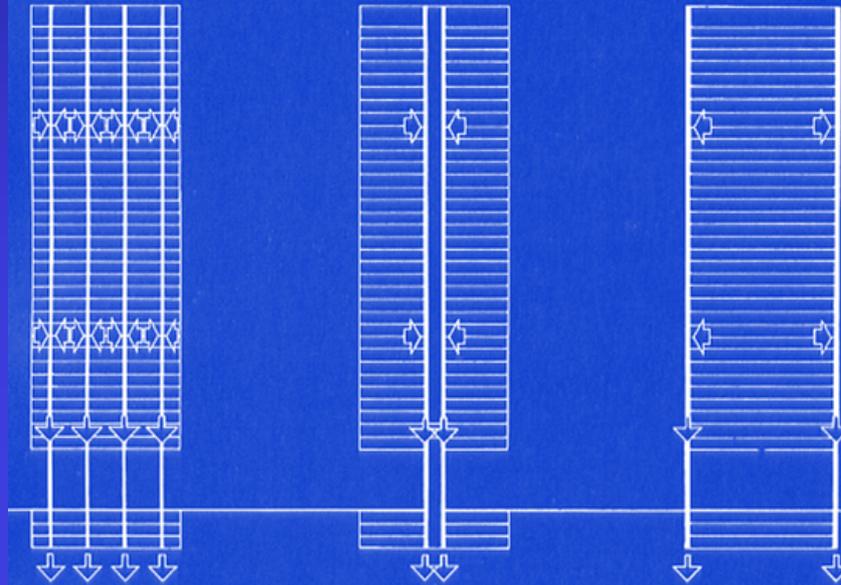
**Núcleo**  
(voladizo)

**Perimetral**  
(luces libres)



# Transmisión en altura (vertical)

Transmisión vertical  
**directa** de acciones  
gravitatorias



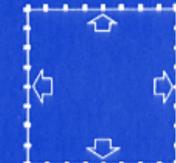
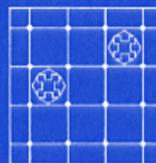
Retícula

Núcleo

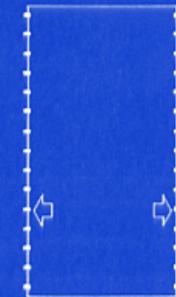
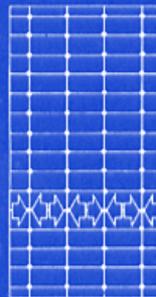
Perimetral

**En Vista**

**Dos**  
Direcciones



**Una**  
Dirección



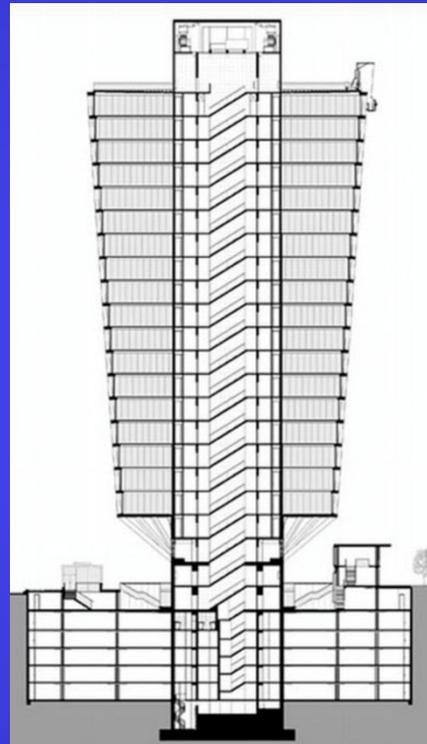
**En Planta**

Transmisión vertical **directa**  
de acciones gravitatorias

Sistema en  
planta **Central**



Edificio IBM  
CABA

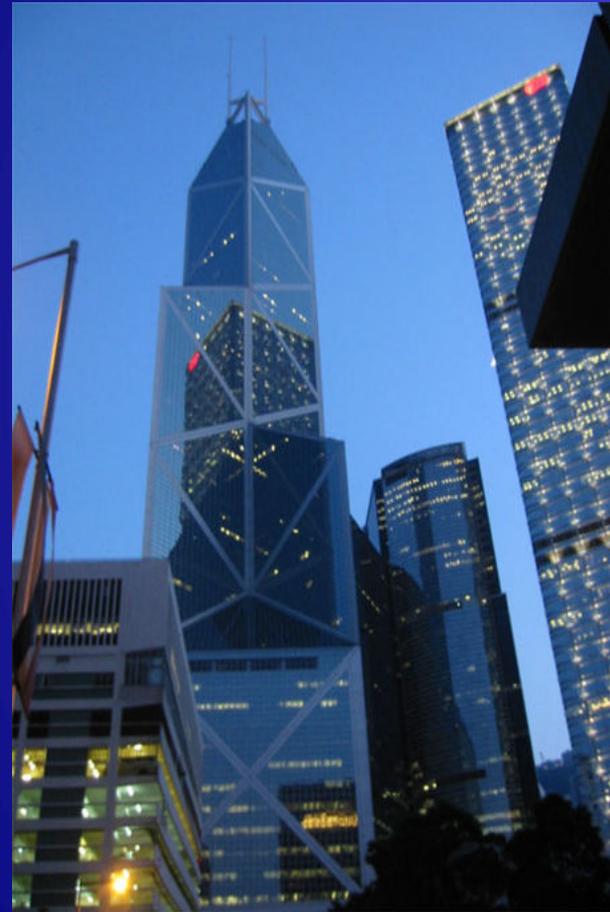


Edificio Cruz del Sur  
Chile



Transmisión vertical **directa** de acciones gravitatorias

Sistema en planta **Retícula**



Banco de China



Turning Torso



Hancock Center

## Sistema en planta Retícula

Transmisión vertical  
**directa** de acciones  
gravitatorias



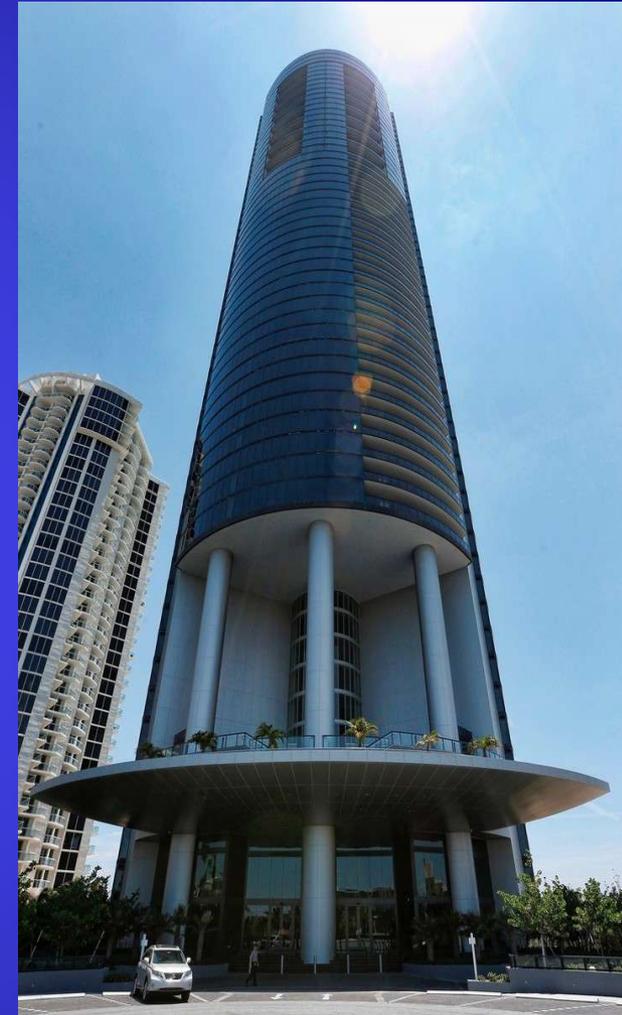
Scala Work



Edificio Petrobras



Edificio Gaia - Quito

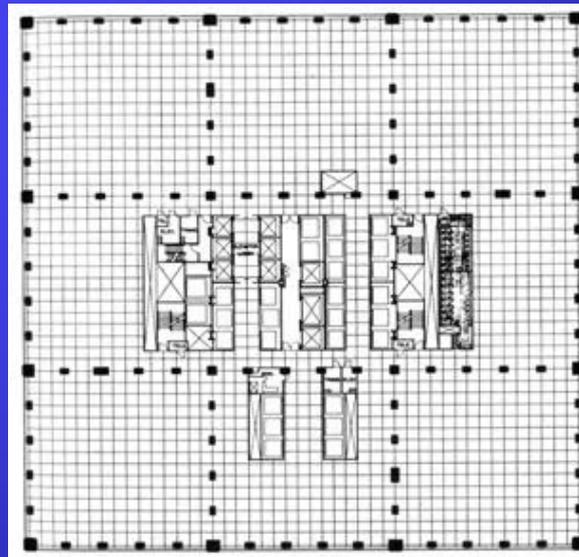
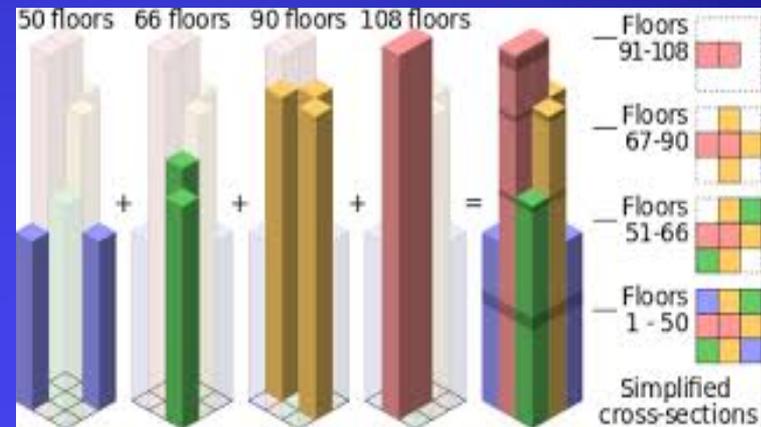


Porsche - Miami

## Transmisión vertical **directa** de acciones gravitatorias



## Sistema en planta **Perimetral**



Torre Sears

Transmisión vertical **directa** de acciones gravitatorias

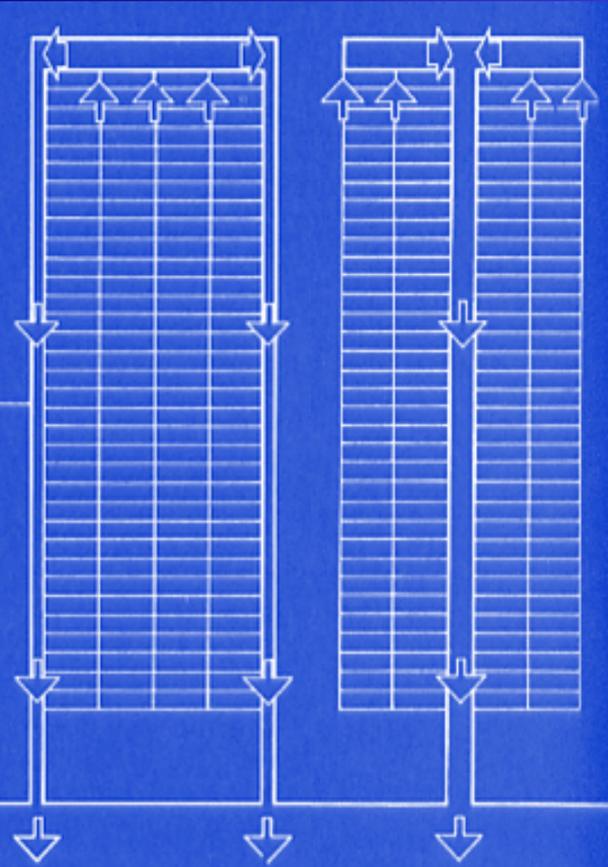
Sistema en planta  
**Perimetral**



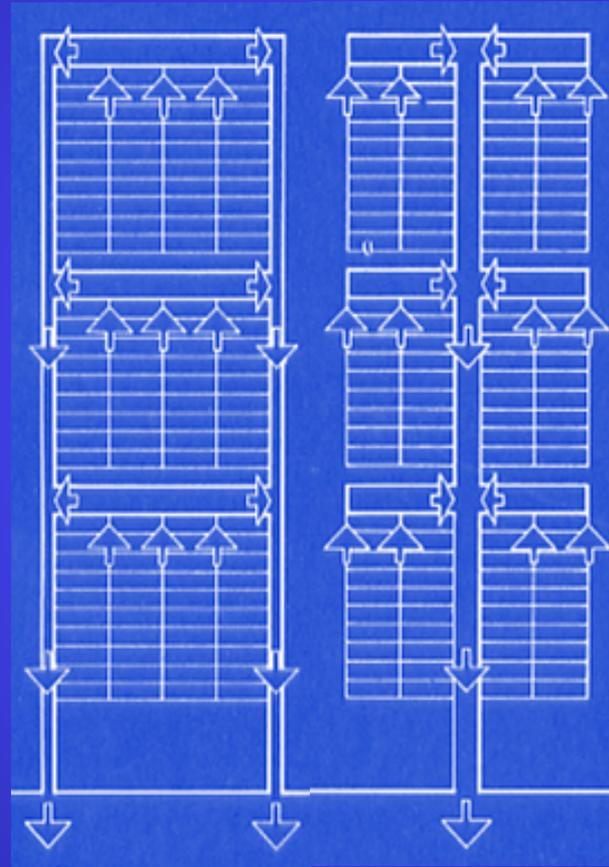
Museo Pompidou

# Transmisión en altura (vertical)

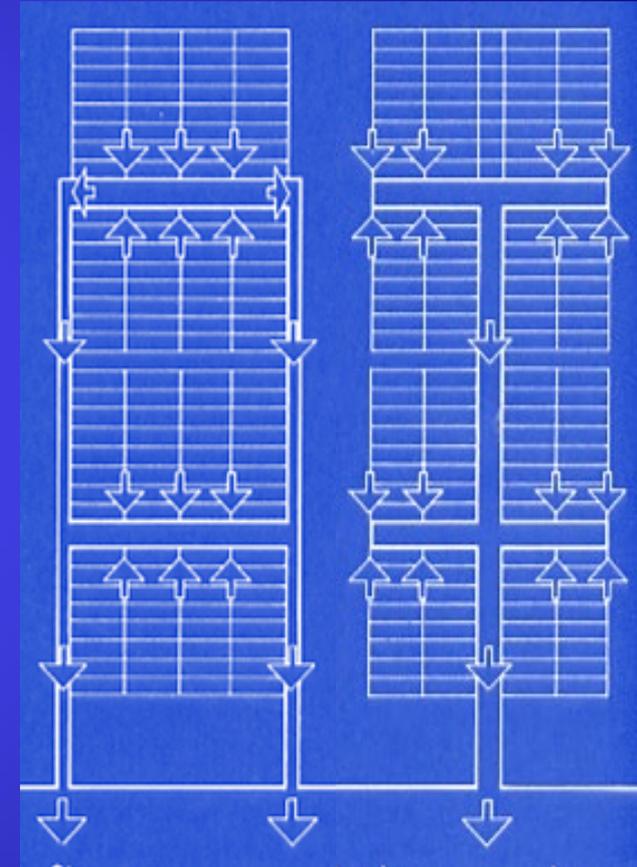
Transmisión vertical **indirecta**  
de acciones gravitatorias



Transmisión por tensores  
Sustentación continua



Transmisión por tensores  
Sustentación por vigas



Transmisión combinada  
Sustentación por vigas

# Transmisión en altura (vertical)

Transmisión vertical **indirecta** de acciones gravitatorias



Edificio BCI



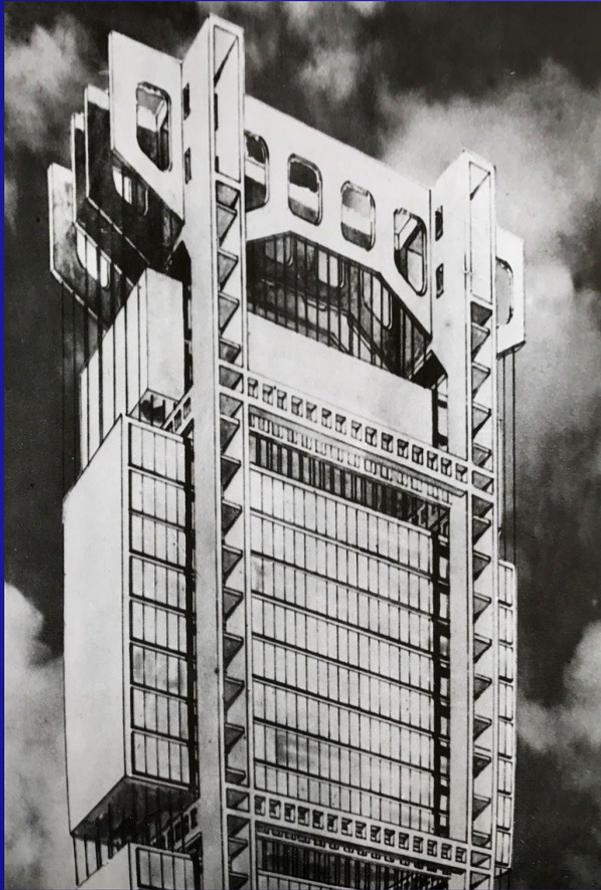
Edificio Pirelli



Mediateca TIC Barcelona

# Transmisión en altura (vertical)

Transmisión vertical **indirecta** de acciones gravitatorias



Edificio. A. Williams



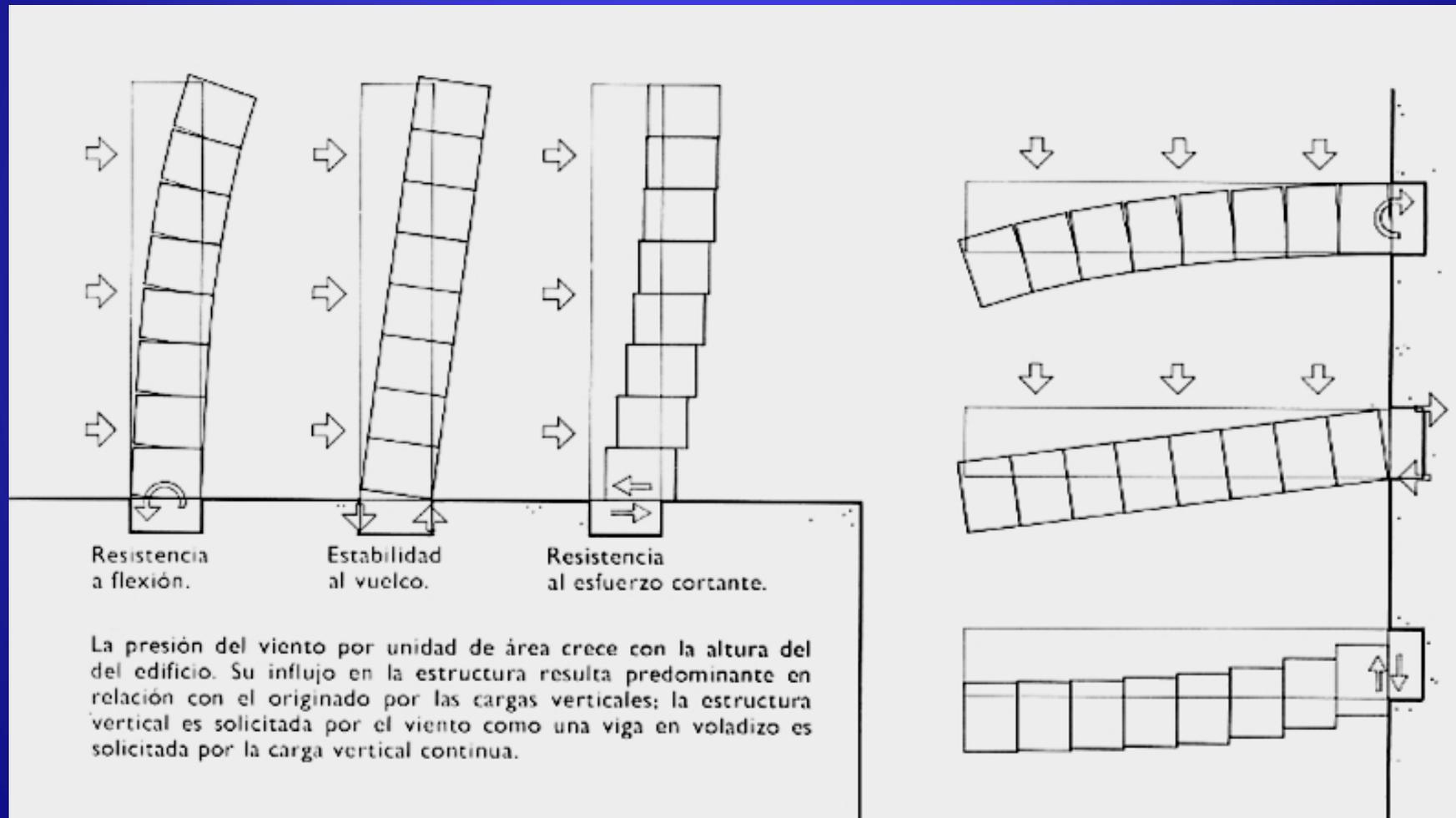
HSBC



Ex-Reserva Federal

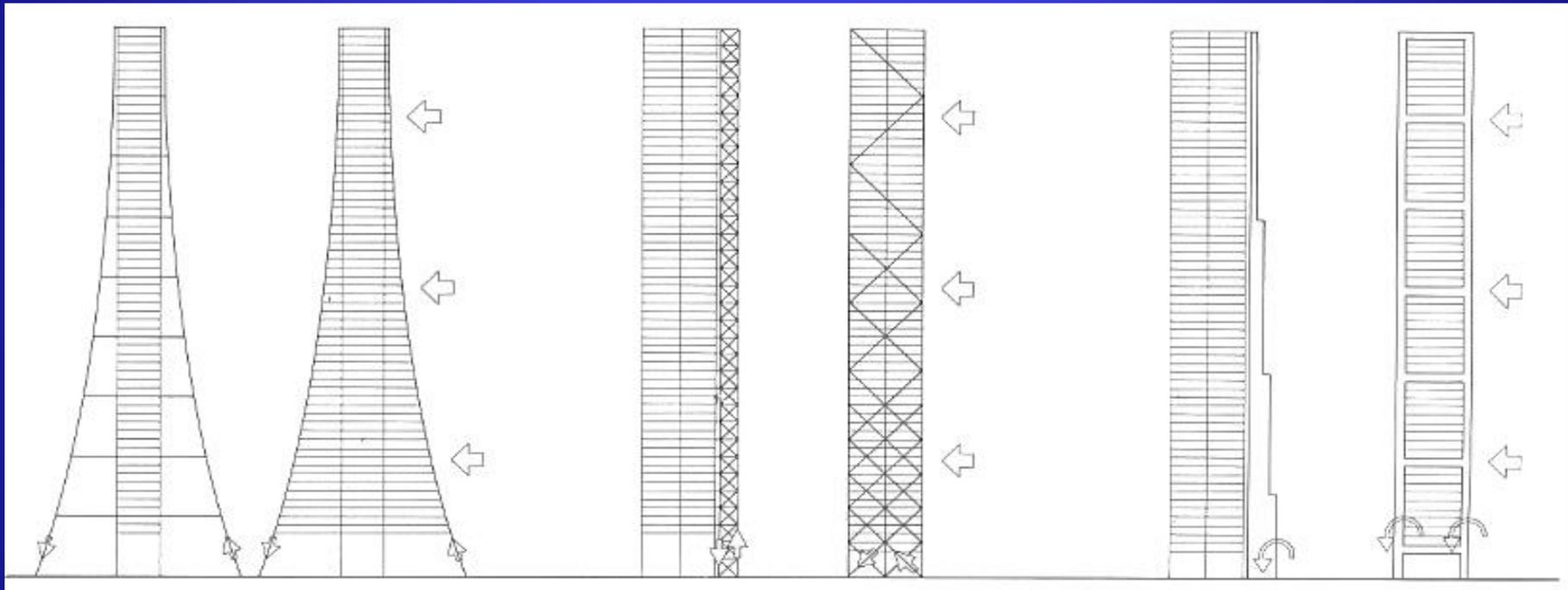
## Estabilidad lateral (Acciones horizontales)

### Esfuerzos para transmisión de acciones horizontales



## Estabilidad lateral (Acciones horizontales)

### Tipos Estructurales para Transmisión de acciones horizontales



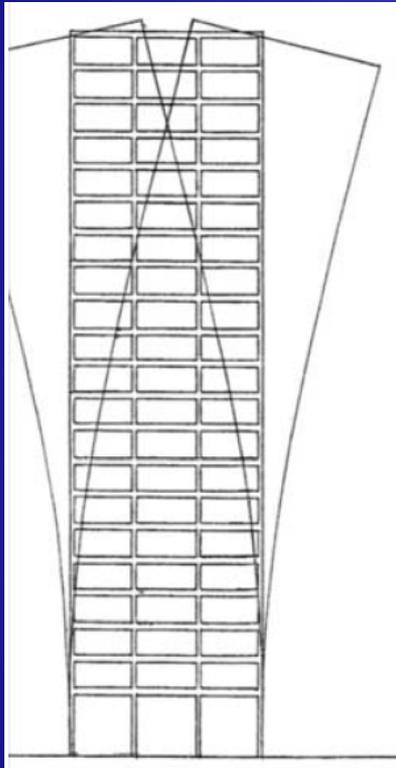
Tracción (cables)

Tracción + Compresión  
(triangulaciones)

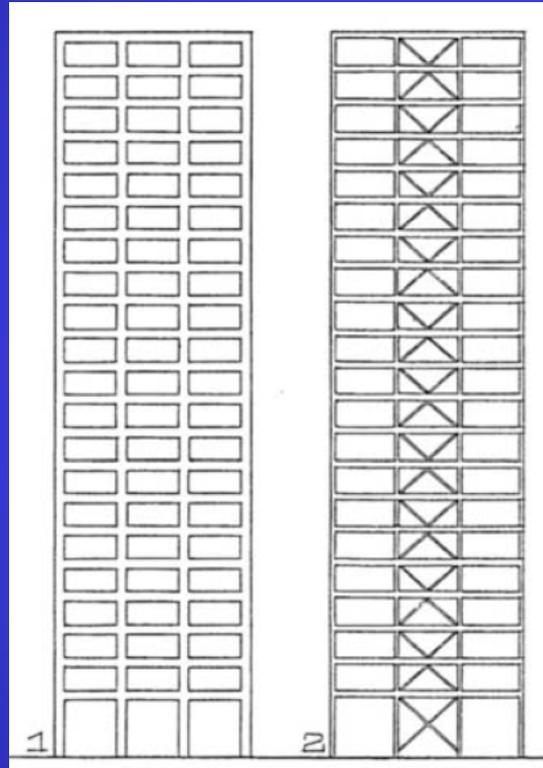
Flexión (pórticos, muros)

## Estabilidad lateral (Acciones horizontales)

### Tipos Estructurales para Transmisión de acciones horizontales

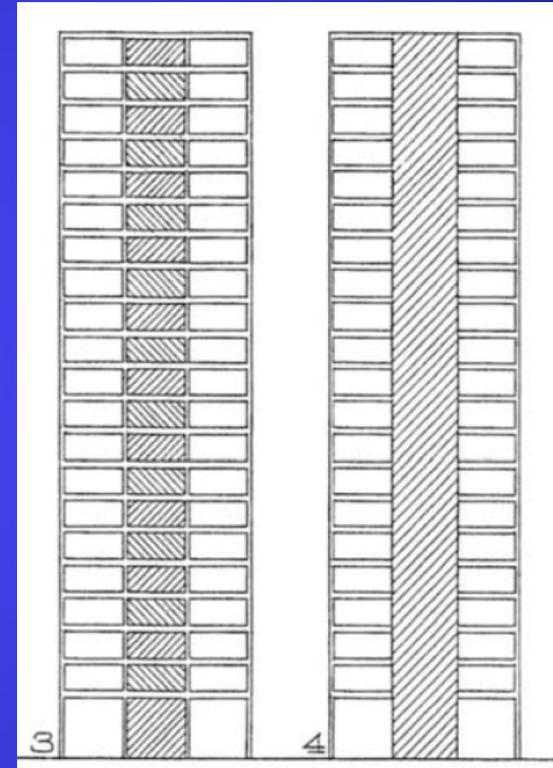


Deformación



Flexión  
(pórtico)

Tracción +  
Compresión  
(triangulación)



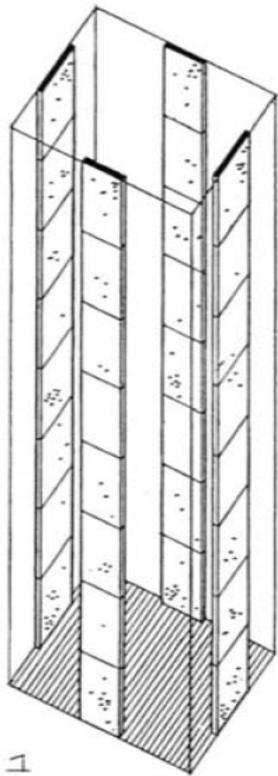
Flexión +  
Compresión  
(pórtico relleno)

Flexión  
(Dual)

Flexión  
(tabique)

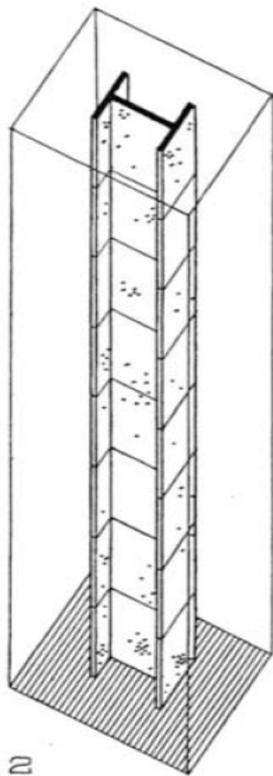
# Sistemas Verticales

Tipos Estructurales para **Transmisión**  
de acciones horizontales: Muros



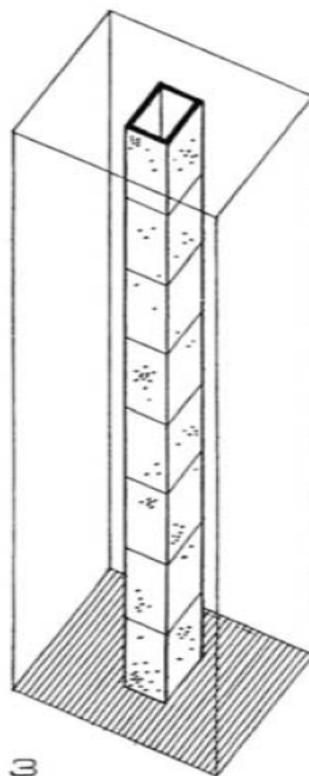
1

Paredes exteriores resistentes a cortante



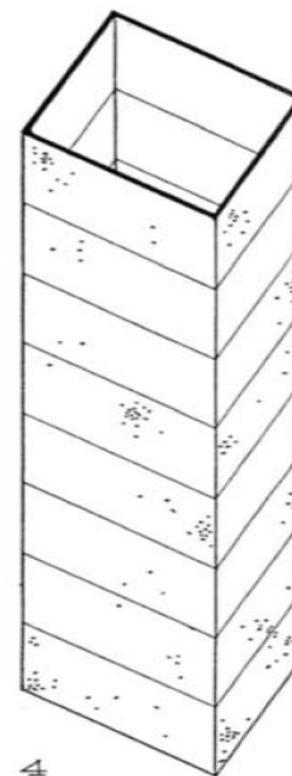
2

Paredes interiores resistentes



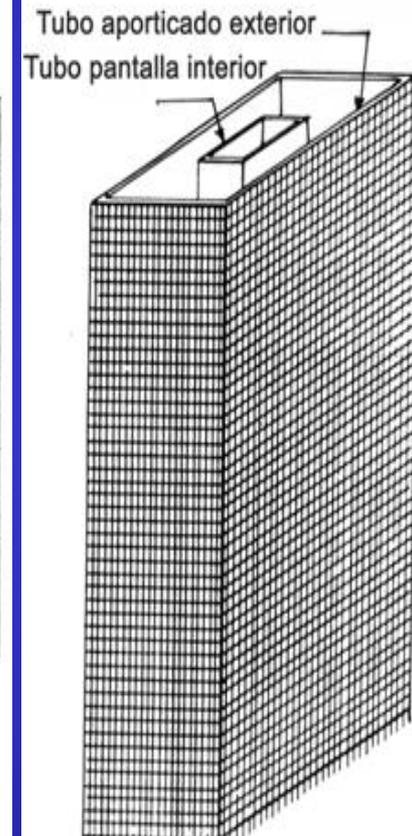
3

Núcleo (central)



4

Tubo

Tubo aperturado exterior  
Tubo pantalla interior

Muros perimetrales

Núcleo abierto

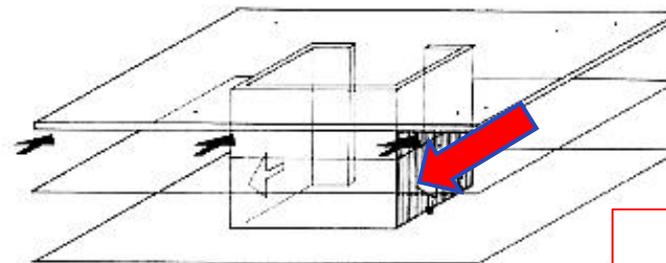
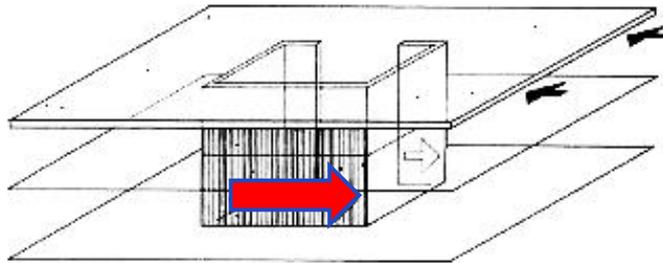
Núcleo cerrado

Tubo Simple

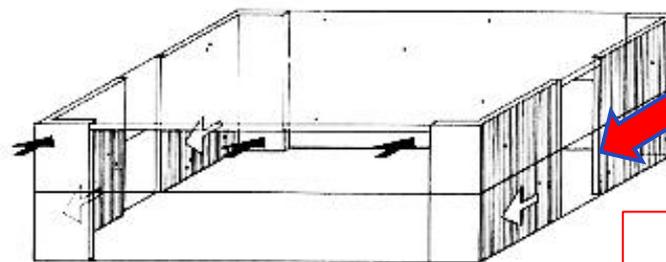
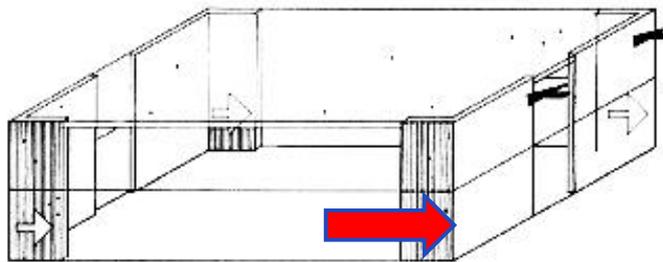
Tubo en tubo

# Sistemas Verticales

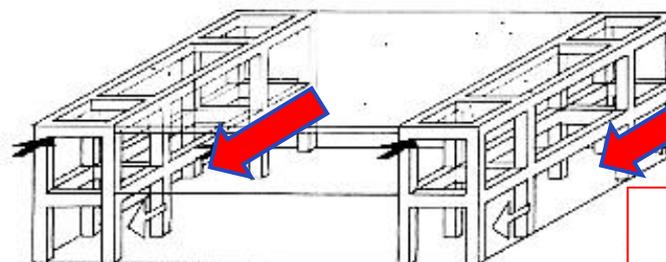
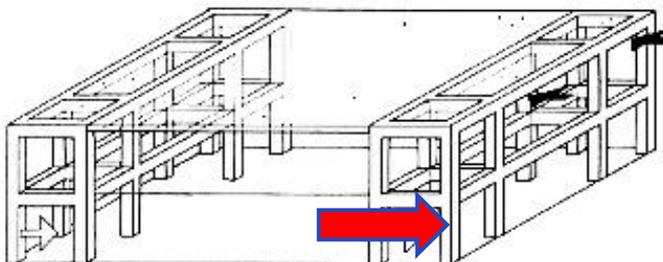
## Transmisión de acciones en planta



Sistema nuclear



Sistema perimetral



Sistema perimetral

# TRANSICIONES Y MEGAESTRUCTURAS



# TRANSICIONES



Edificio Bulnes Bs. As



Edificio en París



Banco de la Reserva  
Federal Boston



TORRE CAJA  
MADRID -  
FOSTER



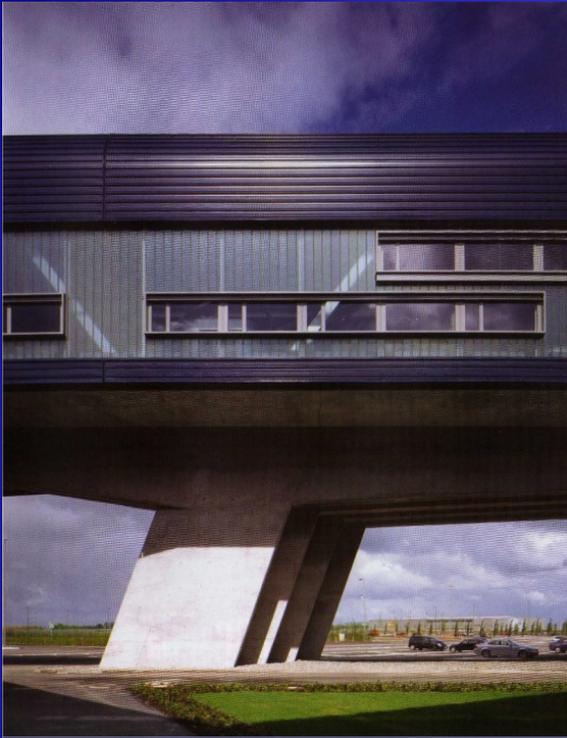
Municipalidad de  
Tokio - Kenso Tange



W 57th St. - SOM



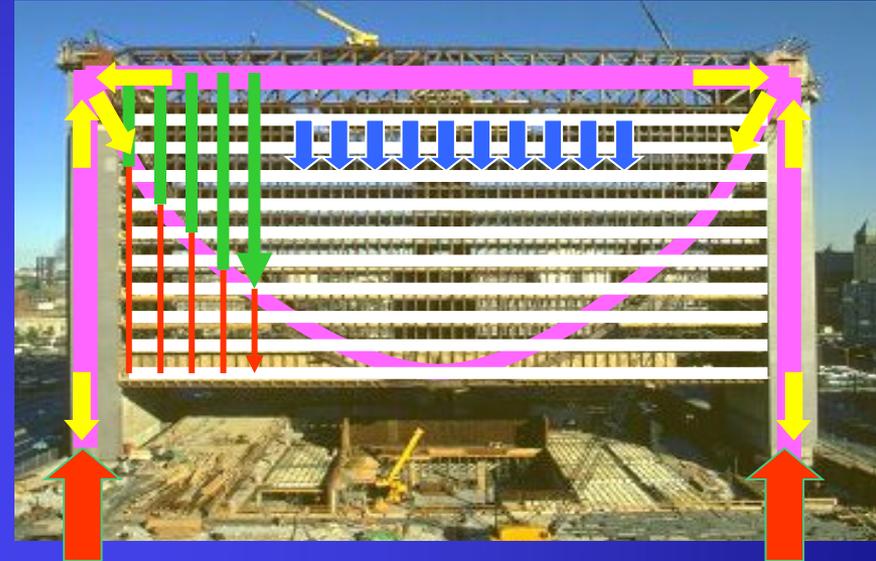
# TRANSICIONES



# MEGAESTRUCTURAS Y TRANSICIONES



## MEGAESTRUCTURAS Y TRANSICIONES



LIVERPOOL St. STATION - LONDRES

# MEGAESTRUCTURAS Y TRANSICIONES

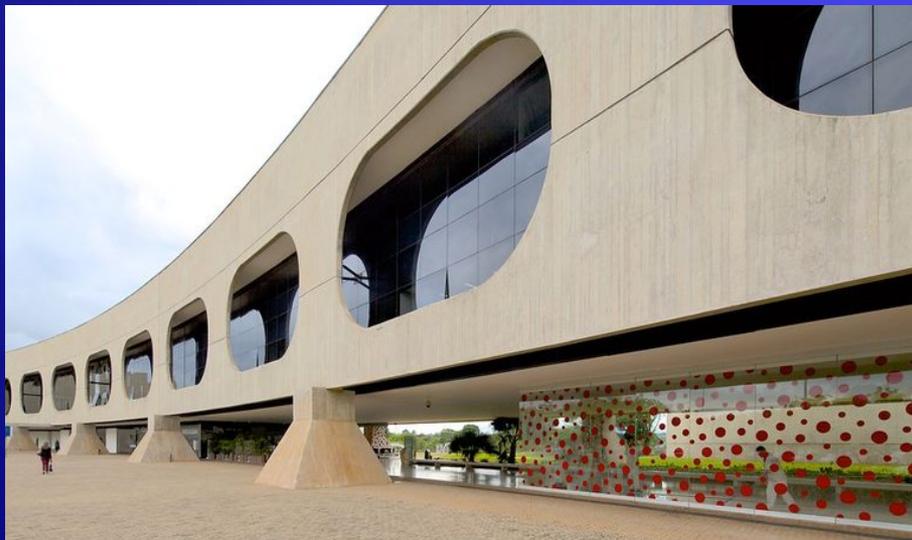


**Museo de la Memoria.  
Santiago de Chile**

# MEGAESTRUCTURAS Y TRANSICIONES



**Hospital Sarah. Brasil (arq. "Lelé" Filgueras)**

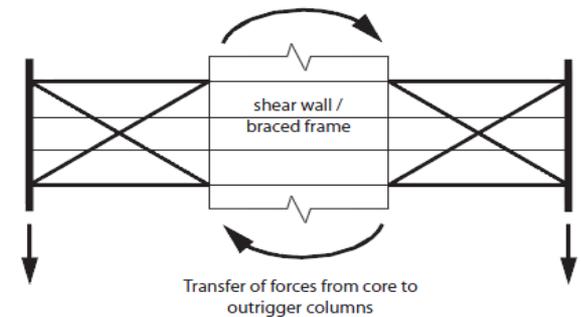
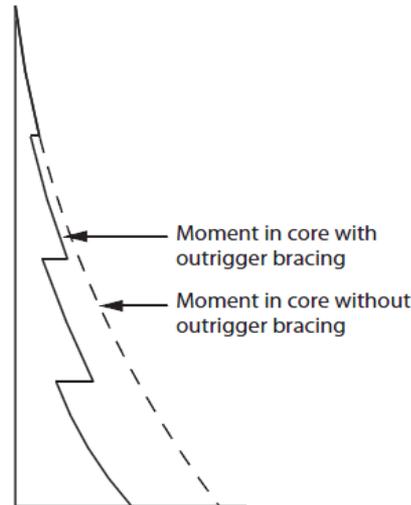
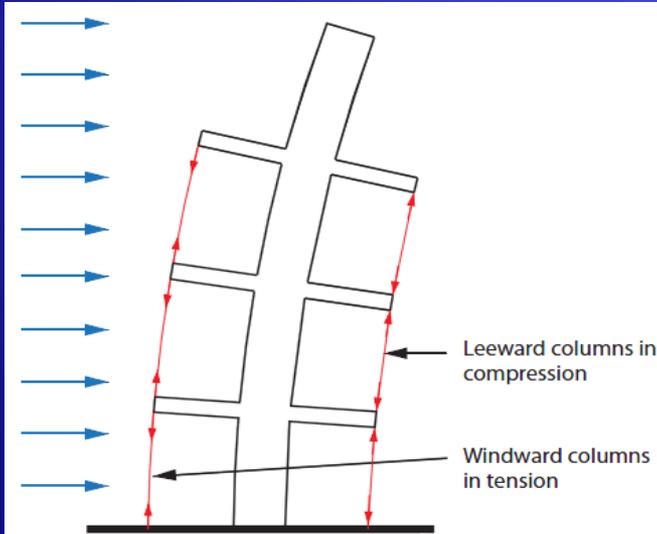
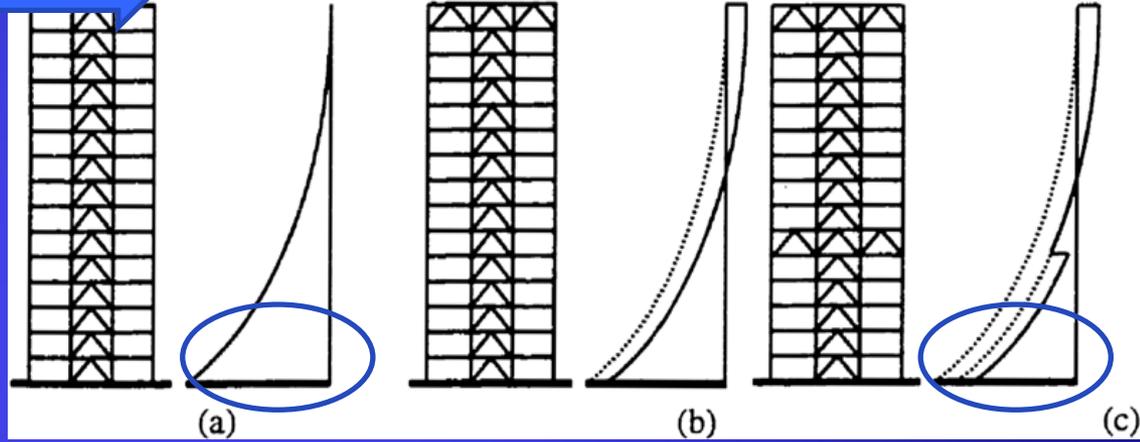
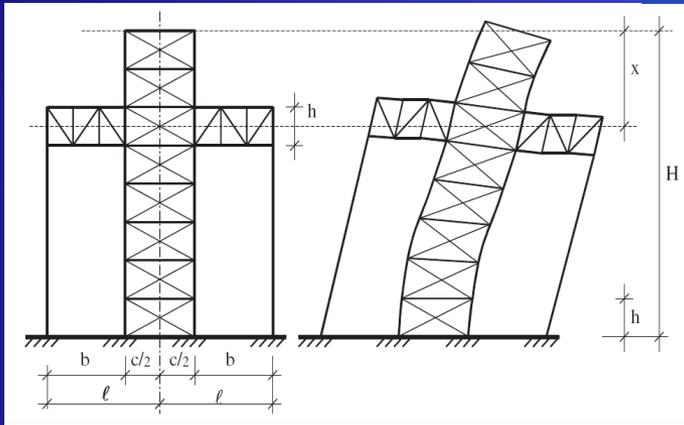


**Vigas Vierendeel**

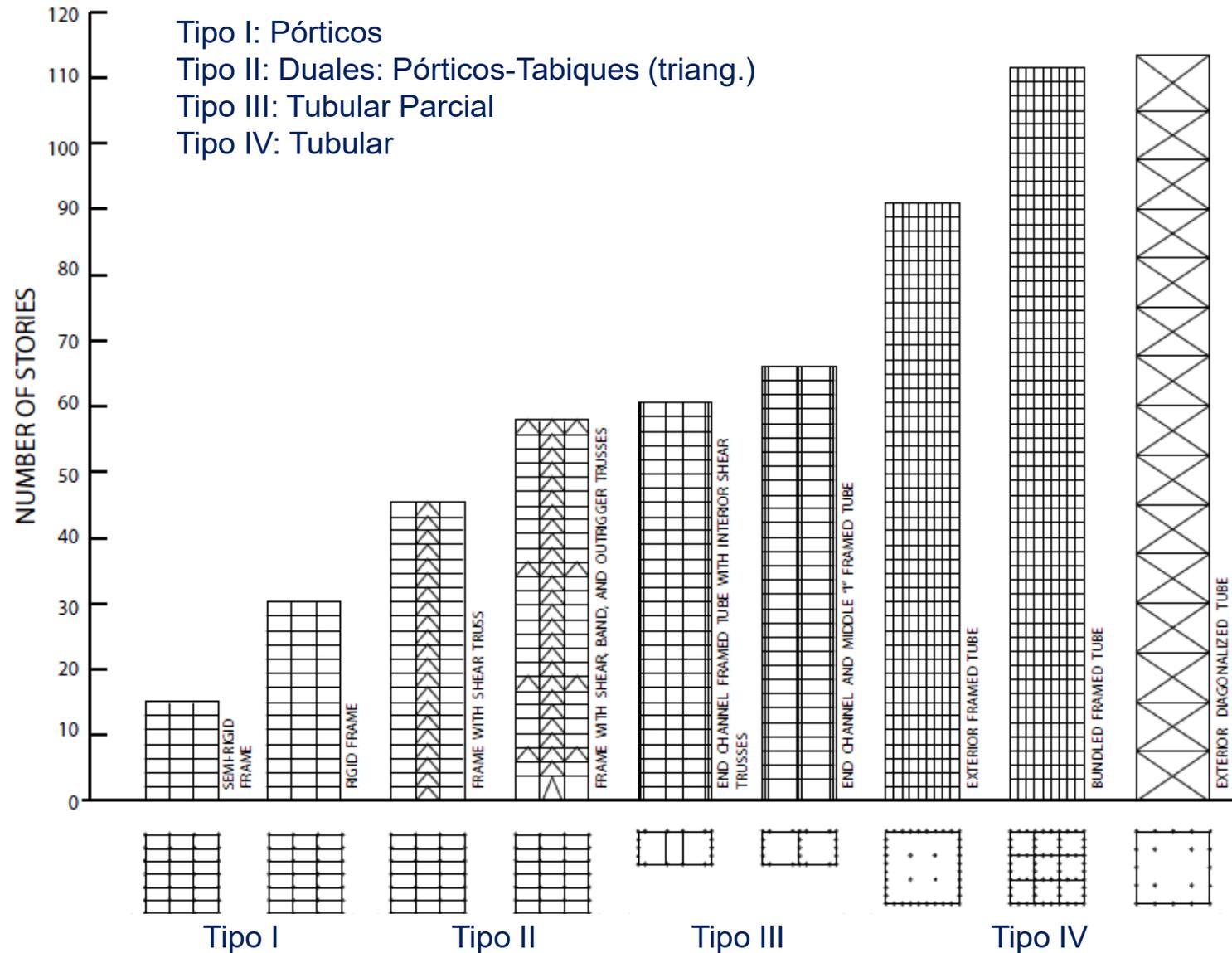


# MEGAESTRUCTURAS

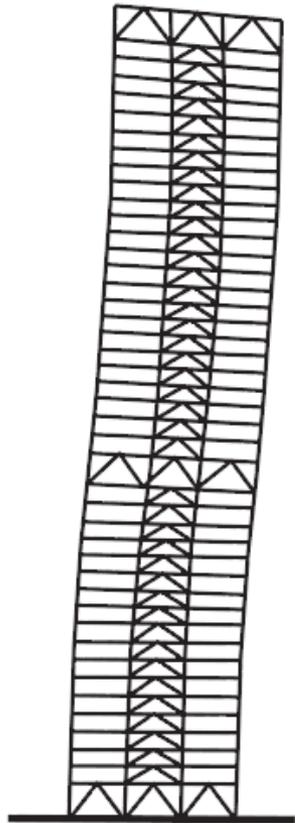
## Estabilidad con tensores (outrigger)



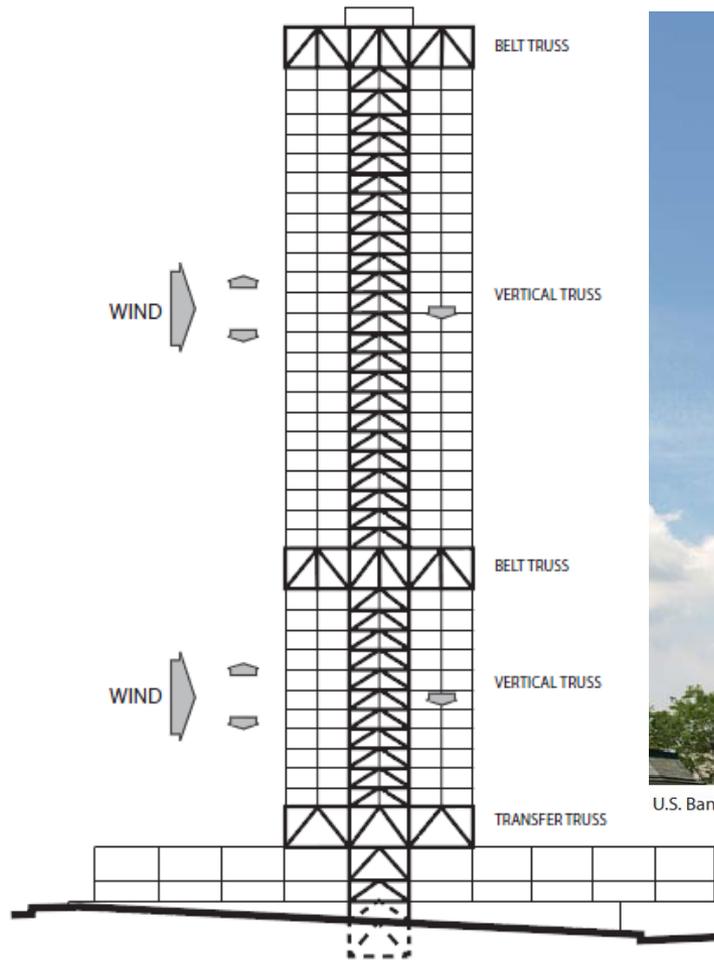
# MEGAESTRUCTURAS



# MEGAESTRUCTURAS



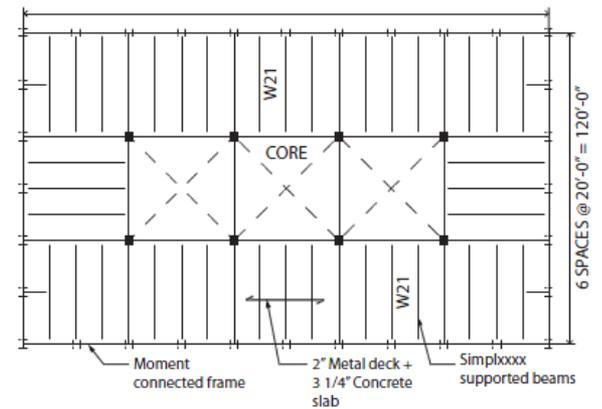
Behaviour under lateral forces



East-West section showing lateral load resisting trusses



U.S. Bank Center, Wisconsin. © Marshall Gerometta/CTBUH





# TRIANGULACIONES Y PÓRTICOS



HOTEL ARTS-SOM



TURNING TORSO –  
MALMO - CALATRAVA



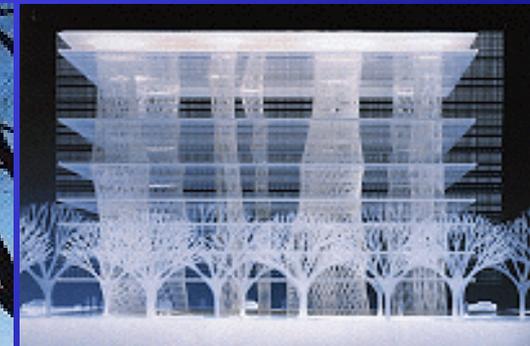
IBM BUILDING - PITTSBURGH



HONG KONG BANK



THE BOW -  
DALLAS

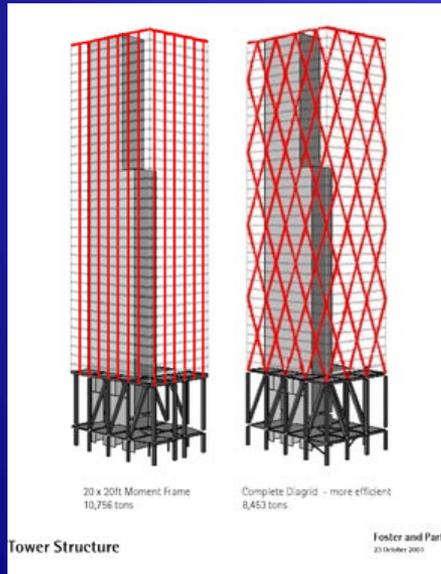


MEDIATECA DE  
SENDAI – TOYO ITO

# TRIANGULACIONES



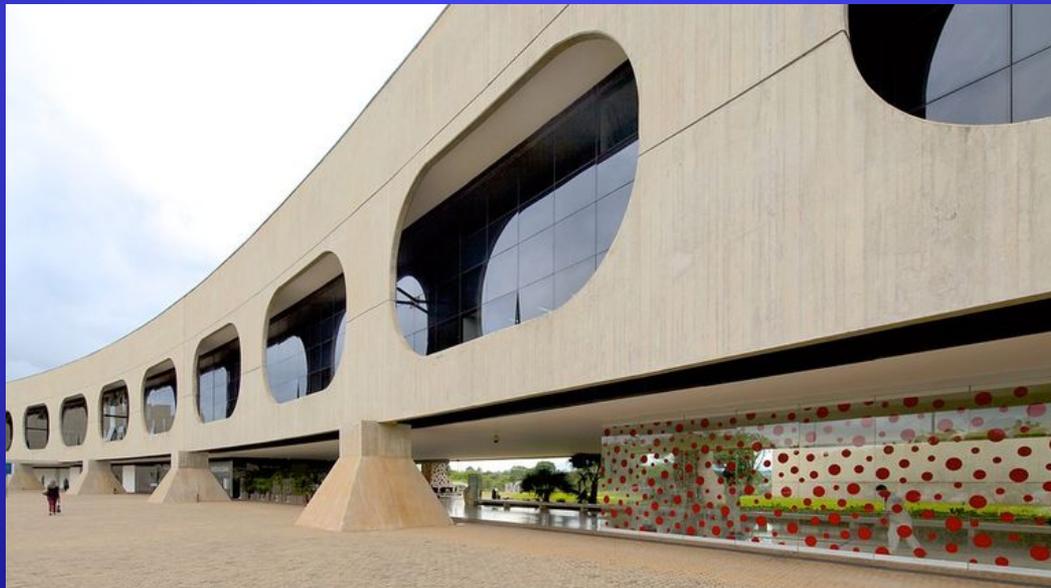
## CCTV – TRIANGULACIONES NO UNIFORMES



## HEARST TOWER – TRIANGULACIONES UNIFORMES

# USO DE SOFTWARE

## VIGAS RETICULADAS O VIGAS VIERENDEEL



## SOFTWARE

RAM Advanse - VIERENDEEL1.adv

Archivo Ver Herramientas Cargas Procesar Reportes Módulos Configuración Ayuda

Propiedades de diseña / Análisis / Verificación de diseña /

Nudos | Miembros | Placas | Areas | Gen

xy

Restricciones

Nudo	TX	TY	TZ	RX	RY	RZ
1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cargas

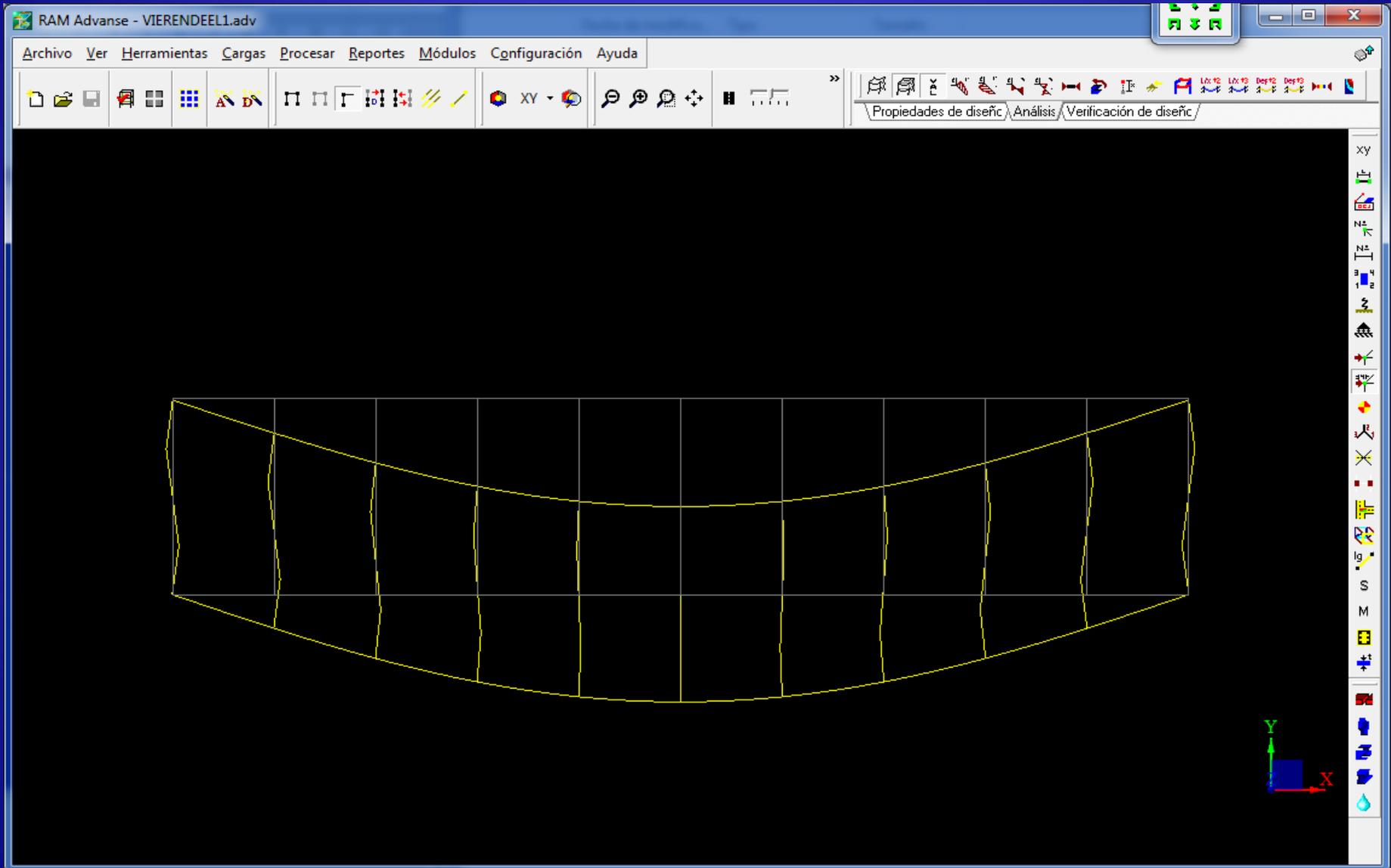
— Puntuales - Nudos

Y

X

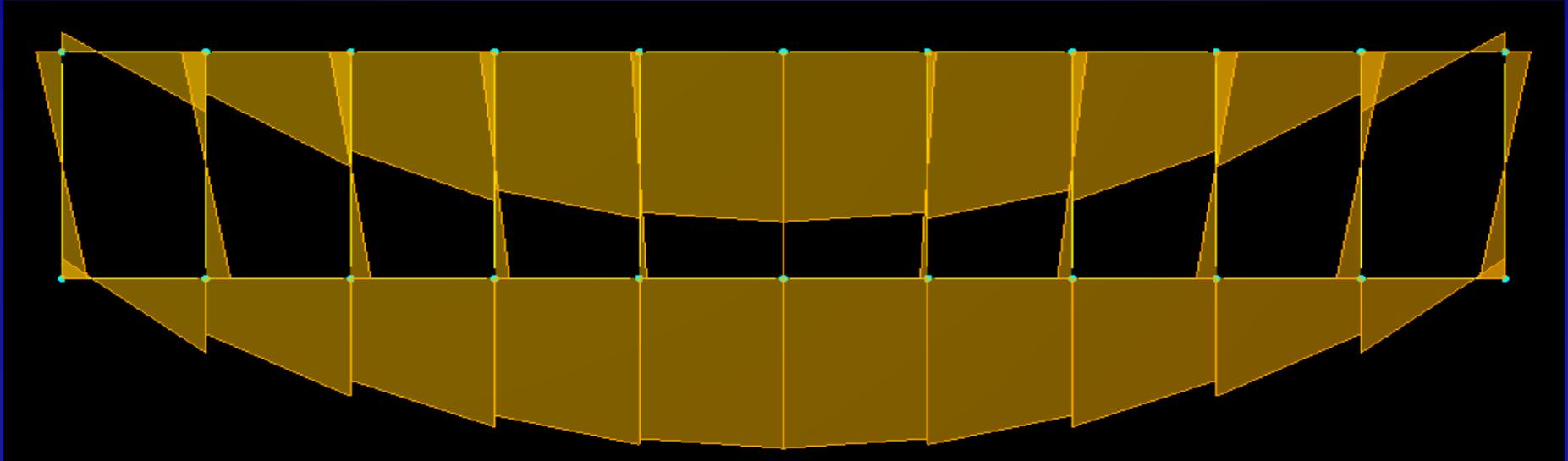
Modelo Completo

## SOFTWARE

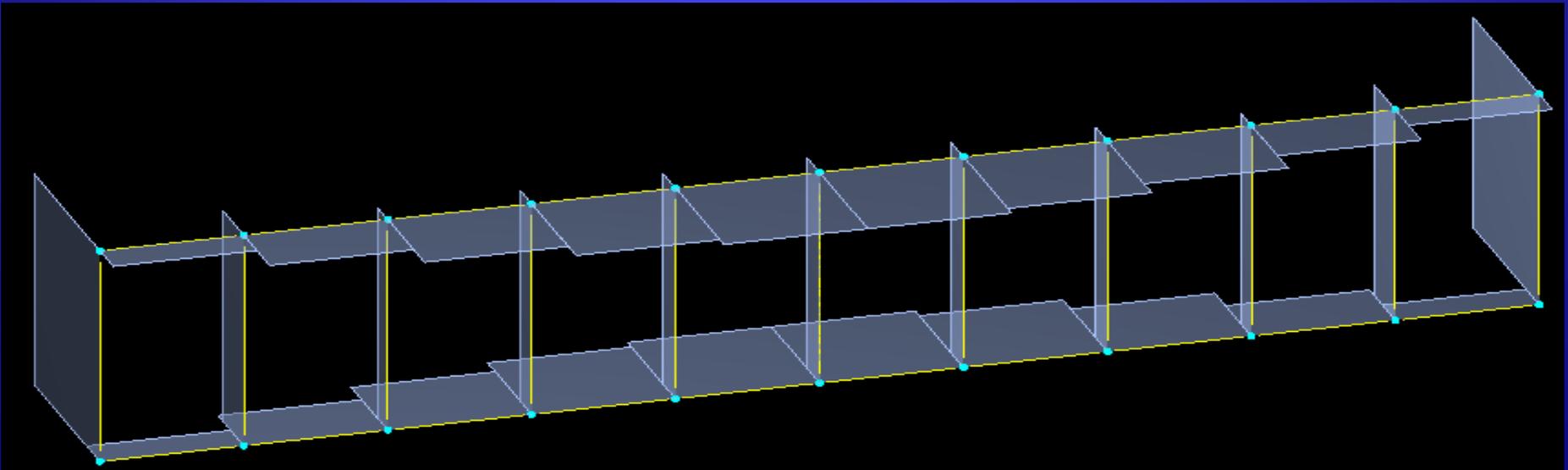


Deformada

## SOFTWARE



**Momento Flector**



**Esfuerzos Normales**

## SOFTWARE

**Cordones Gruesos  
Montantes Finos**

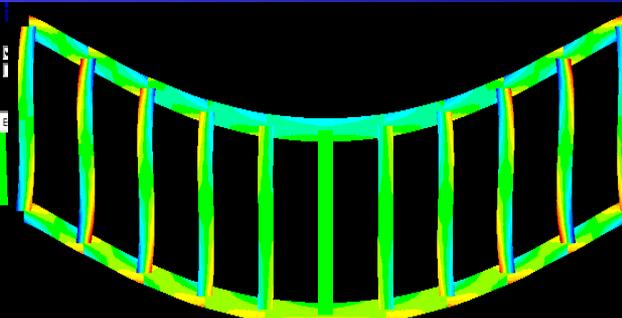
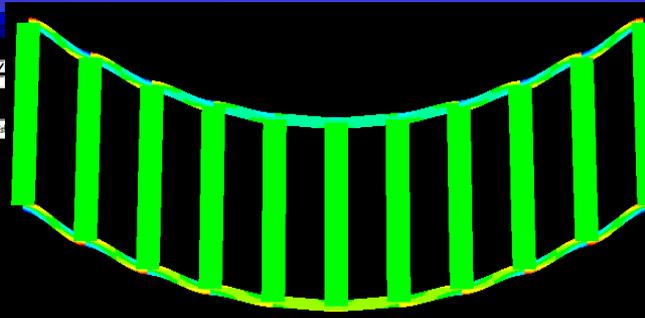
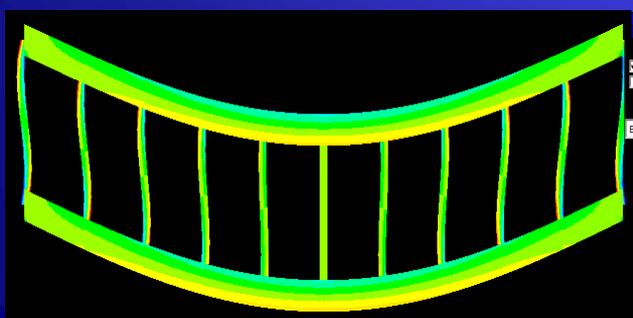
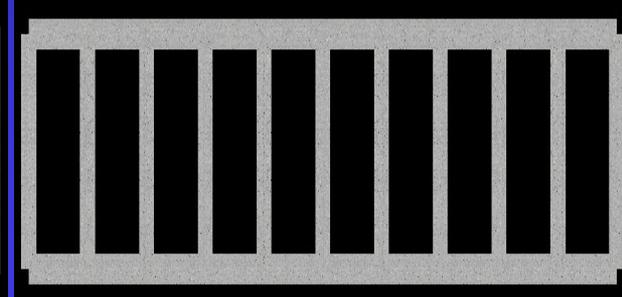
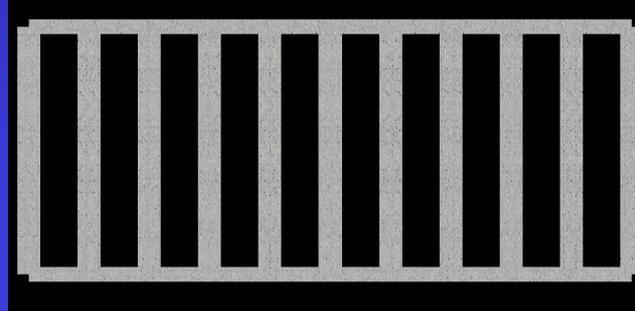
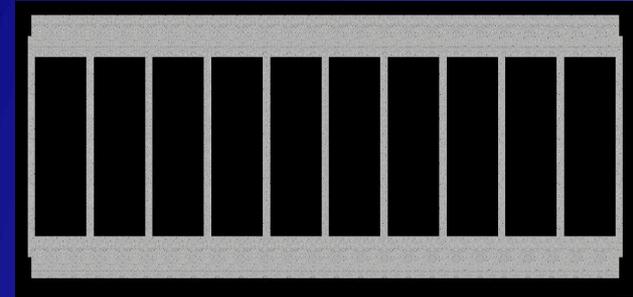
**Cordones Finos  
Montantes Gruesos**

**Cordones y  
Montantes Similares**

**Geometría**

**Deformada**

**Tensiones**



## SOFTWARE

**Cordones Gruesos  
Montantes Finos**

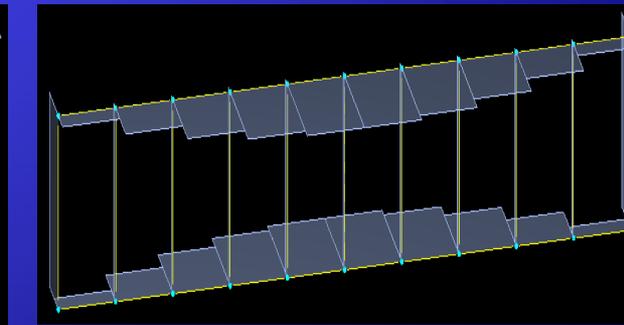
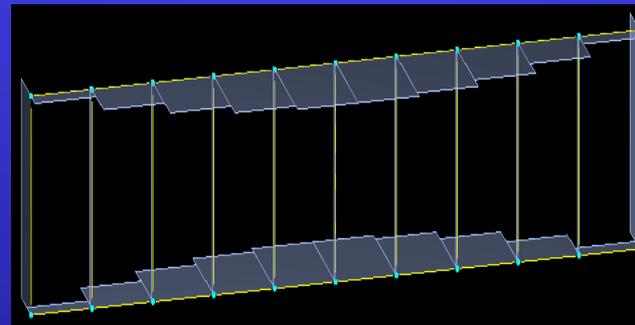
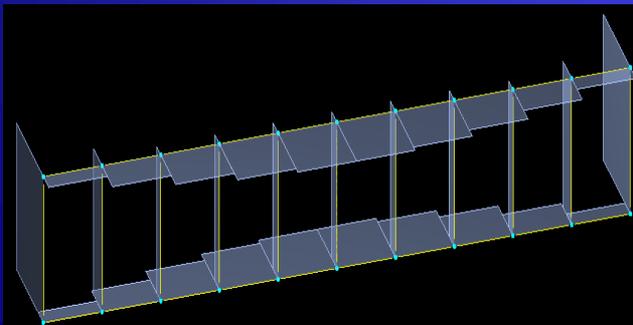
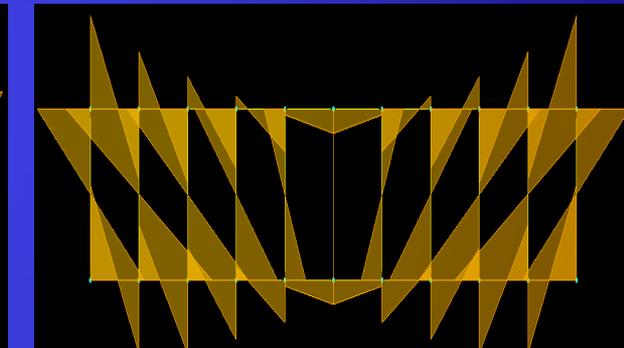
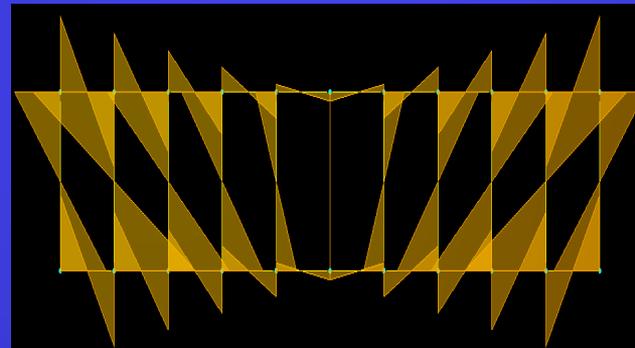
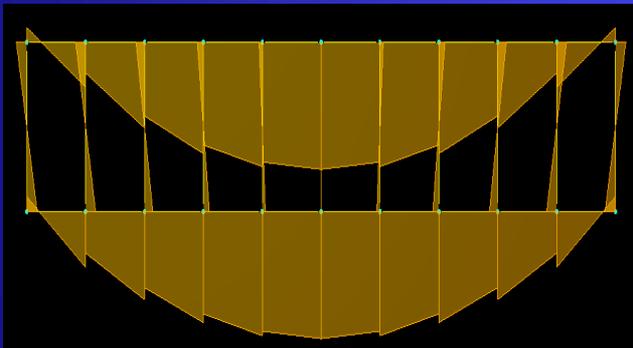
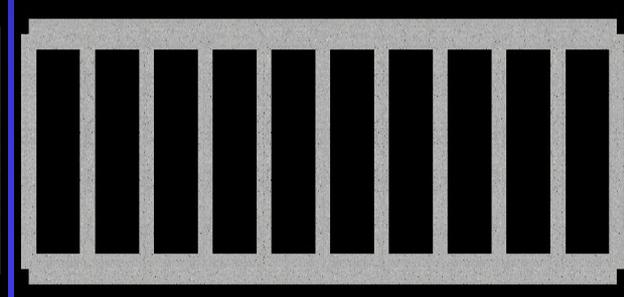
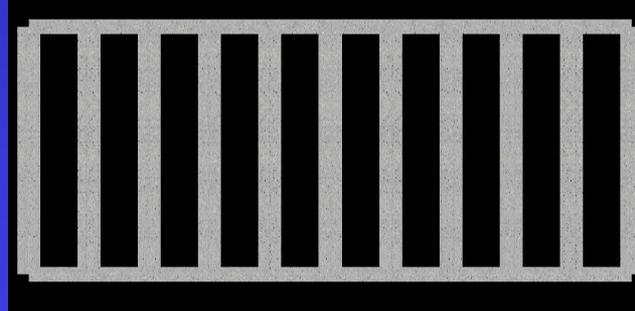
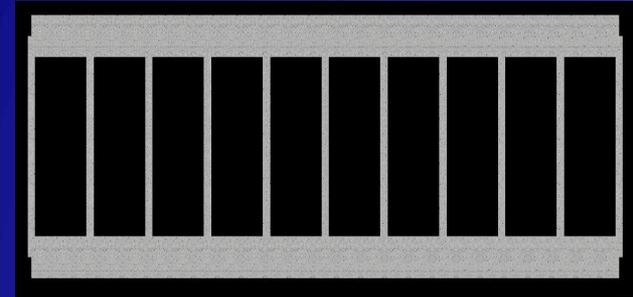
**Cordones Finos  
Montantes Gruesos**

**Cordones y  
Montantes Similares**

**Geometría**

**Momento Flector**

**Esfuerzos Normales**





**“DISEÑO ESTRUCTURAL”**  
**SISTEMAS VERTICALES**  
**ESTRUCTURAS DE TRANSICIÓN**  
**MEGAESTRUCTURAS**

**FIN**