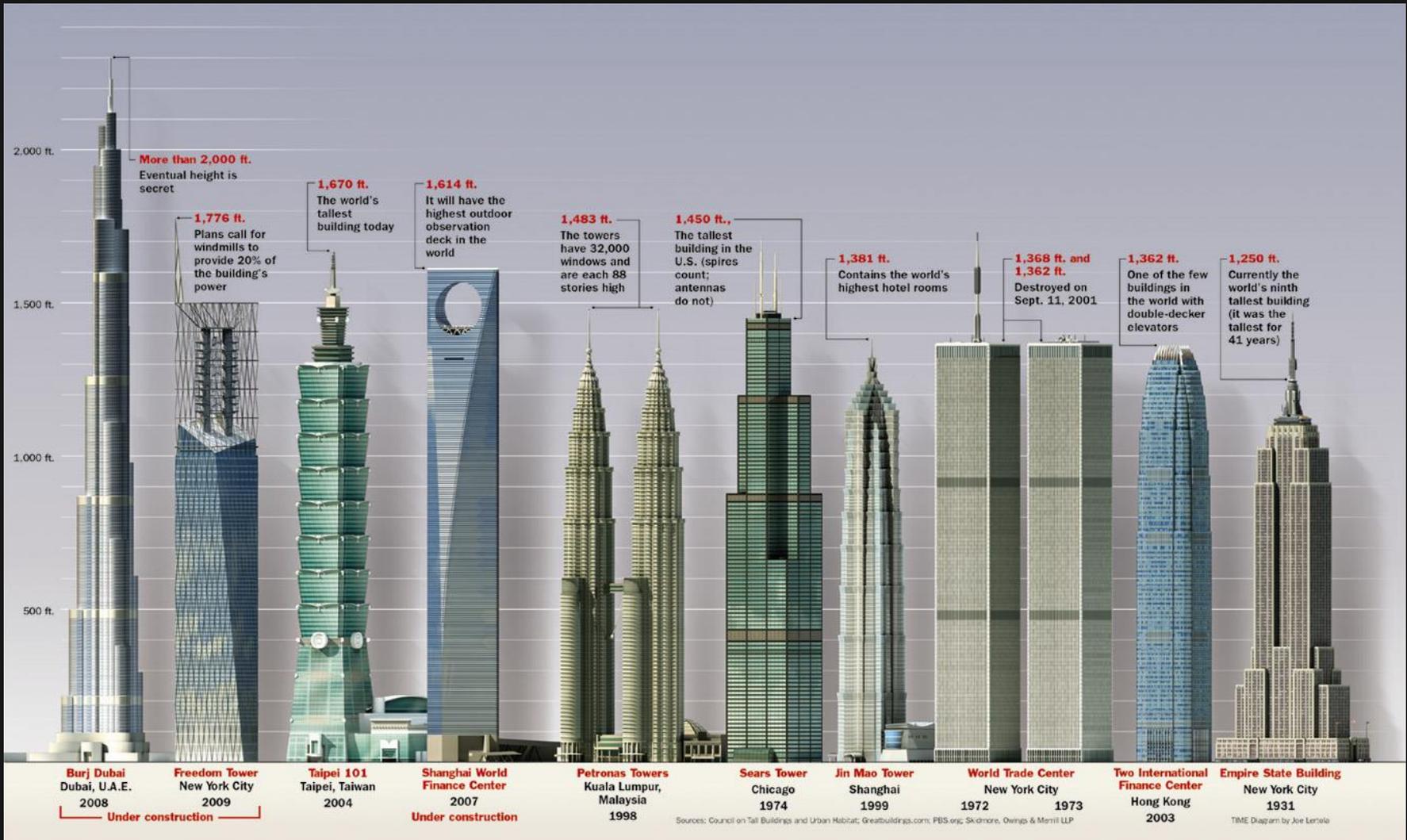


EDIFICIOS EN ALTURA



EDIFICIOS EN ALTURA



TIPOLOGIAS

EDIFICIOS EN ALTURA

CLASIFICACIÓN POR ALTURA

Edificios de Baja Altura: hasta 12/15 pisos
(algunos indican hasta 35 metros de altura)

Edificios de Gran Altura: entre 12/15 y 50 pisos
(algunos indican más de 35 metros)

Rascacielos: más de 50 pisos

ESTRUCTURAS PARA CARGAS HORIZONTALES

- ◆ Edificios muy altos ($h > 100\text{m}$)
 - Tubos
 - Tubo en tubo
 - Tubos Activados
 - Sistemas de compensación de deformaciones

EDIFICIOS TORRE

Edificio John Hancock Center

Con 100 plantas y 344 m de alto, tiene una concepción estructural íntimamente ligada al proyecto arquitectónico que permite visualizar claramente su función y el camino de las cargas, podría tomarse como un claro ejemplo de sencillez y belleza estética logradas a través de la visualización de la estructura.



EDIFICIOS TORRE

Burj Khalifa (828 metros, 163 pisos)

Dubay
El edificio mas alto del mundo en la actualidad, 828m.



EDIFICIOS TORRE



BurjDubaiSkyscraper.com
Imre Solt - 2007 ©



BurjDubaiSkyscraper.com
Imre Solt - 2007 ©



EDIFICIOS TORRE



El Taipei 101 (con 101 pisos) es el Edificio mas alto de la actualidad

El Edificio Taipei 101, construido en el año 2004, es, hasta hoy, el edificio más alto del mundo. Se alza **509 metros** desde el suelo y tiene 101 pisos de alto.

Elemento tipo péndulo ubicado en terraza



EDIFICIOS TORRE

Torres Sears de Chicago

4) La Torre Sears de Chicago

442 metros con 108 pisos de altura. Fue construido en el año 1974, y sobrepasó al World Trade Center de Nueva York, convirtiéndolo en el edificio más alto en los Estados Unidos.



EDIFICIOS TORRE

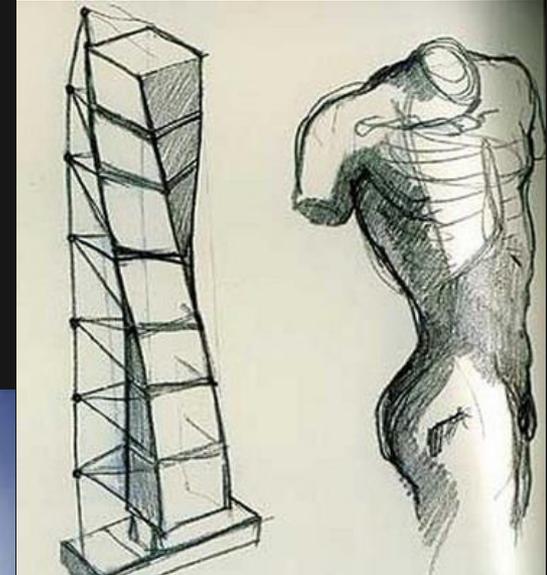
Burj al-Arab (en árabe Torre de los Árabes) es un hotel que se encuentra en la ciudad de Dubai (Emiratos Árabes Unidos).



EDIFICIOS TORRE

Turning Torso

Situada en el puerto oeste de Malmö, cerca del puente sobre el estrecho de Oresund, que une Suecia con Dinamarca



EDIFICIOS TORRE

**Edificio 7^a Av, cerca C.Park,
NY**

Se puede apreciar la configuración de una estructura simple de reticulado espacial que posibilita la absorción de cargas horizontales incorporando las paredes al sistema estructural resistente



EDIFICIOS TORRE

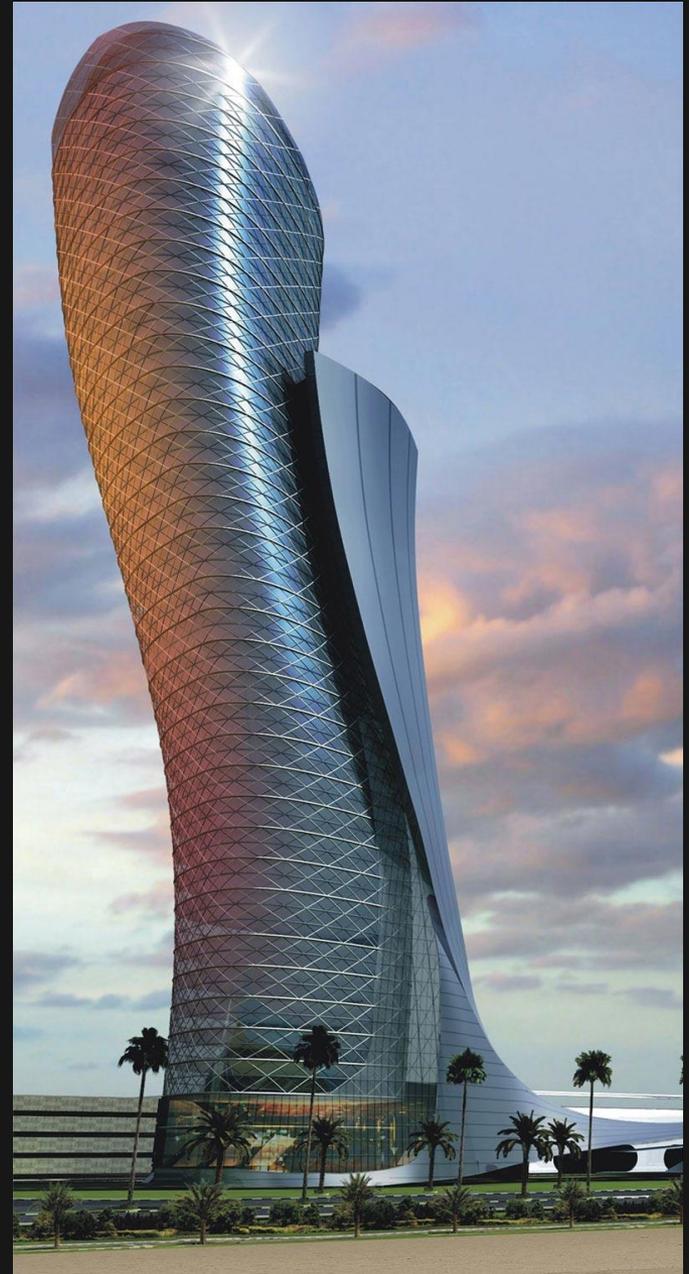
Estructura reticular en fachadas



EDIFICIOS TORRE

CAPITAL GATE – ABU DHABI

**35 PLANTAS
INCLINACION 18°**



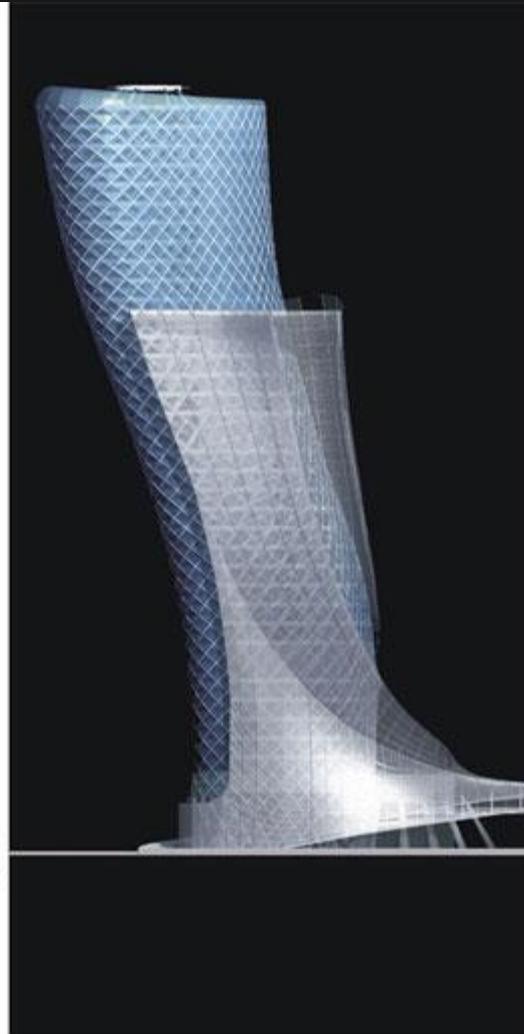
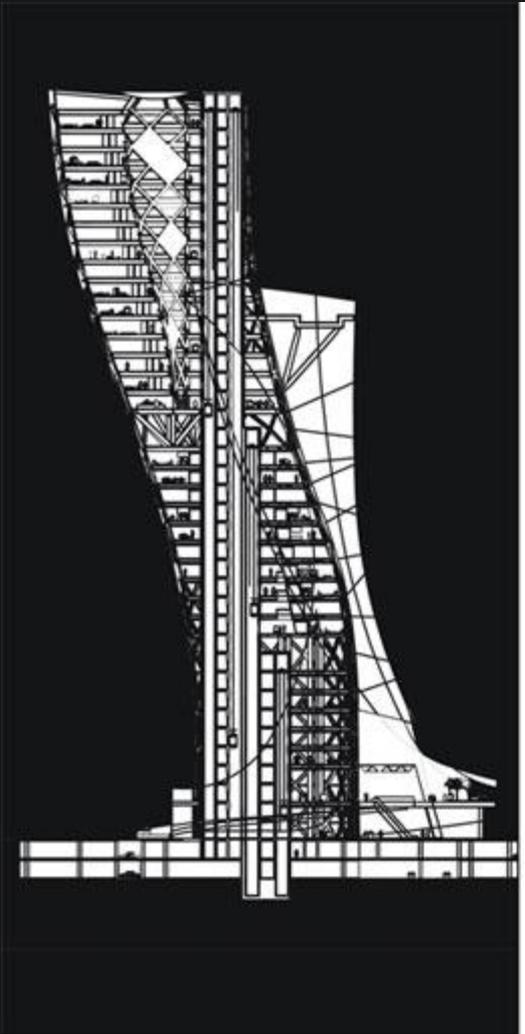
EDIFICIOS TORRE

CAPITAL GATE – ABU DHABI

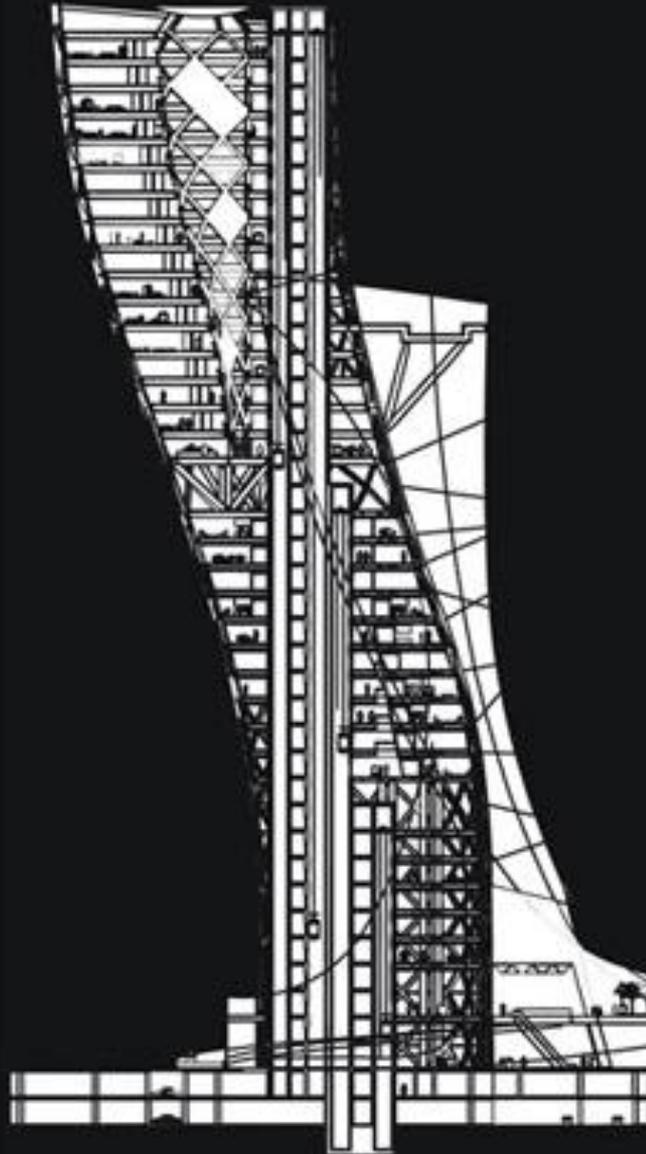


EDIFICIOS TORRE

CAPITAL GATE – ABU DHABI



EDIFICIOS TORRE



MATERIALES

Edificios de Hormigón

- La construcción comienza más rápido que en el caso del acero
- La construcción avanza más lento
- Las columnas son menos resistentes que las de acero y ocupan más lugar
- Mejor comportamiento propio frente al fuego
- Presentan mayor rigidez propia

Edificios de Acero

- La construcción requiere un período de fabricación en taller.
- La construcción avanza más rápido que las de hormigón
- Menores secciones de columnas
- Requiere protección frente al fuego
- Menor rigidez propia que las estructuras de hormigón

Edificios Mixtos

- Entrepisos mixtos (vigas de acero con placas de hormigón)
- Columnas mixtas (exterior de chapa e interior de hormigón)
- Núcleos de hormigón y columnas metálicas

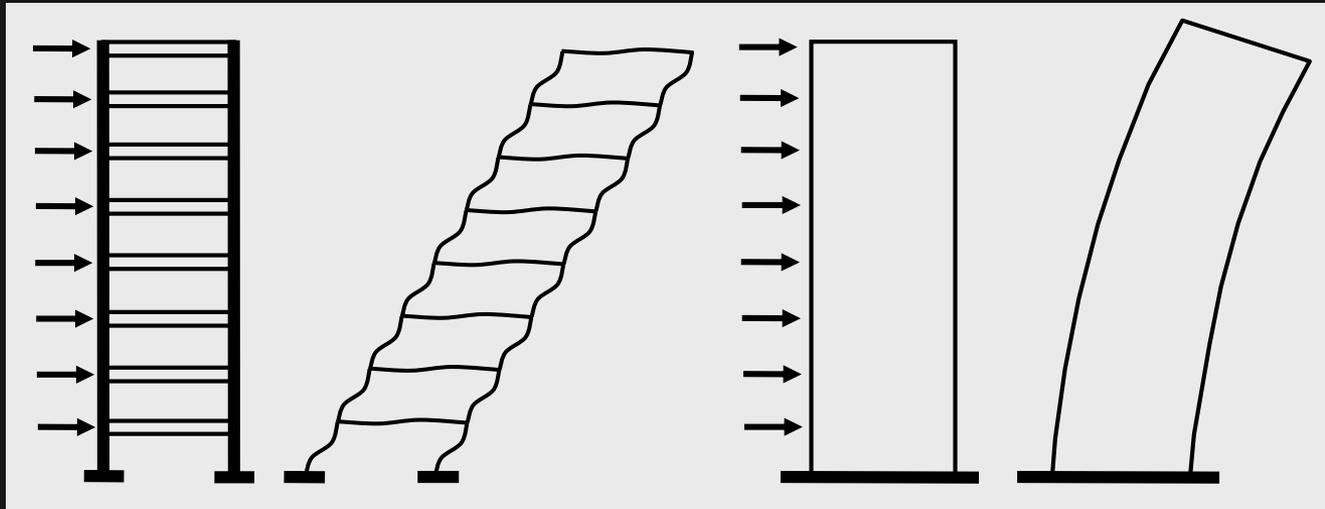
CONTROL DE OSCILACIONES

Recurso	Tipo	Consiste en	Comentarios
Modificar el Diseño Aerodinámico	Pasivo	Mejorar las propiedades aerodinámicas para minimizar los efectos del viento	Tratamiento de ángulos vivos, agregado de aberturas
Modificar Propiedades de la Estructura	Pasivo	Aumentar la masa del edificio para reducir la relación de masas entre el aire en movimiento y la edificación	Aumenta mucho el costo del edificio
		Incrementar la rigidez o la frecuencia de la estructura	Uso de triangulación, vinculación entre unidades resistentes y/o aumento de secciones
Agregar Amortiguadores	Pasivo	Aumentar el nivel de amortiguamiento agregando materiales con capacidad de disipar energía	SD, SJD, LD, FD, VED, VD, OD
		Agregar sistemas de masa auxiliares para incrementar el nivel de amortiguamiento	TMD, TLD
	Activo	General fuerzas de control en base a fuerzas de inercia para minimizar la respuesta al viento	AMD, HMD, AGS
		Generar fuerzas de control aerodinámicas para minimizar la respuesta al viento	Rotores, jets, accesorios aerodinámicos
		Cambiar de la rigidez estructural en tiempo real para evitar la resonancia	AVS

SD: Steel Damper ; SJD: Steel Joint Damper ; LD: Lead Damper ; FD: Friction Damper ; VED: Visco-Elastic Damper ; VD: Viscous Damper ; OD: Oil Damper ; TMD: Tuned Mass Damper ; TLD: Tuned Liquid Damper ; AMD: Active Mass Damper ; HMD: Hybrid Mass Damper ; AGS: Active Gyro Stabilizer ; AVS: Active Variable Stiffnes

RESISTENCIA A ACCIONES LATERALES UNIDADES ESTRUCTURALES ELEMENTALES

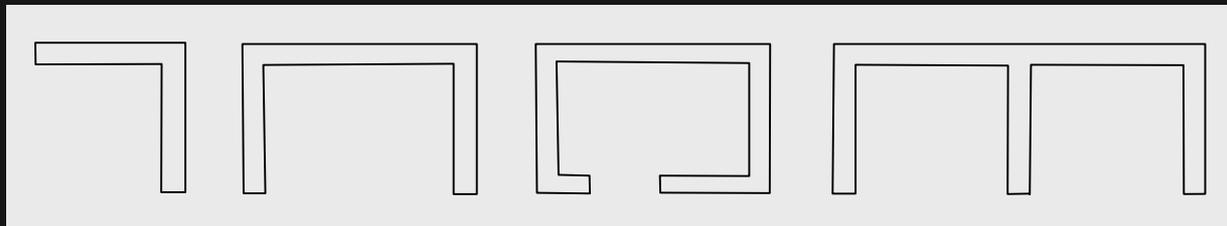
Pórticos, Pantallas y Núcleos - Deformaciones



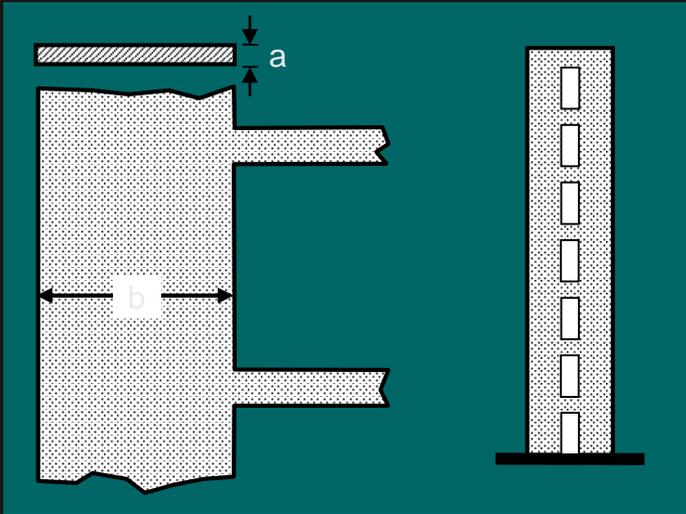
Modo Cortante

Modo Flexional

Secciones Transversales de Núcleos

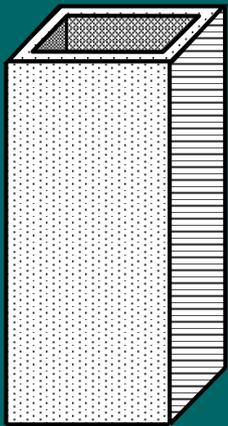


PAREDES DE CORTE Ó TABIQUES y TUBOS Ó NÚCLEOS

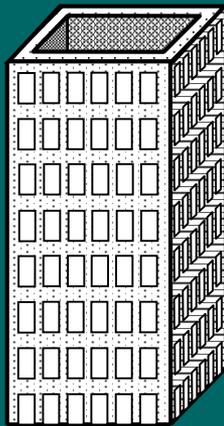


Paredes de Corte ó Tabiques

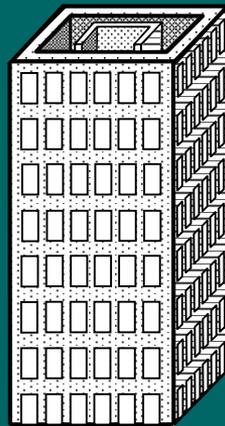
- Relación “ b / a ” grande (en gral mayor que 5)
- Espesores mínimos de “ a ” menores que en columnas
- “ b ” suele ser constante en toda la altura del edificio
- “ a ” suele ser mayor en los pisos inferiores
- “ b ” suele ser significativa respecto a la altura de piso
- Aberturas para ventanas en fachadas y puertas en elementos internos



Tubo
Ciego



Tubo
Calado



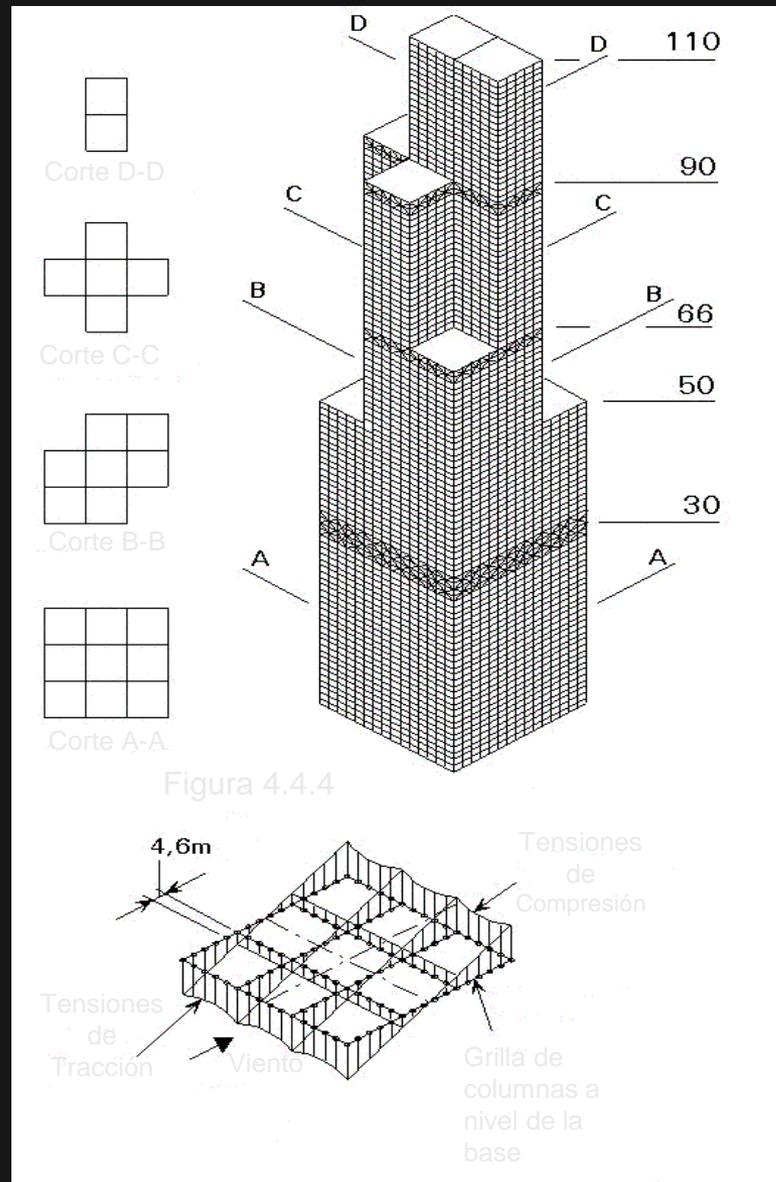
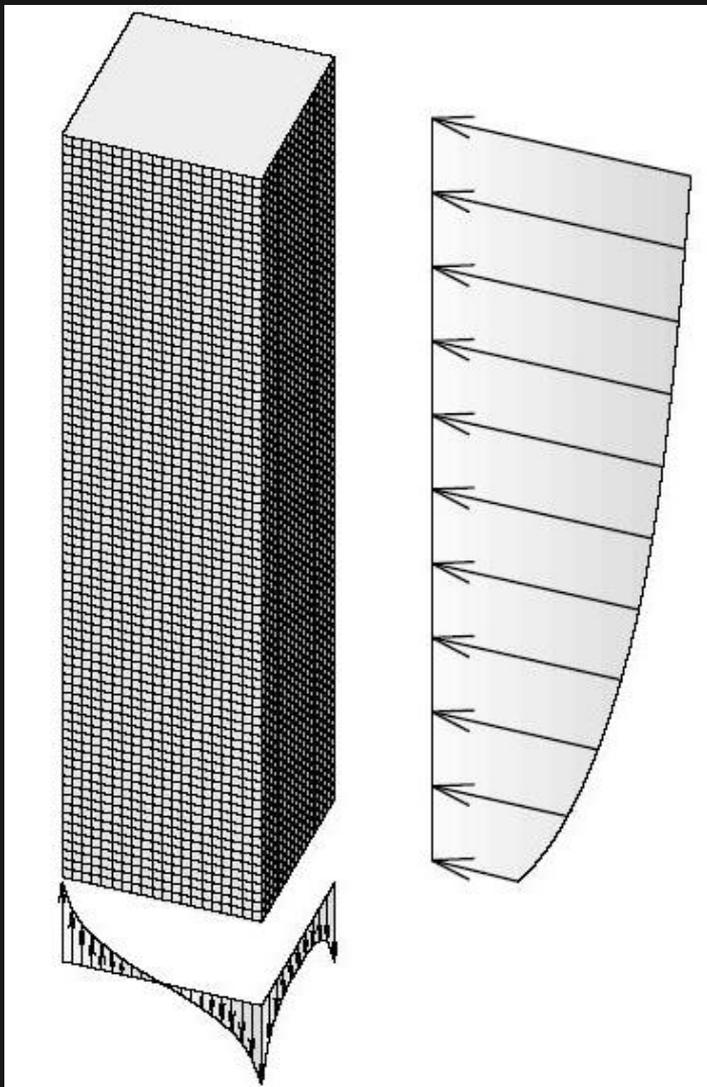
Tubo
en Tubo

Tubos ó Núcleos

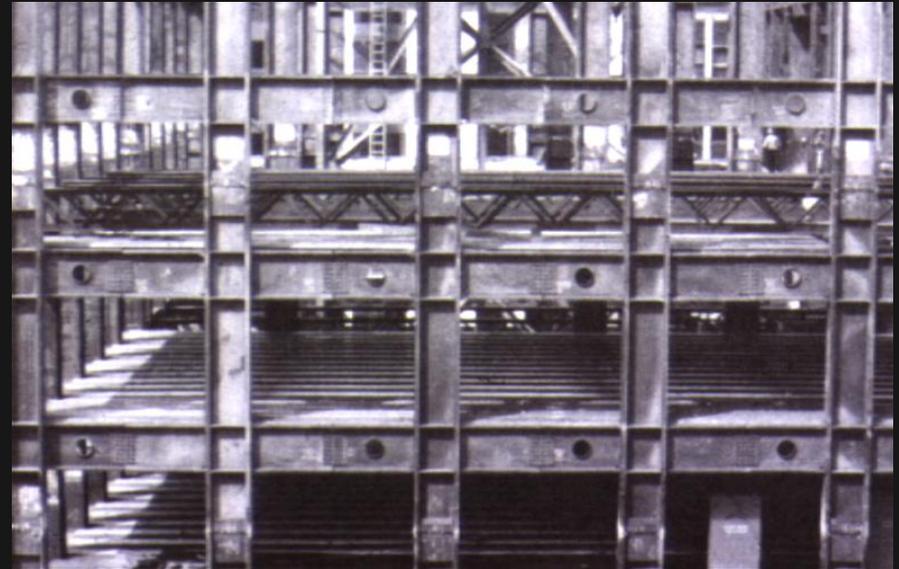
- Arreglos de tabiques con aristas en común con rigidez y resistencia torsional

PAREDES DE CORTE Ó TABIQUES y TUBOS Ó NÚCLEOS

Pérdida o Arrastre de Cortante

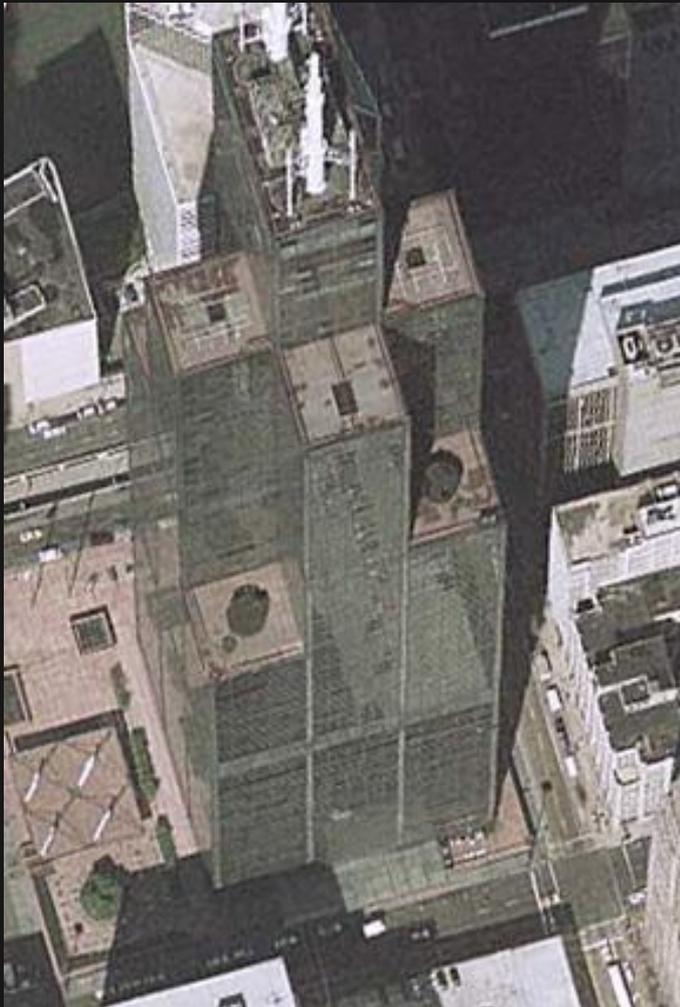


PAREDES DE CORTE ó TABIQUES y TUBOS ó NÚCLEOS



Torre Sears (1974), 110 pisos, 443 metros de altura, $\text{Altura} / \text{Ancho} = 6.4$

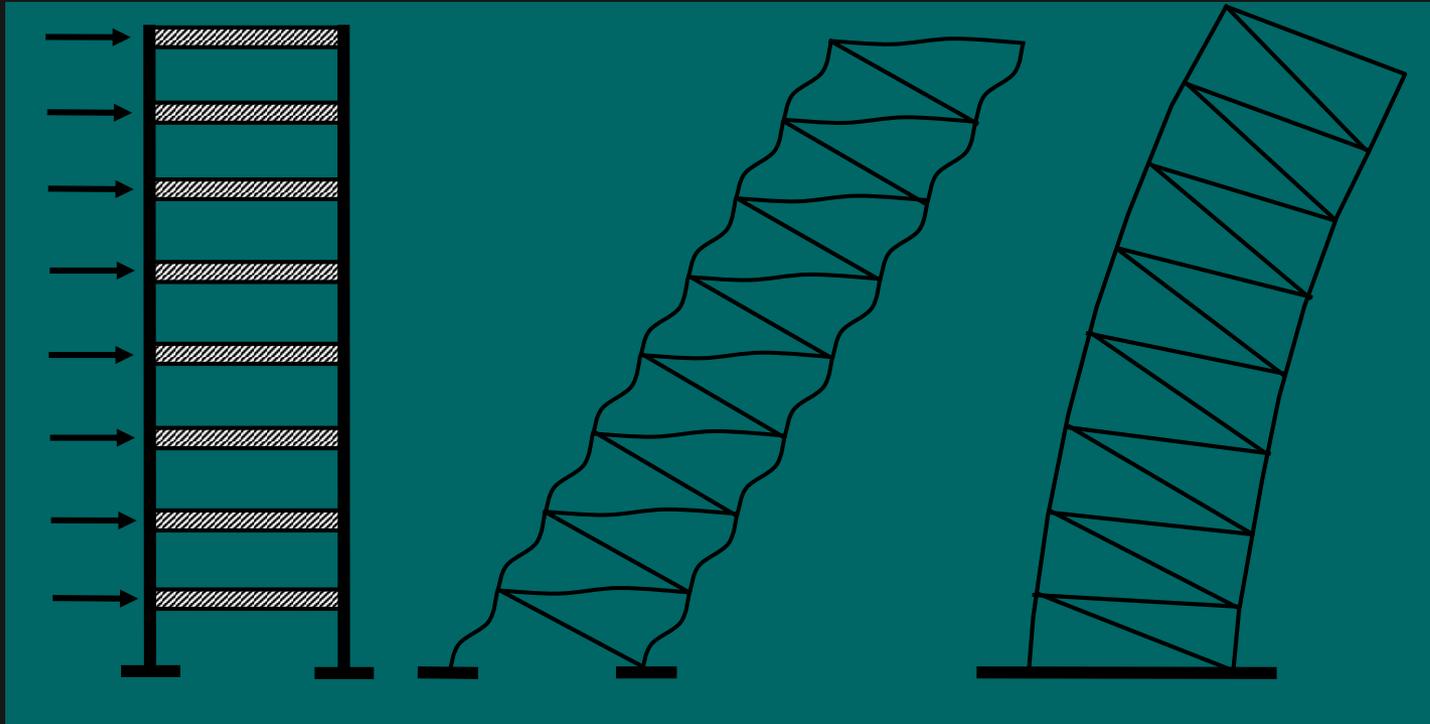
PAREDES DE CORTE ó TABIQUES y TUBOS ó NÚCLEOS



**Torre Sears (1974), 110 pisos,
443 metros de altura**



TRIANGULACIÓN



**Diagonales con
baja rigidez axial**

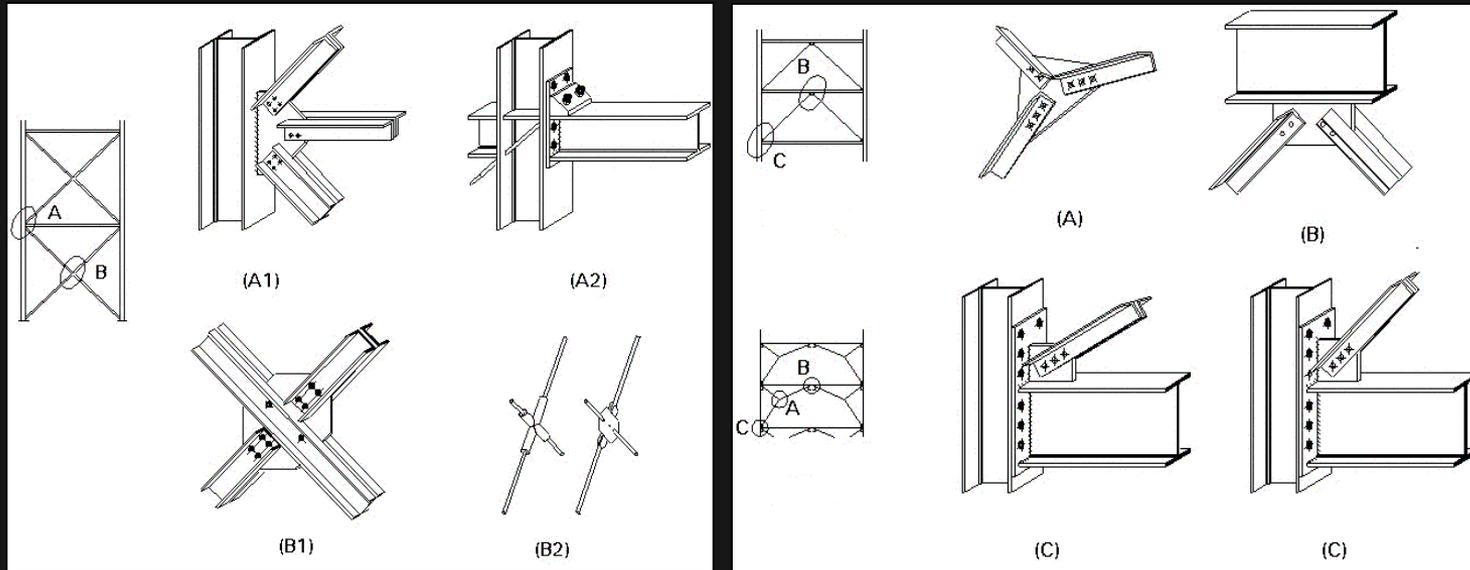
**Diagonales con
gran rigidez axial**

**Deformada
Cortante**

**Deformada
Flexional**

Activación de Axiales en Columnas

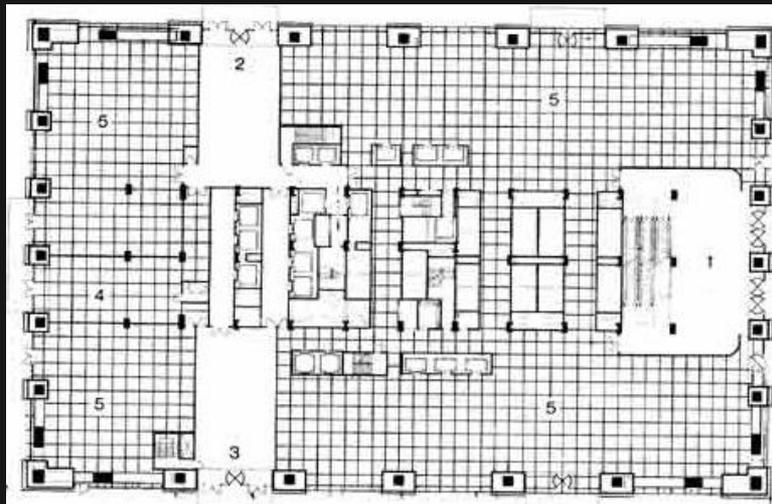
TRIANGULACIÓN



Dificultades Constructivas

Dificultades con cerramientos

TRIANGULACIÓN



**John Hancock Center (1969), Chicago
100 Pisos, Altura: 344 metros**

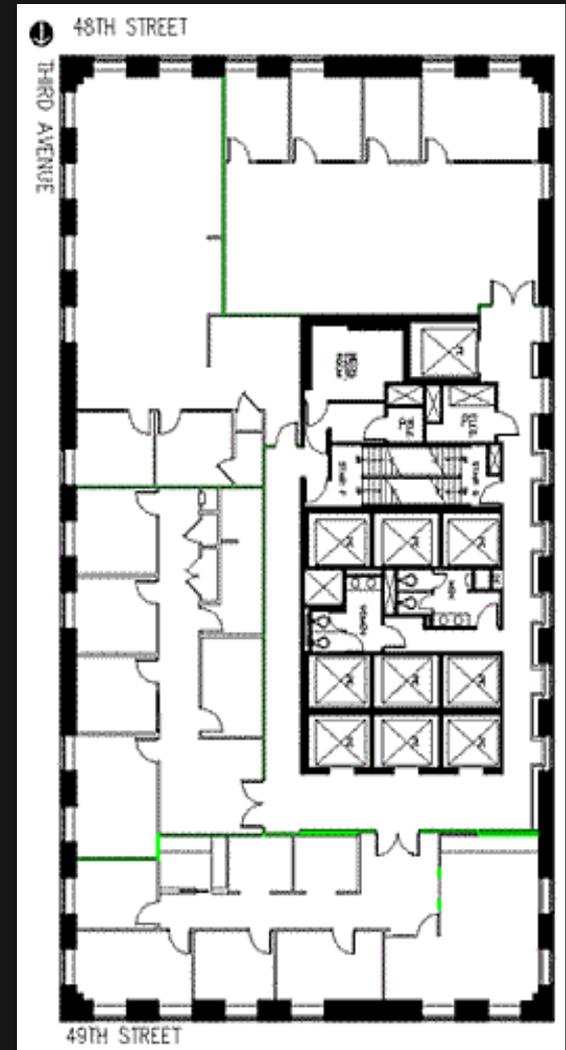
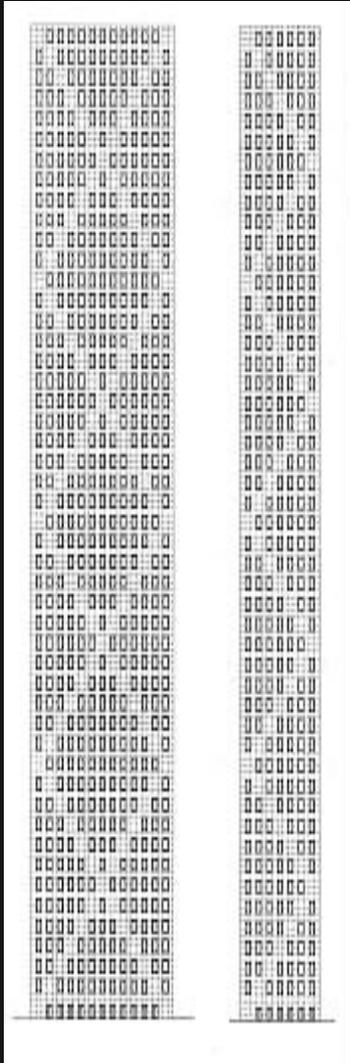
TRIANGULACIÓN



Dificultades con cerramientos y detalles constructivos complejos

**John Hancock Center (1969), Chicago
100 Pisos, Altura: 344 metros**

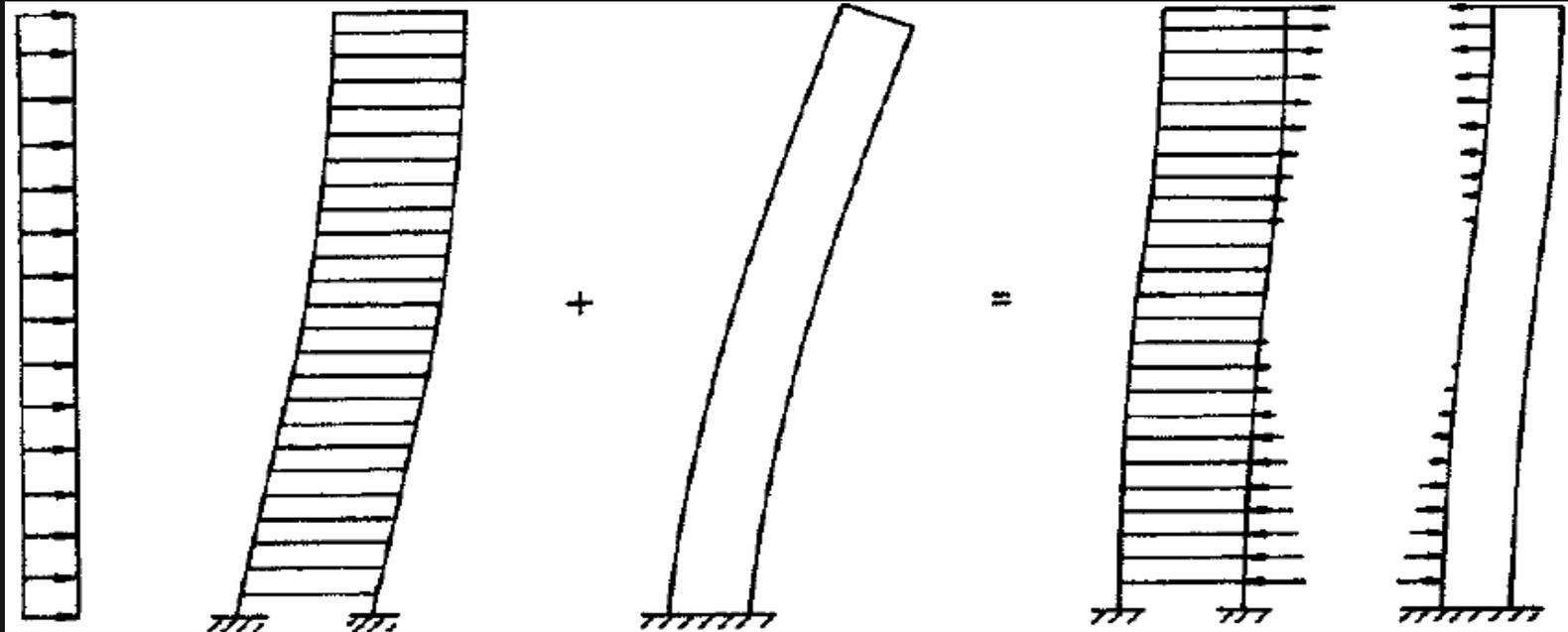
TRIANGULACIÓN



780 Third Avenue (1969), Nueva York
50 Pisos, Altura: 174 metros

SISTEMAS ESTRUCTURALES

SISTEMAS CON PÓRTICOS Y PANTALLAS



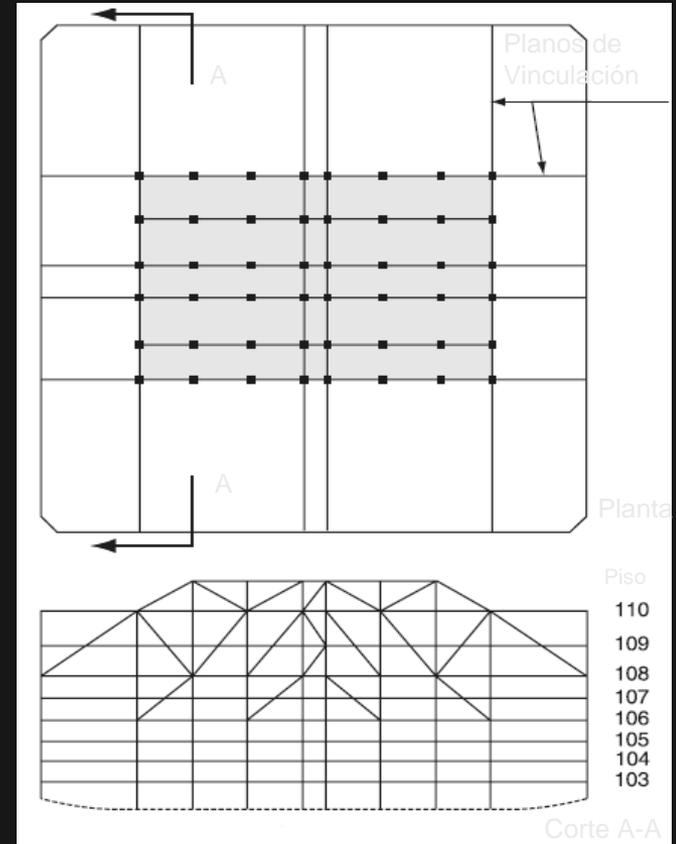
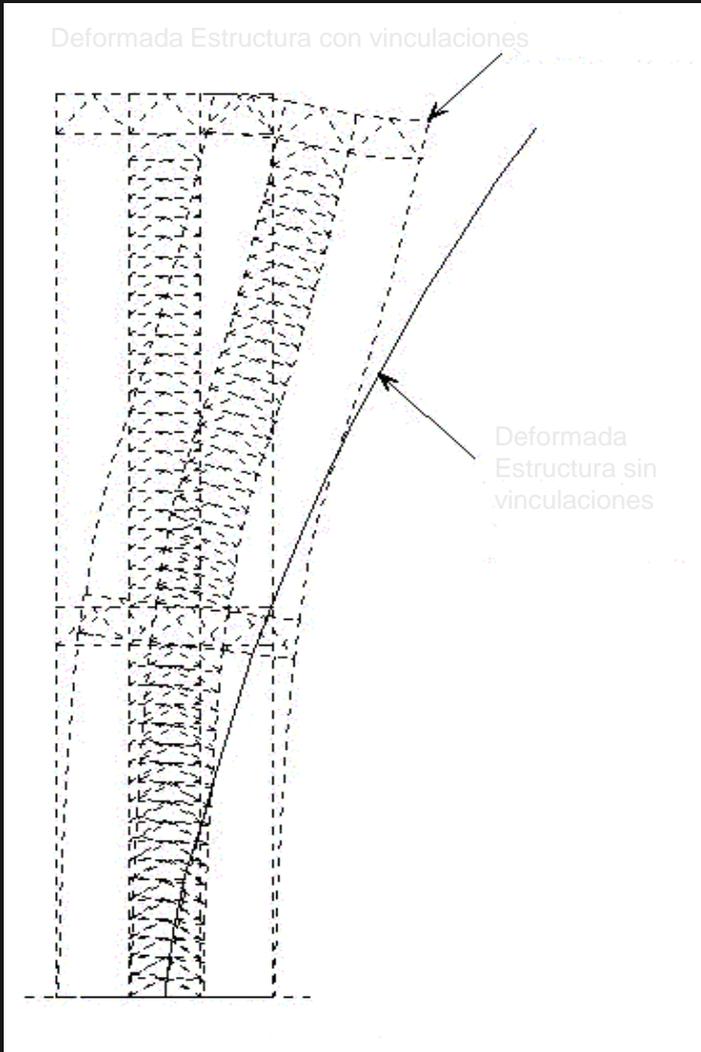
SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistemas Estabilizados (Outrigger Systems)



SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistemas Estabilizados (Outrigger Systems)

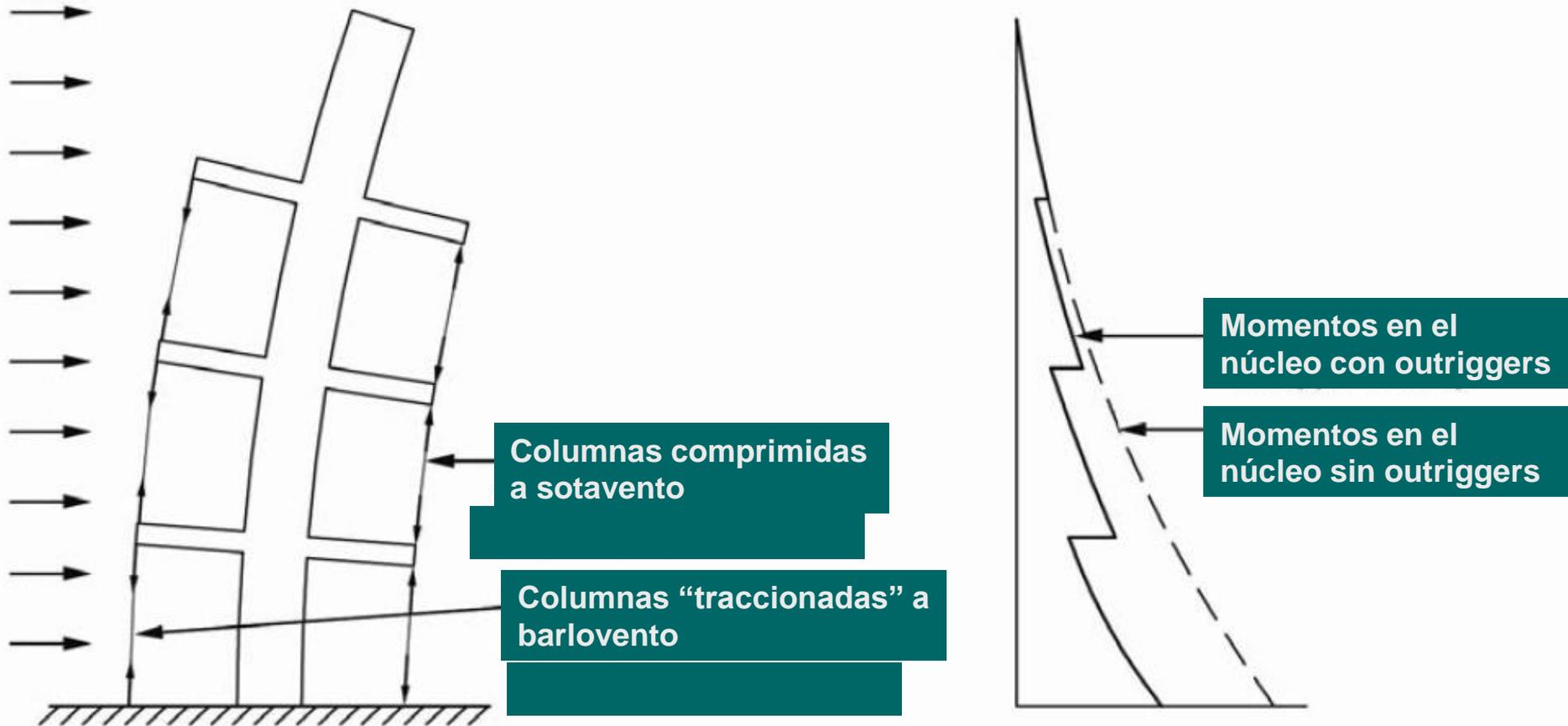


World Trade Center

Activación axial de elementos del perímetro

SISTEMAS ESTRUCTURALES

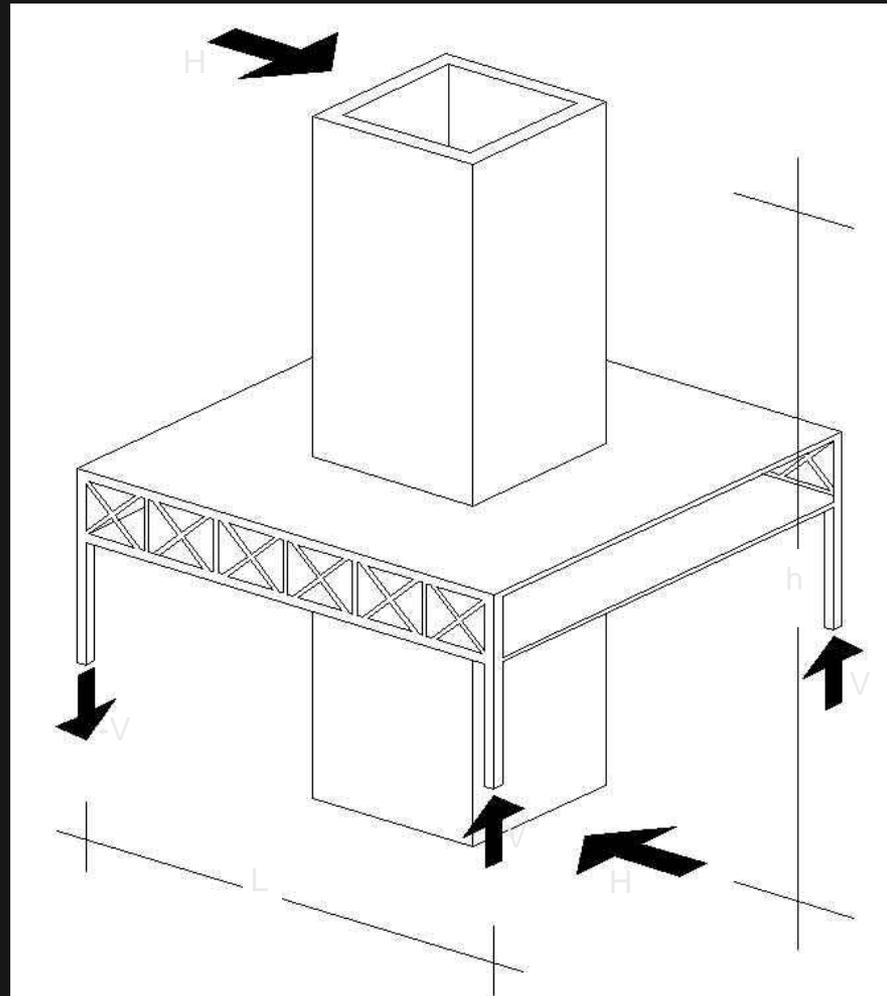
Sistemas Estabilizados (Outrigger Systems)



Activación axial de elementos del perímetro

SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistemas con Anillos o Bandas Perimetrales (Belt/Bandage Systems)



SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistemas con Anillos o Bandas Perimetrales (Belt/Bandage Systems)



Overseas Union Bank (1986), Singapur, 63 Pisos, Altura: 280 metros

SISTEMAS ESTRUCTURALES

Tubos Triangulados





Diagrids

Acrónimo (inglés) de

Diagonal

+

Grid

Primer Uso Conocido

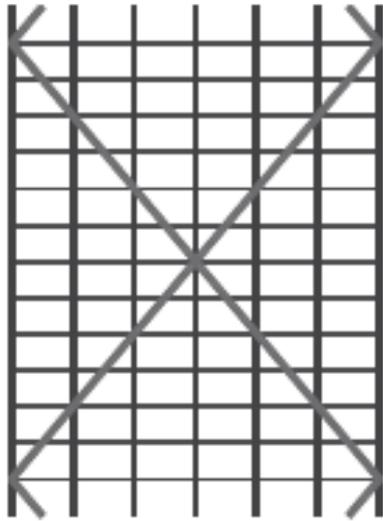
**Torre de Agua Shukhov
ubicada en Polibino, Rusia**

**Proyecto: Vladimir Shukhov
(1853-1939)**

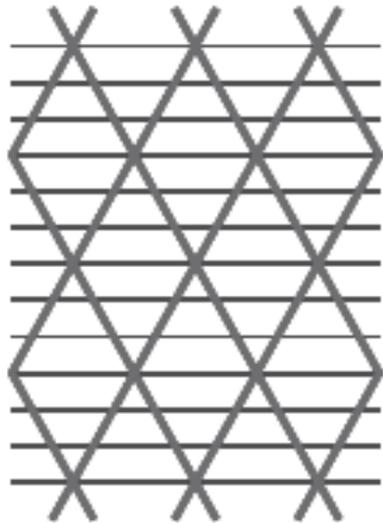
Construcción: 1897

**Torre hiperbólica de 37
metros de altura**

SISTEMAS ESTRUCTURALES



Tubo Triangulado

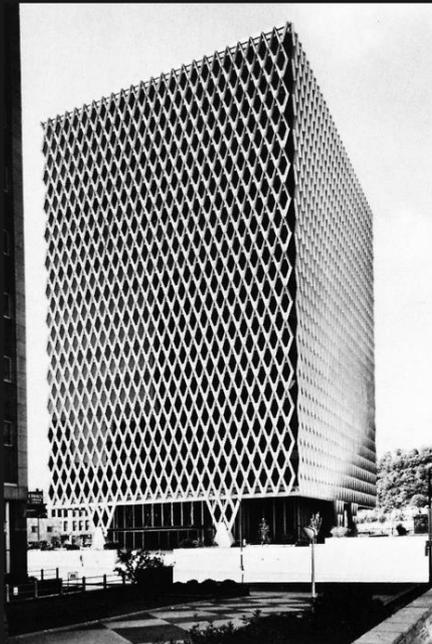


Diagrid

Diagrids

Acrónimo de

Diagonal
+
Grid



SISTEMAS ESTRUCTURALES

Diagrids



SISTEMAS ESTRUCTURALES

Diagrids

Swiss Re – Londres – 2004
40 Pisos (180 metros de altura)
Arquitecto: Norman Foster
Ingeniero: Aarup



SISTEMAS ESTRUCTURALES

Hearst Tower – Nueva York – 2006 - 46 Pisos (182 metros de altura) - Foster



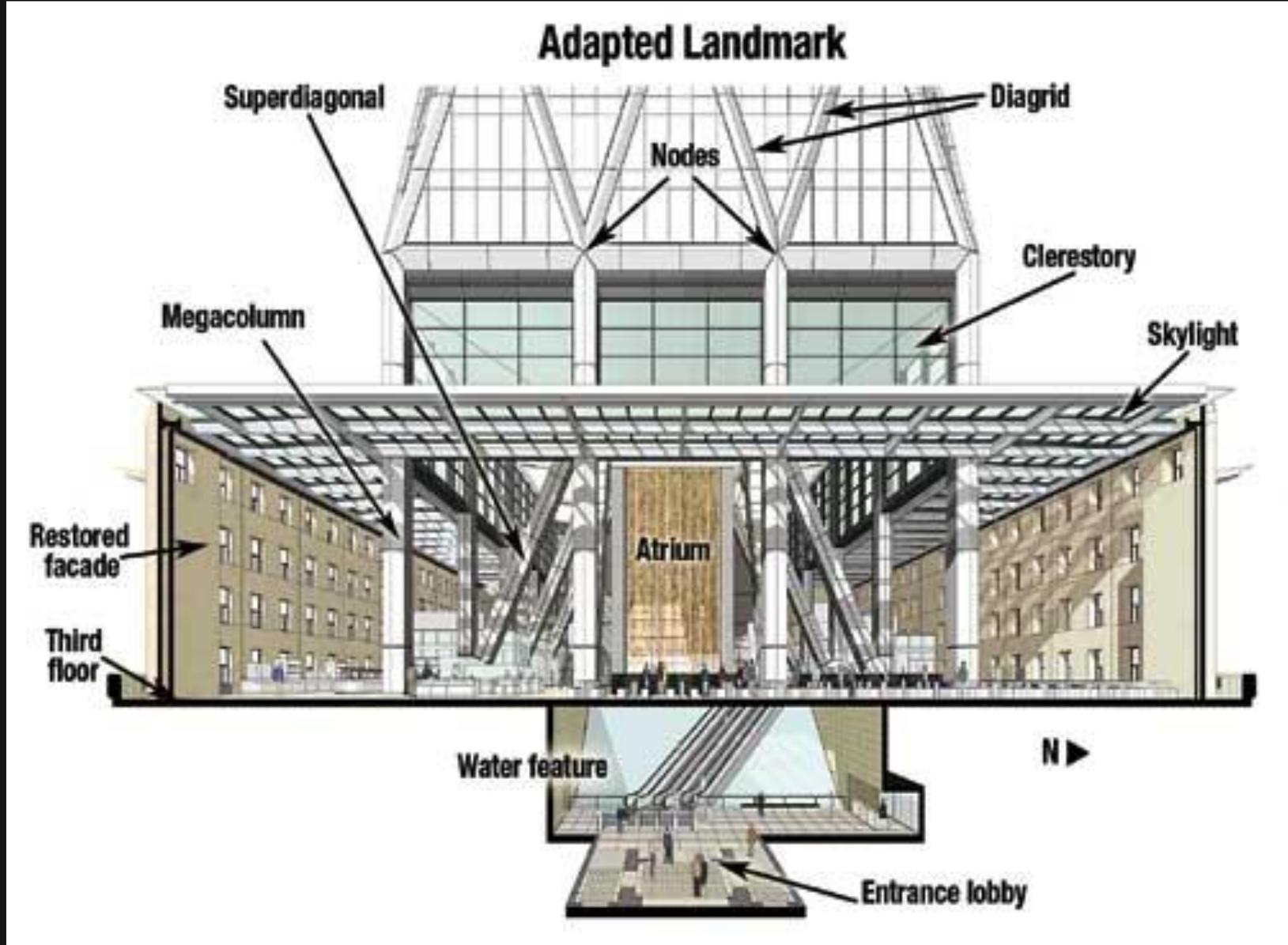
SISTEMAS ESTRUCTURALES



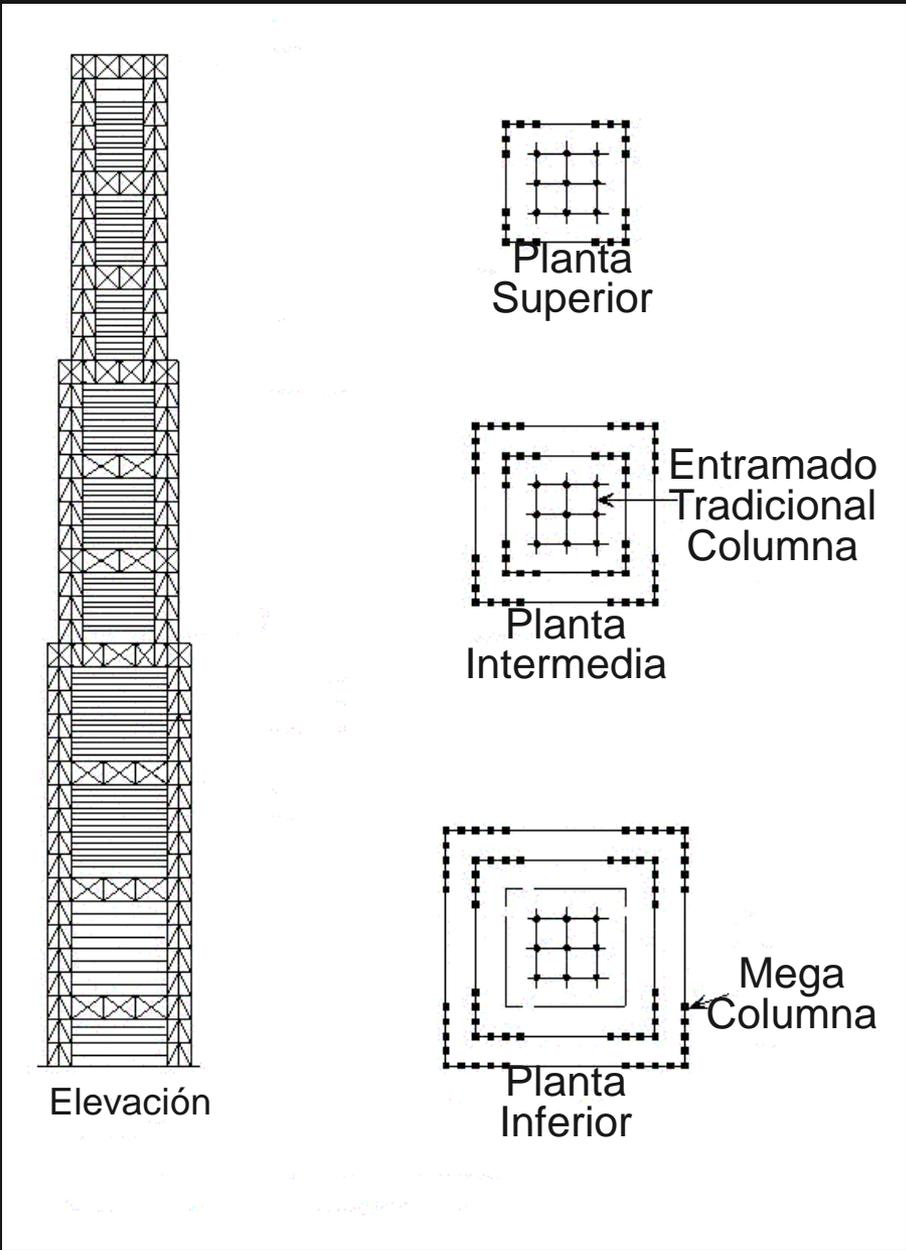
Hearst Tower – Nueva York
Año 2006
46 Pisos
182 metros de altura
Arq. Norman Foster

SISTEMAS ESTRUCTURALES

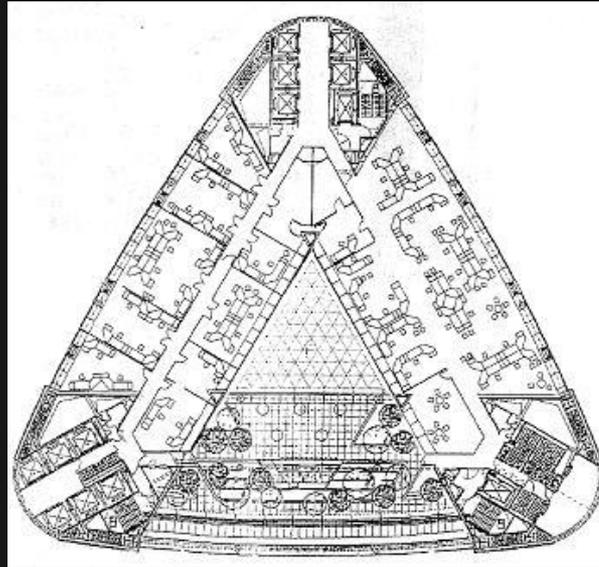
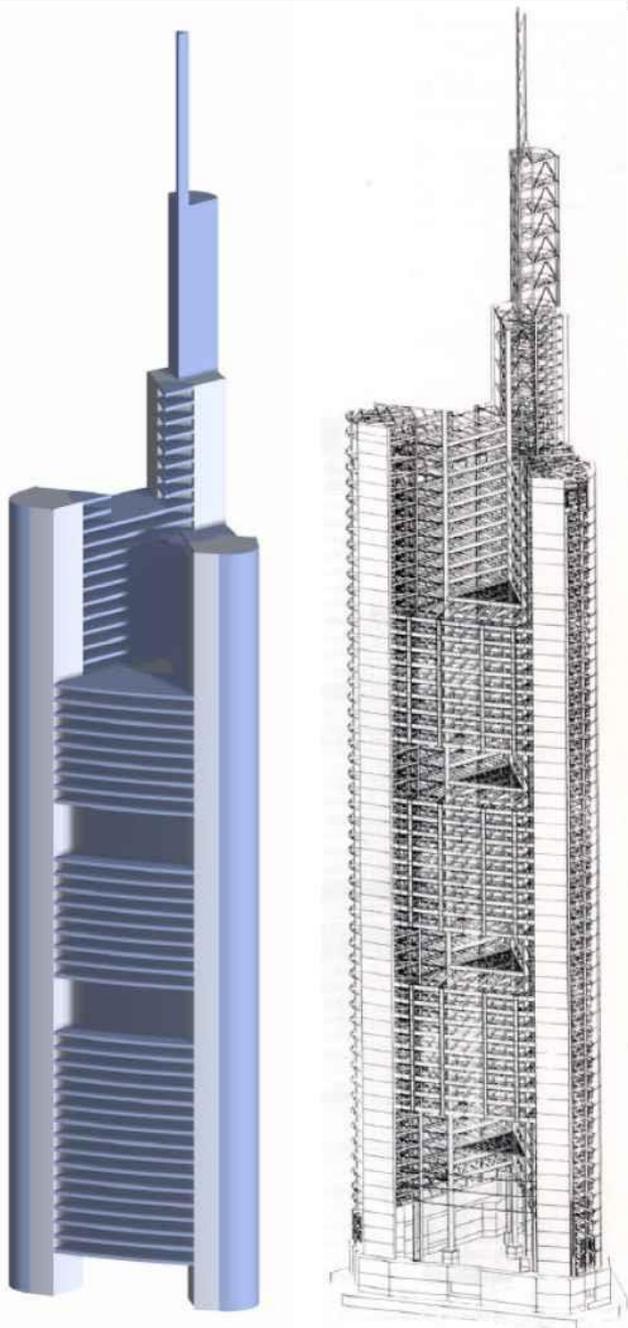
Hearst Tower – Nueva York – 2006 - 46 Pisos (182 metros de altura) - Foster



Mega-Pórticos (Megaframes / Superframes)



Commerzbank, (1997), Frankfurt, Alemania



Dinteles Vierendeel



Mega-Pórticos (Megaframes / Superframes)



Knights of Columbus Building (1970), New Haven

23 Pisos - Dinteles de Acero Cor-Ten

Apoyo en cilindros huecos de h° a $^{\circ}$ en las esquinas y en un núcleo central

Reticulados Espaciales (Spatial Truss)

Bank of China, Hong Kong (1990),
72 pisos, Altura: 367 metros

Pisos superiores articulados alrededor
de la columna central que desaparece
luego en el piso 25



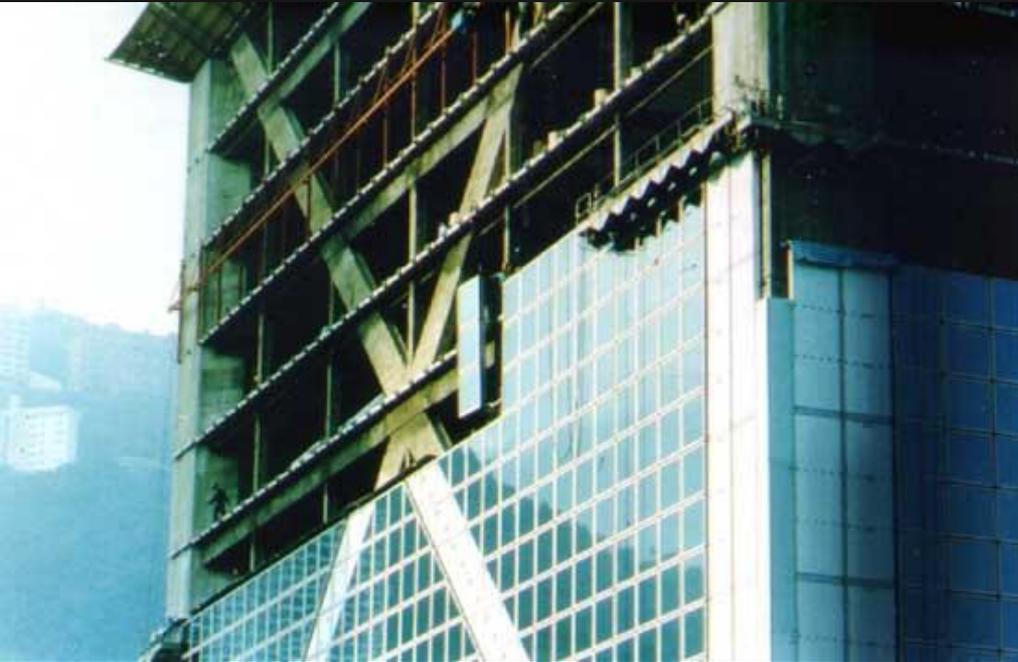
Reticulados Espaciales (Spatial Truss)

Bank of China, Hong Kong (1990),
72 pisos, Altura: 367 metros

Pisos superiores articulados alrededor
de la columna central que desaparece
luego en el piso 25



Reticulados Espaciales (Spatial Truss)



CONTROL DE OSCILACIONES

Recurso	Tipo	Consiste en	Comentarios
Modificar el Diseño Aerodinámico	Pasivo	Mejorar las propiedades aerodinámicas para minimizar los efectos del viento	Tratamiento de ángulos vivos, agregado de aberturas
Modificar Propiedades de la Estructura	Pasivo	Aumentar la masa del edificio para reducir la relación de masas entre el aire en movimiento y la edificación	Aumenta mucho el costo del edificio
		Incrementar la rigidez o la frecuencia de la estructura	Uso de triangulación, vinculación entre unidades resistentes y/o aumento de secciones
Agregar Amortiguadores	Pasivo	Aumentar el nivel de amortiguamiento agregando materiales con capacidad de disipar energía	SD, SJD, LD, FD, VED, VD, OD
		Agregar sistemas de masa auxiliares para incrementar el nivel de amortiguamiento	TMD, TLD
	Activo	General fuerzas de control en base a fuerzas de inercia para minimizar la respuesta al viento	AMD, HMD, AGS
		Generar fuerzas de control aerodinámicas para minimizar la respuesta al viento	Rotores, jets, accesorios aerodinámicos
		Cambiar de la rigidez estructural en tiempo real para evitar la resonancia	AVS

SD: Steel Damper ; SJD: Steel Joint Damper ; LD: Lead Damper ; FD: Friction Damper ; VED: Visco-Elastic Damper ; VD: Viscous Damper ; OD: Oil Damper ; TMD: Tuned Mass Damper ; TLD: Tuned Liquid Damper ; AMD: Active Mass Damper ; HMD: Hybrid Mass Damper ; AGS: Active Gyro Stabilizer ; AVS: Active Variable Stiffnes

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

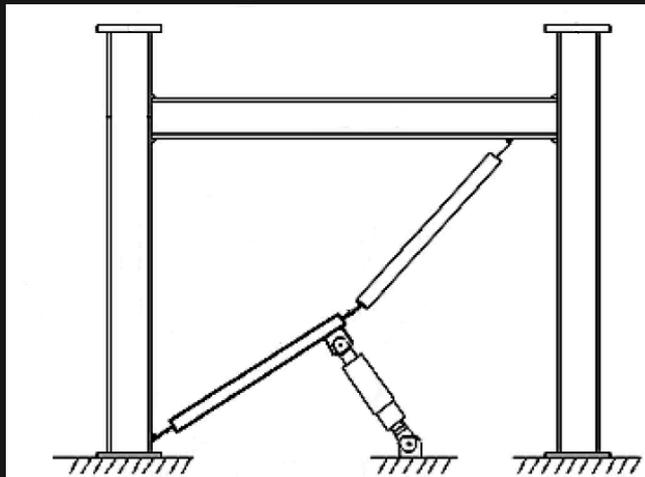
El amortiguamiento de las oscilaciones producidas por el viento puede provenir básicamente de cuatro fuentes:

- la estructura propiamente dicha (incluyendo los elementos no estructurales),
- la interacción entre el suelo y la estructura,
- efectos aerodinámicos y
- elementos auxiliares especialmente dispuestos al efecto.

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

Intercalación de Amortiguadores en Elementos de la Estructura



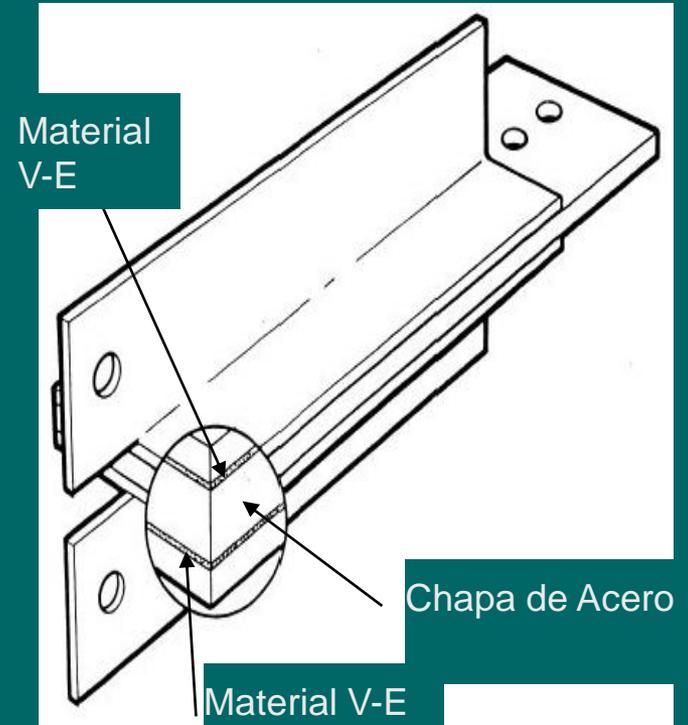
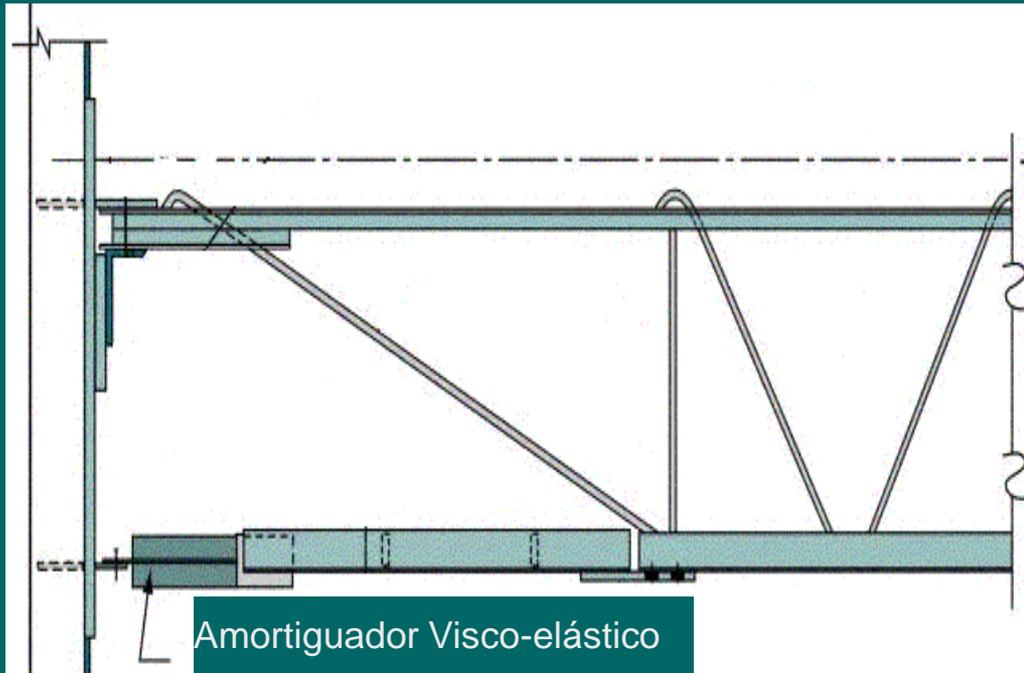
Deformaciones muy chicas requieren cilindros muy grandes

Amplificador de deformaciones

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

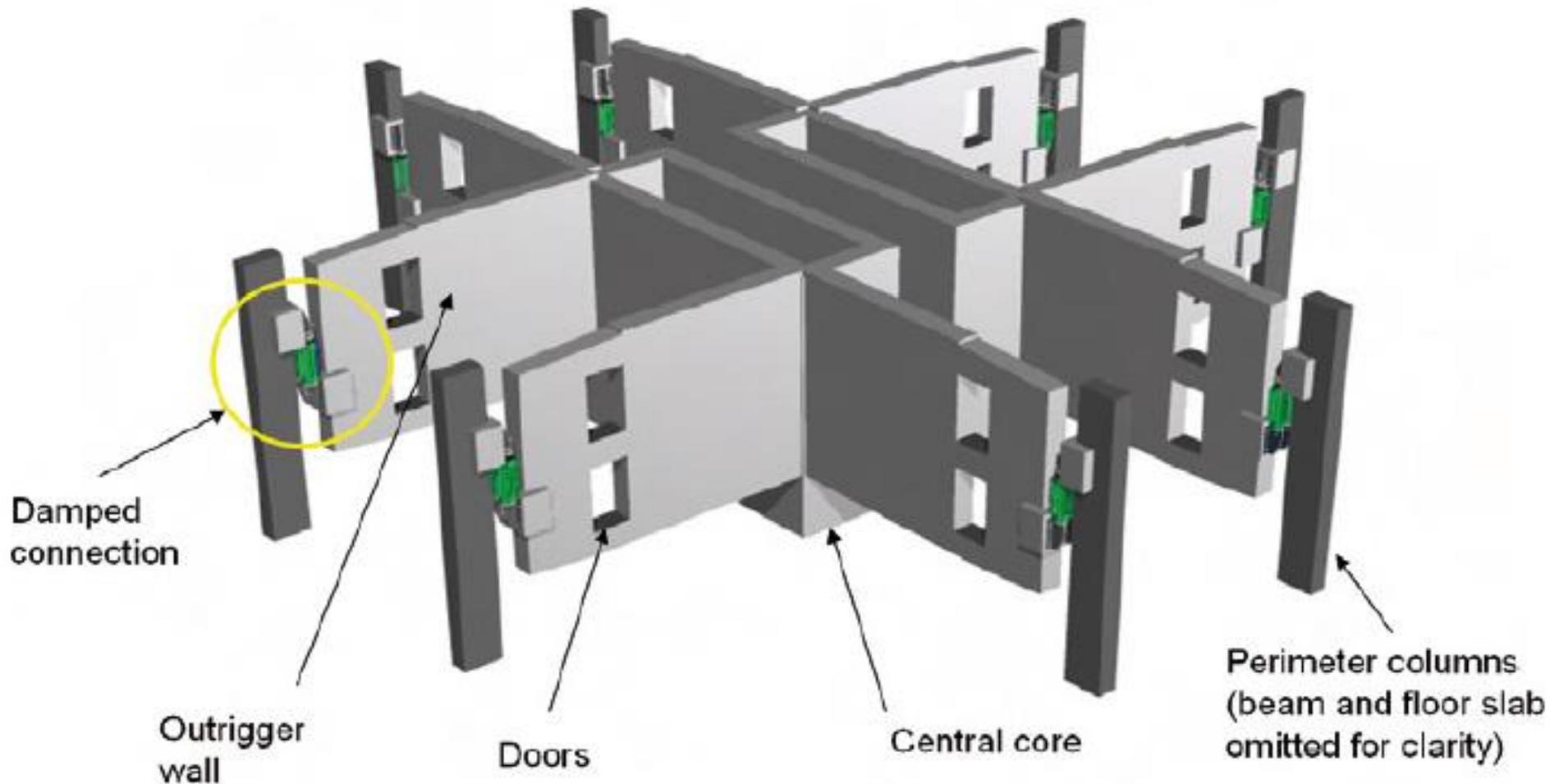
Amortiguadores Visco-elásticos - VED (Viscoelastic Dampers)



CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

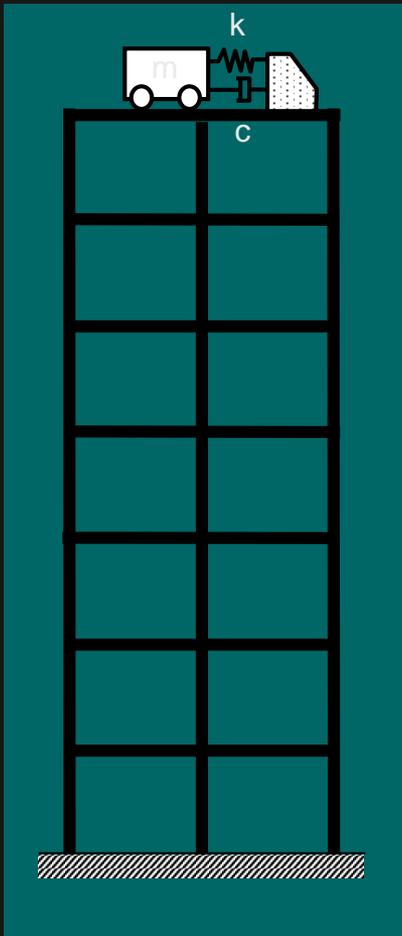
Combinación de Outriggers y Amortiguadores



CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

Sistemas Inerciales Acoplados - TMD (Tuned Mass Damper)



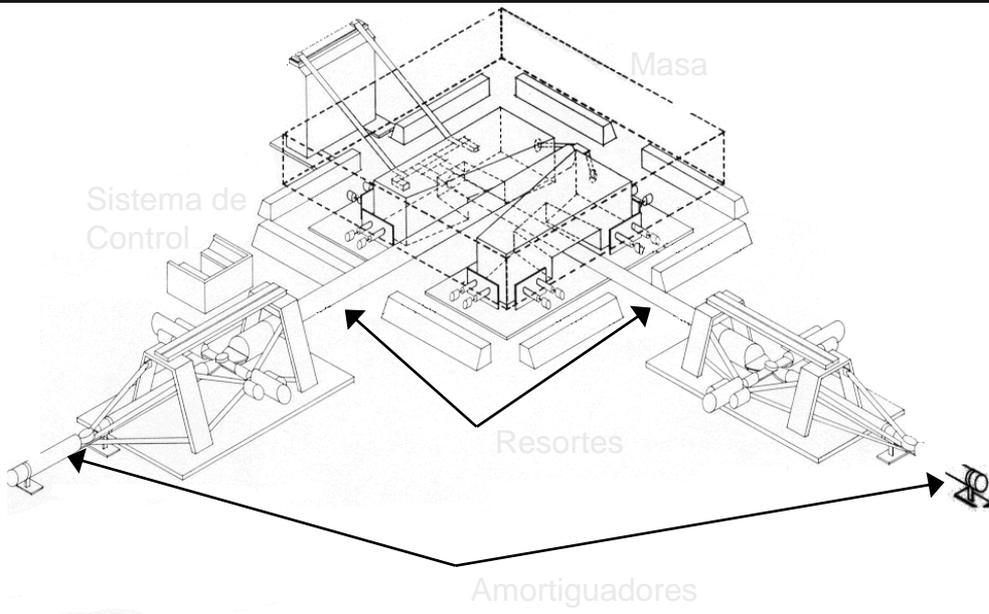
Masas TMD entre 0.25 y 1% de la masa modal efectiva correspondiente al primer modo

Oscilaciones torsionales importantes: al menos dos TMD no alineados (en general perpendiculares) suficientemente apartados del centro de torsión del edificio

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

Sistemas Inerciales Acoplados - TMD (Tuned Mass Damper)



Citicorp Building (1977), Nueva York
59 pisos, Altura: 279 metros
Peso TMD: 366 toneladas
Activación para 0.003 g

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO



Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

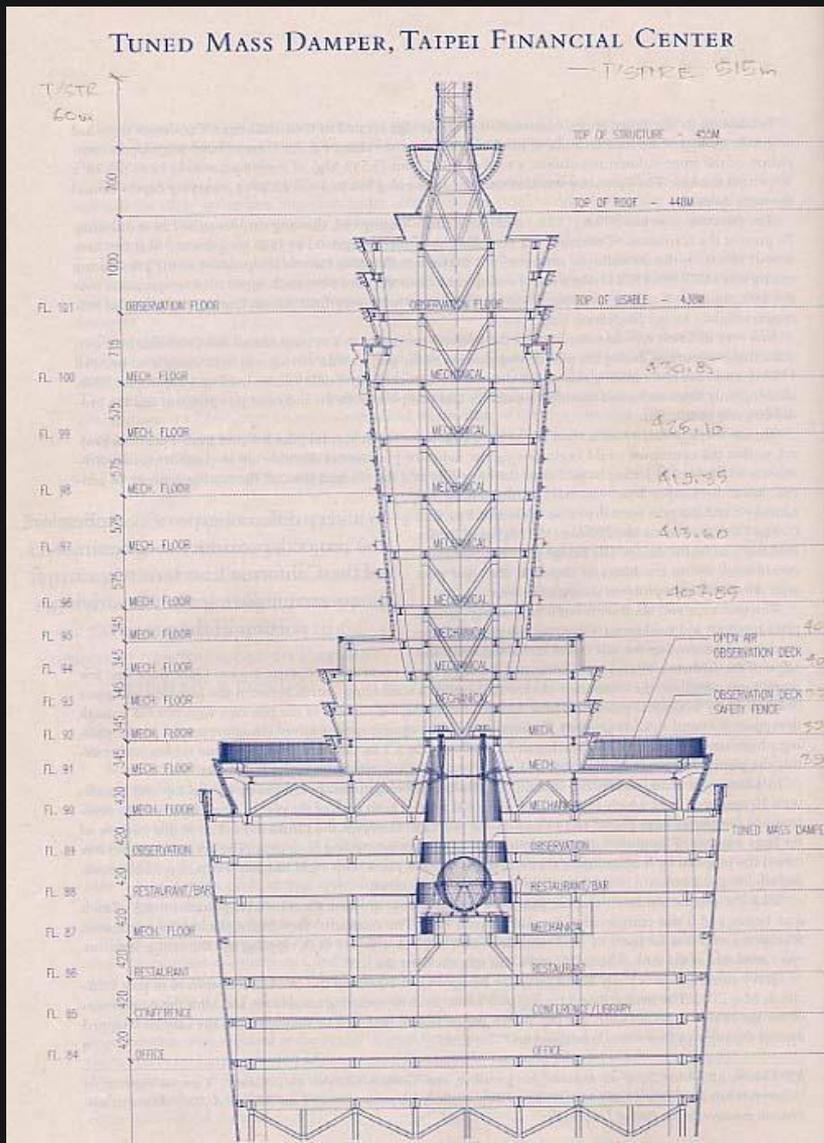
Sistemas Inerciales Acoplados - TMD (Tuned Mass Damper)

Taipei 101 (2004), Taiwan
101 pisos, Altura: 508 metros

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

Sistemas Inerciales Acoplados - TMD (Tuned Mass Damper)

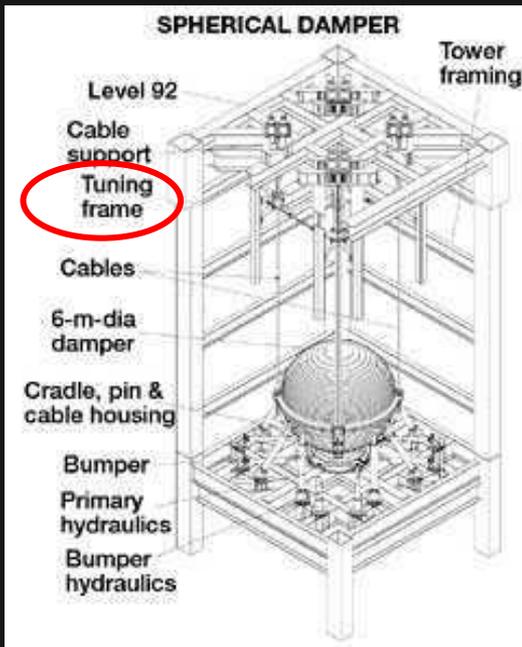


Taipei 101 (2004), Taiwan
101 pisos, Altura: 508 metros
Esfera de 6 metros de diámetro y 725 t

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

Sistemas Inerciales Acoplados - TMD (Tuned Mass Damper)



Taipei 101 (2004), Taiwan
101 pisos, Altura: 508 metros
Esfera de 6 metros de diámetro y 725 t

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

Sistemas Inerciales Acoplados - TMD (Tuned Mass Damper)



Taipei 101 (2004), Taiwan
101 pisos, Altura: 508 metros
Esfera de 6 metros de diámetro y 725 t

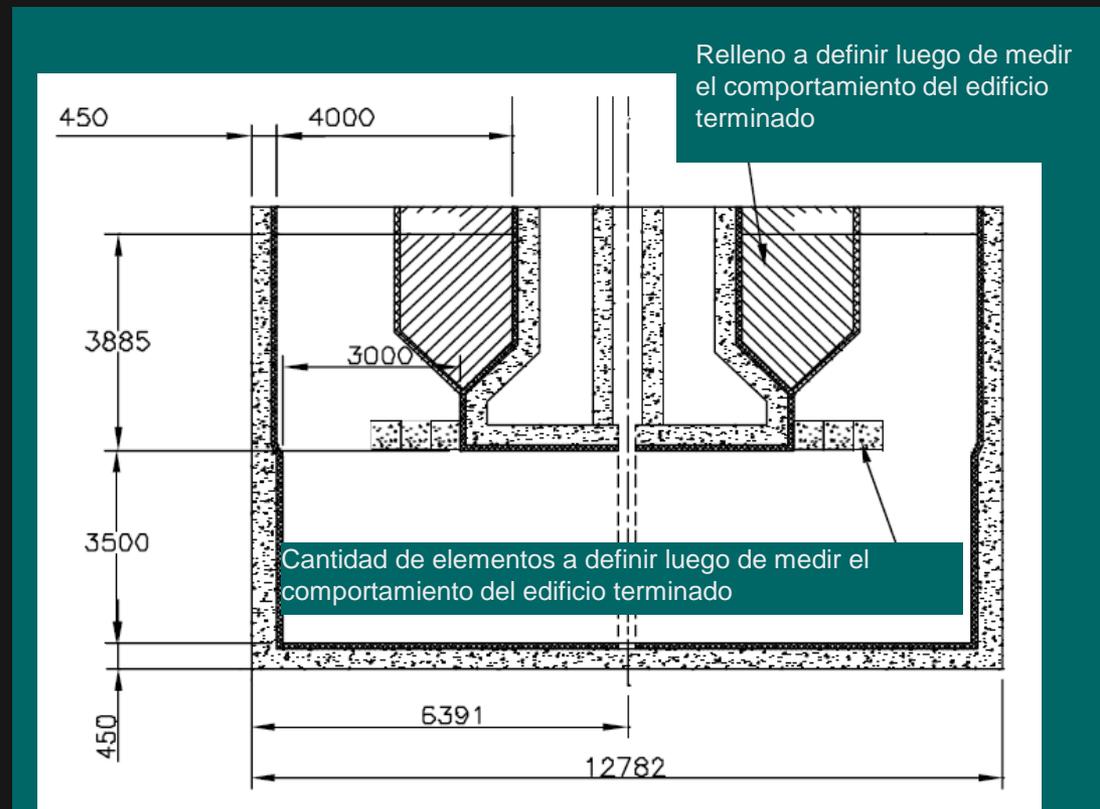
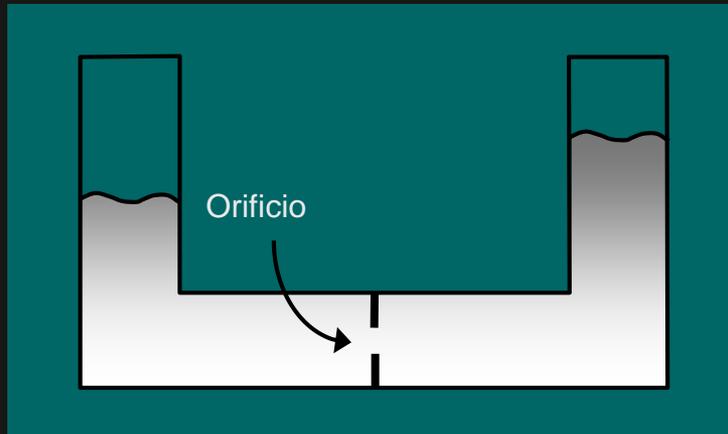
CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

Amortiguadores con Líquidos Sintonizados- TLD (Tuned Liquid Damper)

TSLD (Tuned Sloshing Liquid Damper): poco profundos (olas rompientes) ó profundos (las olas no rompen). Frecuencia variable con la amplitud

TLCD (Tuned Liquid Column Damper)



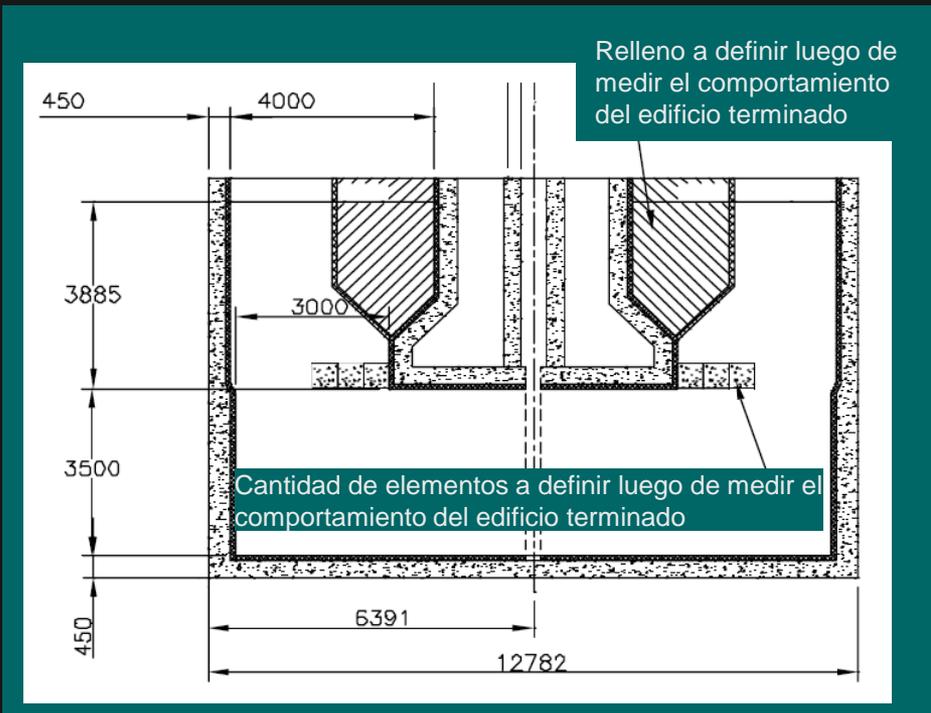
Wall Center, Vancouver: dos TLCD
c/u 183.000 litros de agua

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

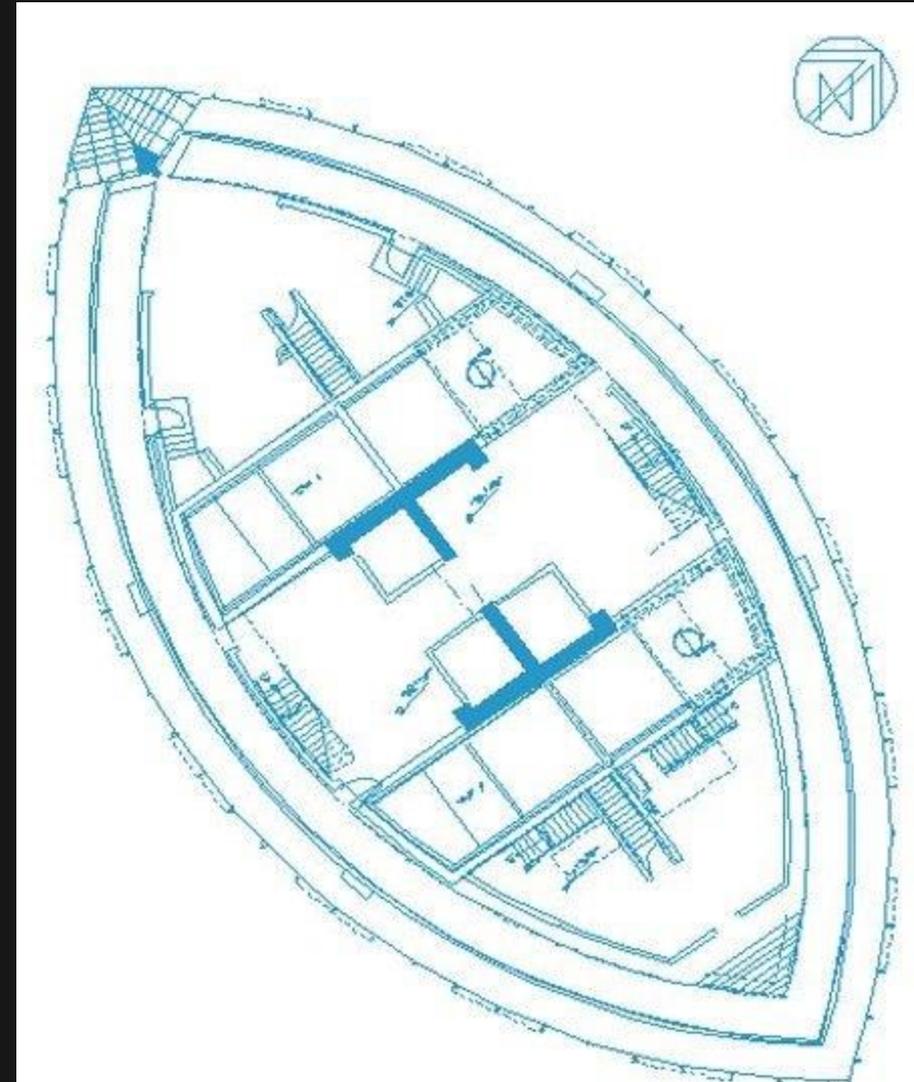
Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Pasivo

Amortiguadores con Líquidos Sintonizados- TLD (Tuned Liquid Damper)

TLCD (Tuned Liquid Column Damper)

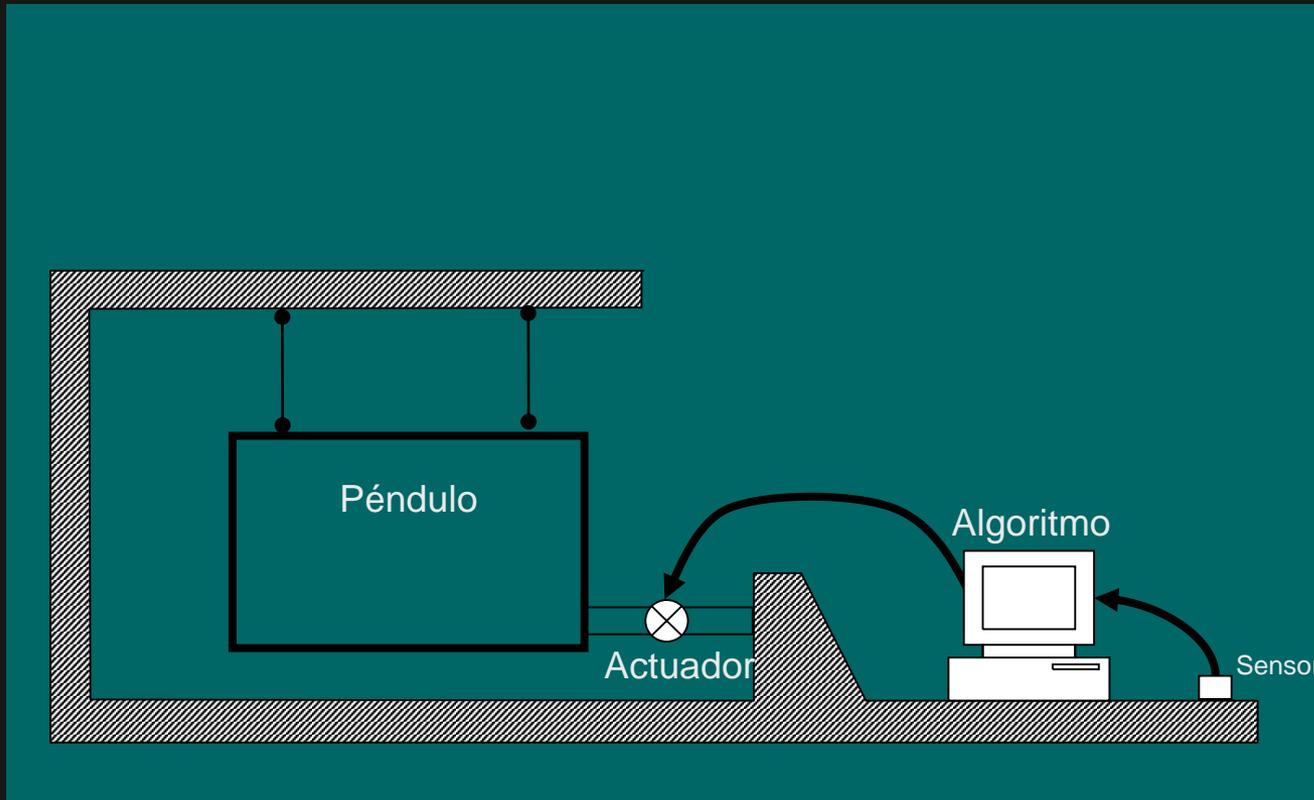


Wall Center, Vancouver: dos TLCD
c/u 183.000 litros de agua



CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

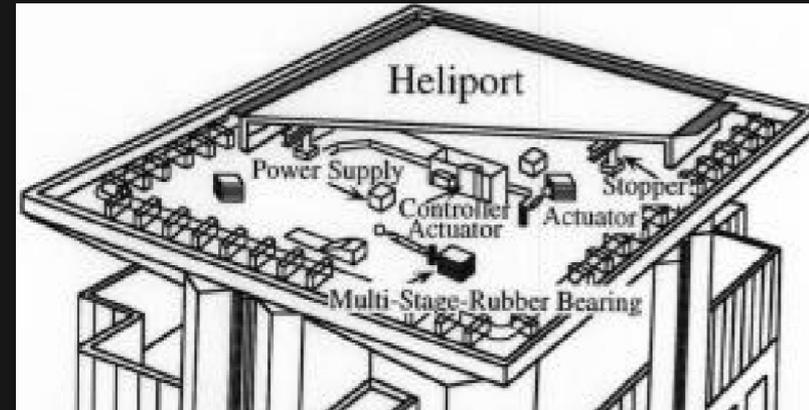
Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Activo



Applause Tower (1992), Osaka
34 Pisos, Altura: 161 metros

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Elementos Auxiliares de Amortiguamiento Activo



Applause Tower (1992), Osaka
34 Pisos, Altura: 161 metros
Helipuerto 480 toneladas

Híbridos - Hybrid Mass Dampers (HMDs)

Se monta sobre la masa principal de un sistema pasivo una masa secundaria conectada a un actuador. Esta masa secundaria potencia la acción de la masa primaria pasiva. La masa secundaria sólo se pone en movimiento cuando las oscilaciones del edificio superan un cierto umbral es decir, cuando el sistema pasivo resulta insuficiente para controlar el movimiento. Son sistemas más caros de instalar pero más baratos de mantener que los activos dado que el consumo de energía es menor puesto que la parte activa del sistema opera sólo en contadas oportunidades

CONTROL DE OSCILACIONES - AMORTIGUAMIENTO

Sistemas Semi-Activos – Semi-Active Dampers

Volver adaptables los sistemas pasivos sin entregar energía mecánica al sistema.

Modificar el tamaño de los orificios en los TLD fracasó en el desarrollo de válvulas que pudieran controlar en tiempo real el comportamiento de un TLD.

Artefactos con orificios de sección constante pero con líquidos con propiedades variables. Líquidos con partículas magnetizables en suspensión. Consumo muy bajo de energía el que puede ser provisto por baterías en caso de falla del sistema principal de energía

Este concepto puede aplicarse tanto a sistemas tipo TLD como a amortiguadores viscosos tradicionales.

Los tiempos de reacción de estos sistemas son de unos pocos milisegundos.

Algunos autores incluyen también en esta clasificación a los péndulos a los cuales se les puede modificar en tiempo real la longitud del sistema de suspensión.

Monitorio

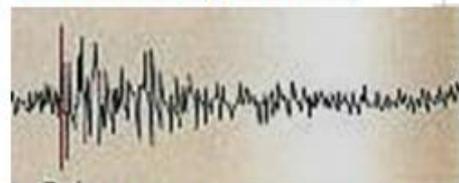
Exterior Input

Wind

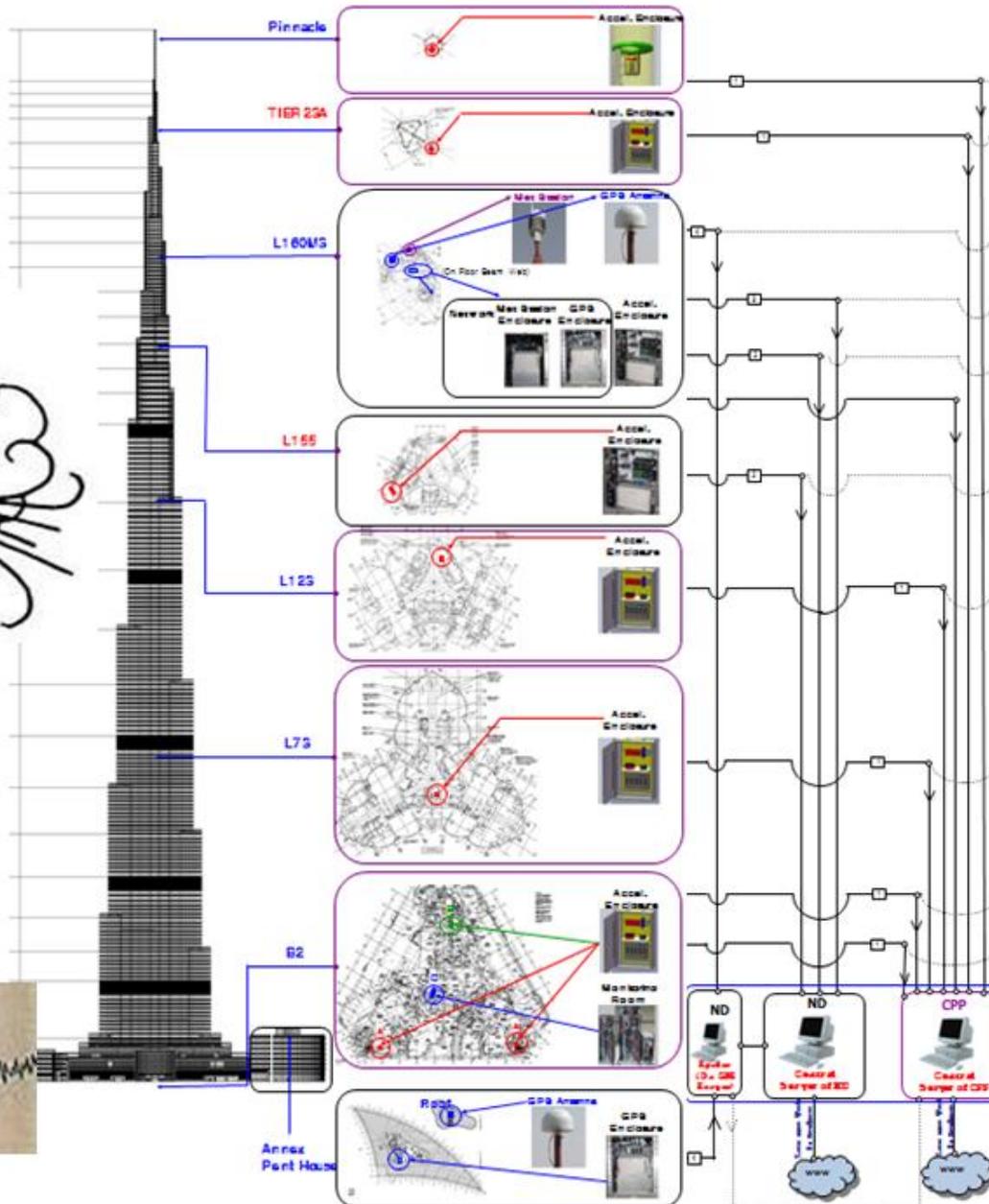


(Wind Speed, Direction)

Earthquake



(Acceleration)



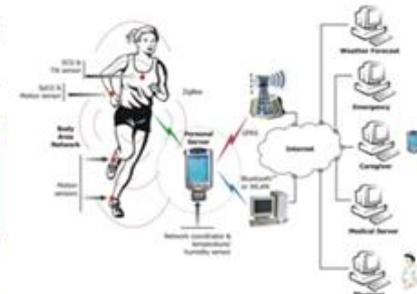
Output Data

Building Movement

- Acceleration
- Displacement
- Weather Station (speed, direction, temperature, humidity, etc.)
- Time history records

Measured/Processed Data

- Spectra
- Mode Shapes
- Damping
- Spire & pinnacle fatigue tracking & behavior
- Wind Profile
- Track wind speed at Terraces, exterior wall, etc.

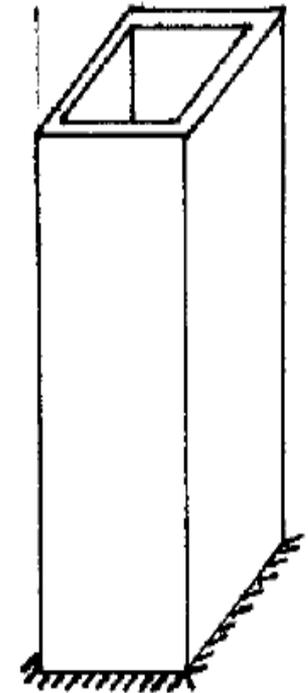
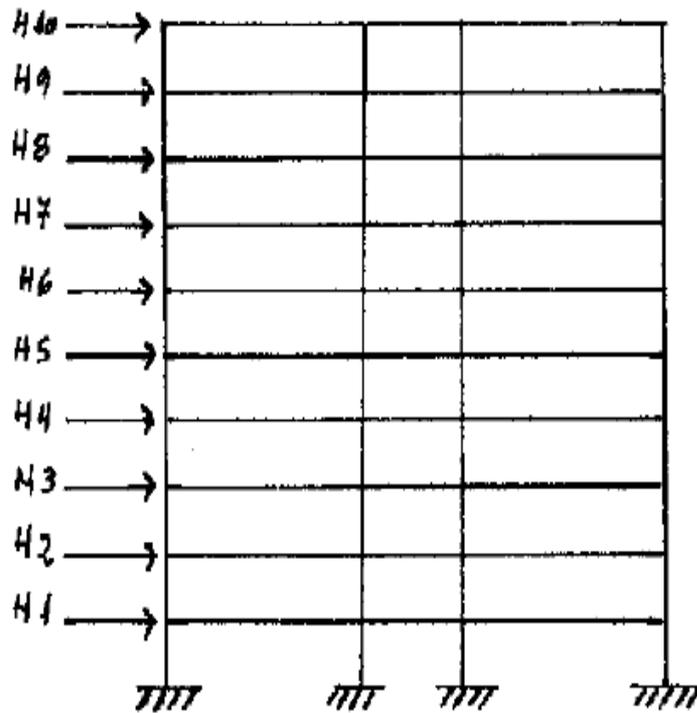
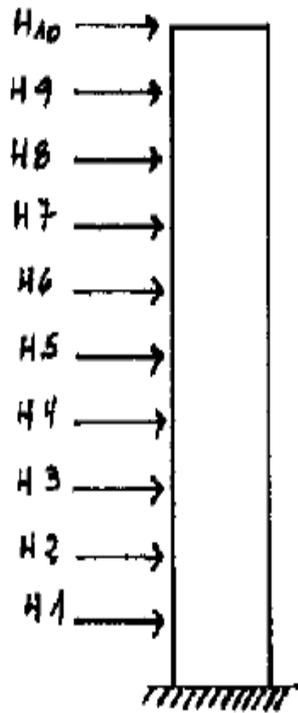


Health Monitoring Concept

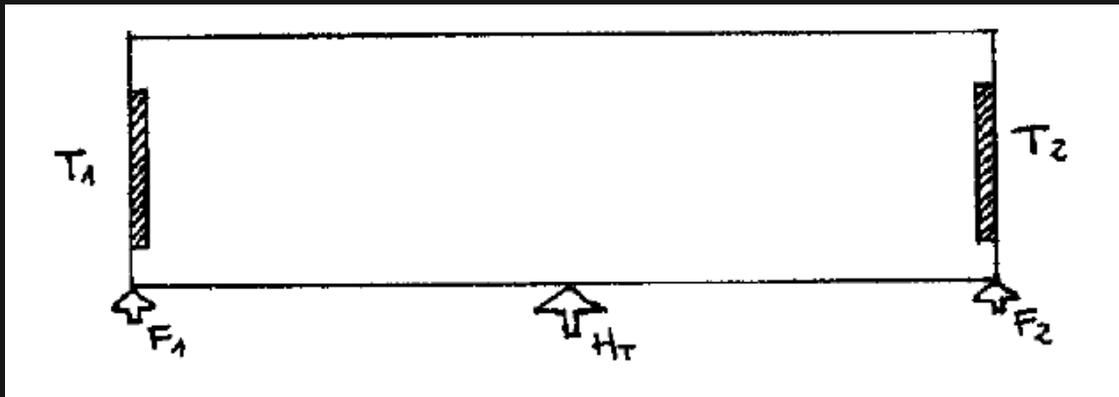
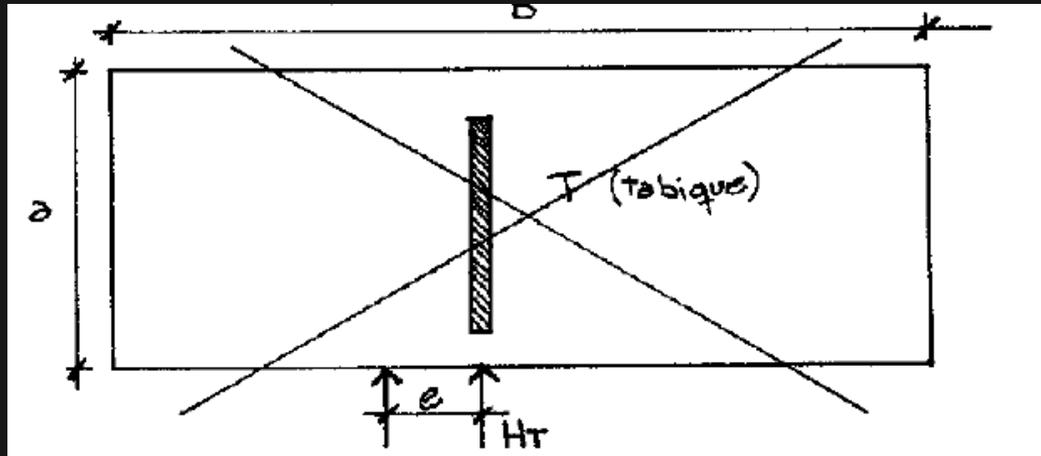
ESTRUCTURAS PARA CARGAS HORIZONTALES

- ◆ Edificios de mediana altura
(habituales en nuestro medio)
 - Tabiques
 - Pórticos planos y espaciales
 - Núcleos resistentes a torsión
 - Combinación de los anteriores

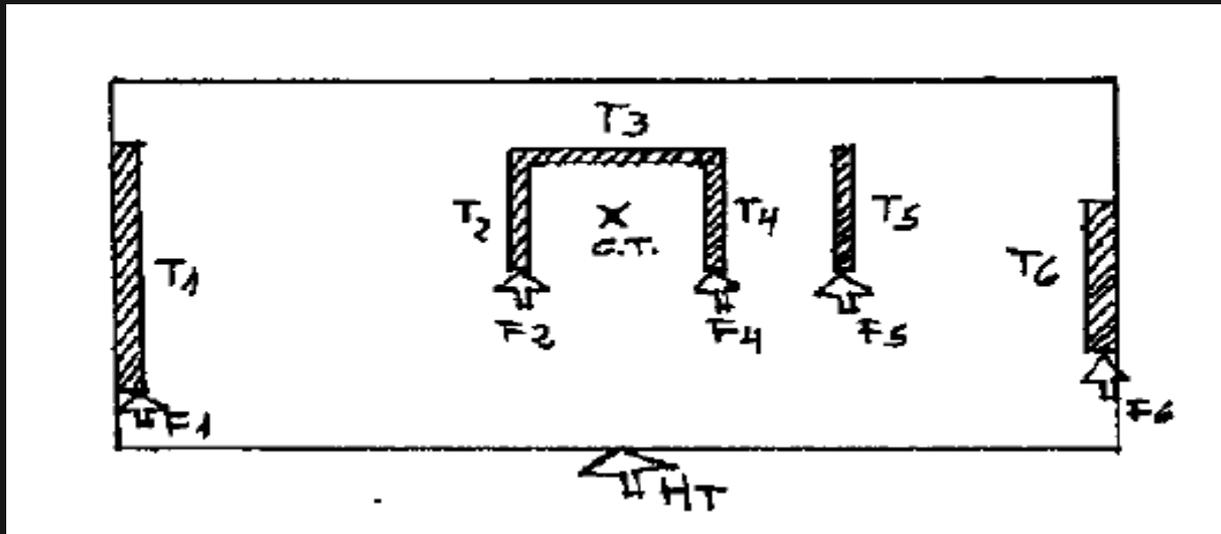
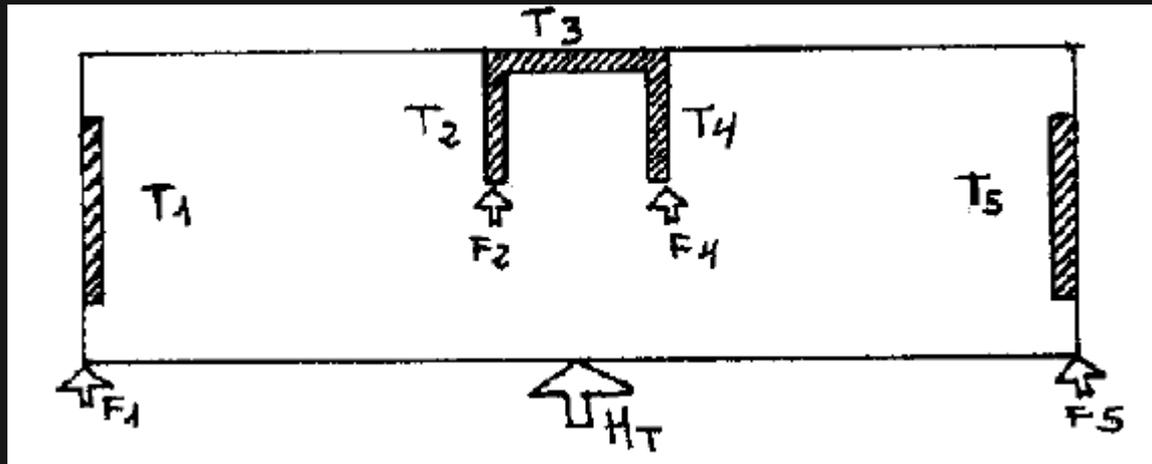
ESTRUCTURAS PARA CARGAS HORIZONTALES



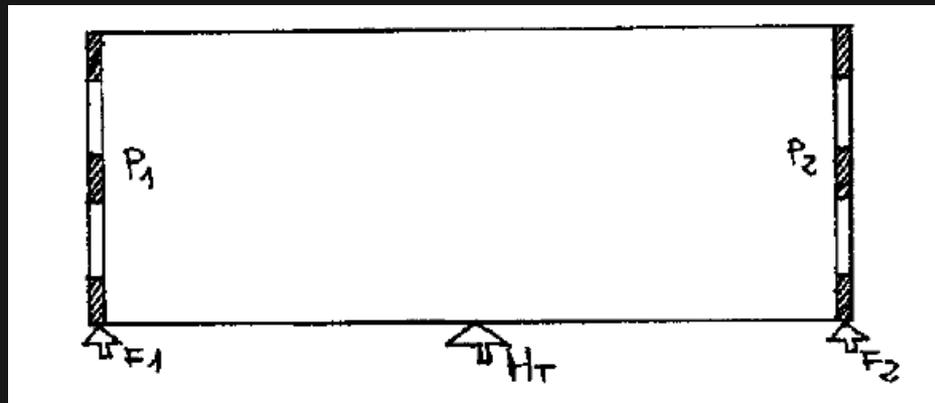
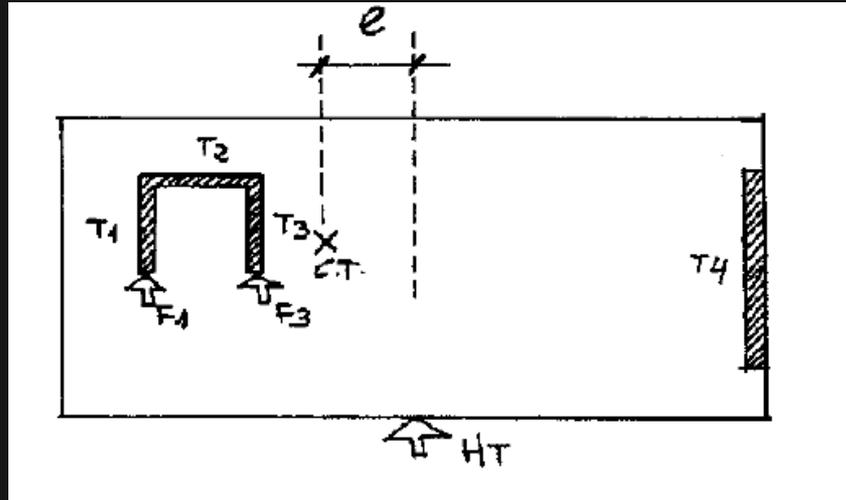
ESTRUCTURAS PARA CARGAS HORIZONTALES



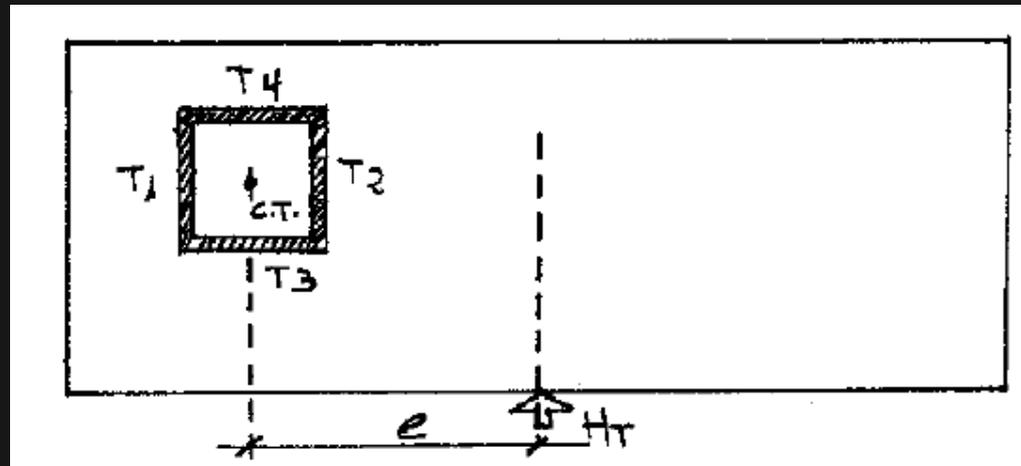
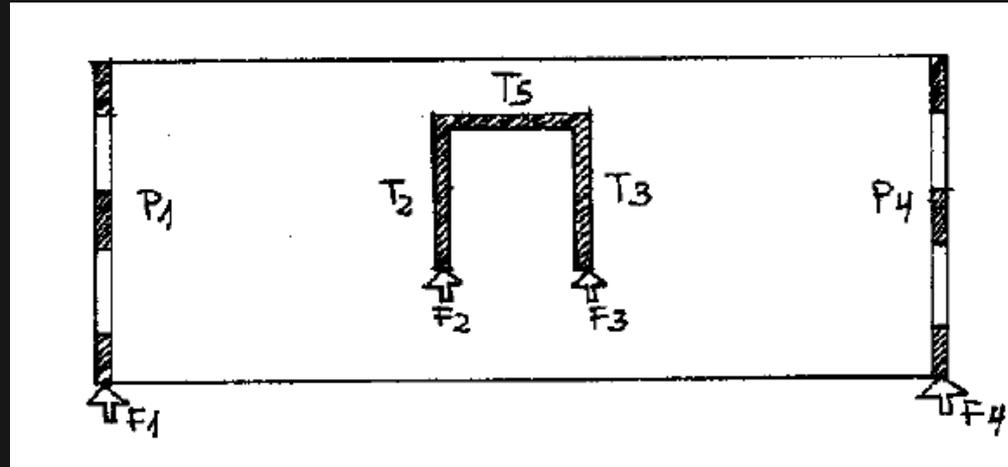
ESTRUCTURAS PARA CARGAS HORIZONTALES



ESTRUCTURAS PARA CARGAS HORIZONTALES



ESTRUCTURAS PARA CARGAS HORIZONTALES



ESTRUCTURAS PARA CARGAS HORIZONTALES

