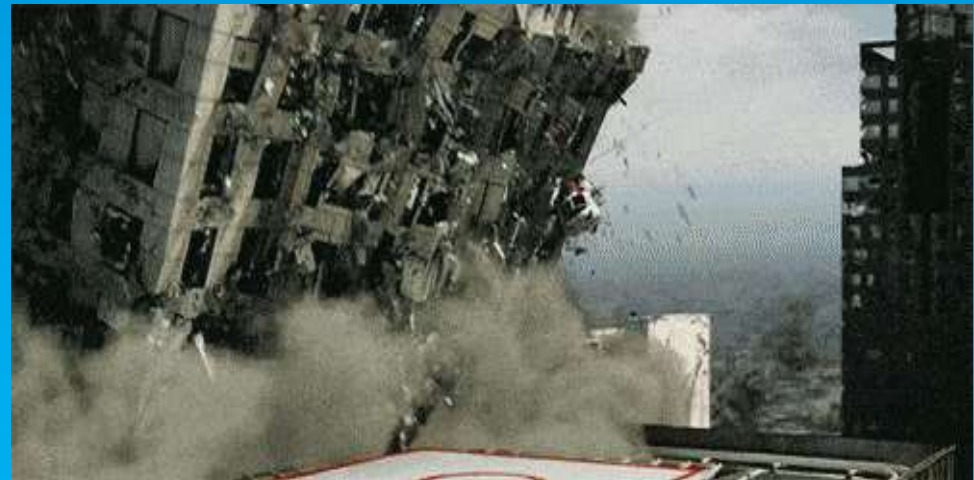




SISTEMAS AVANZADOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

AISLAMIENTO Y DISIPACIÓN DE ENERGÍA

MOVIMIENTOS DURANTE TERREMOTOS

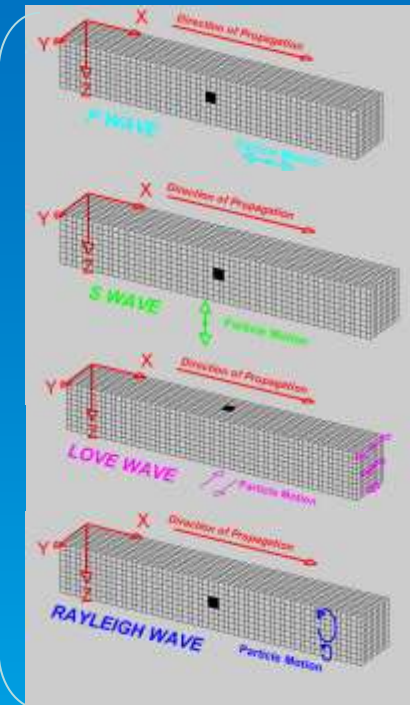
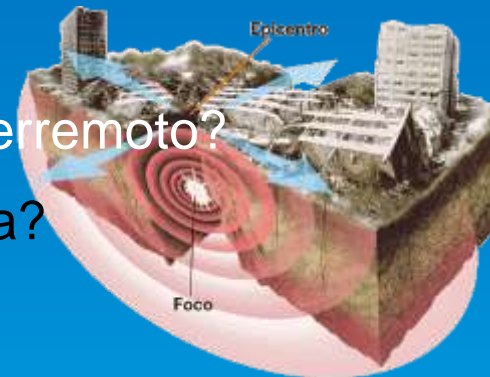


ESTRATEGIAS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE

Terremoto entrega → **Energía** al Edificio

¿¿Qué hacemos??

- ¿Cómo se **comporta** el edificio?.
- ¿Puede resistir **elásticamente** un terremoto?
- ¿Qué hacemos con **¡tanta!** energía?



ESTRATEGIAS DE DISEÑO

- Energía **“Ingresa”** a la Estructura:

1. **Resistir** con la estructura
2. **Disipar** con la estructura
3. **Disipar** con dispositivos

→ Respuesta **Elástica**

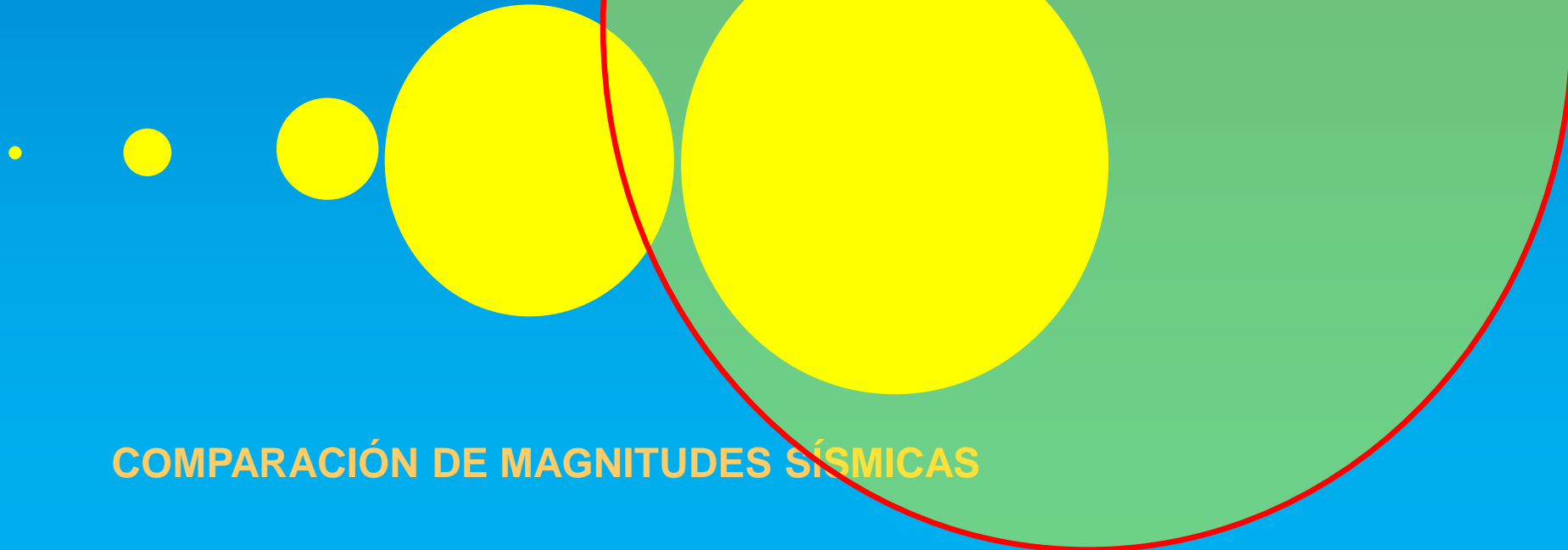
→ Respuesta **Inelástica**

→ Aumentar **Amortiguamiento**

- Energía **“No Ingresa”** a la Estructura: → **Aislamiento** Sísmico

PERO, EN MENDOZA YA TEMBLÓ

<i>Mendoza</i>	<i>Northridge</i>	<i>Kobe</i>	<i>Chile</i>	<i>México</i>	<i>Chile</i>
1985	1994	1995	1985	1985	2007
<i>M=5.7</i>	<i>M=6.5</i>	<i>M=7.0</i>	<i>M 7.5</i>	<i>M=8.1</i>	<i>M=8.9</i>
<i>800 t</i>	<i>31.500 t</i>	<i>250.000 t</i>	<i>750.000 t</i>	<i>6.450.000 t</i>	<i>150.000.000 t</i>



COMPARACIÓN DE MAGNITUDES SÍSMICAS

OBJETIVOS DEL DISEÑO SISMORRESISTENTE

- “Preservación” de Vidas Humanas
- “Minimización” de riesgo de colapso estructural
- “Aceptación” de daños no estructurales reparables

OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA

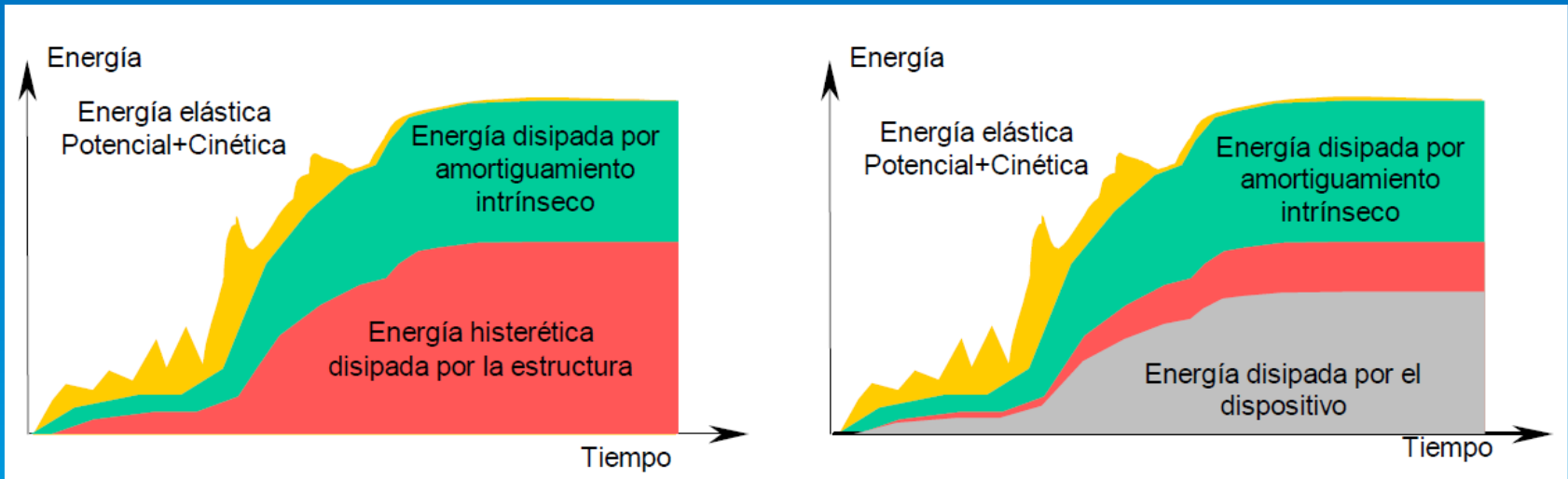


- Jerarquización de componentes estructurales → Disipadores
- Disipación de energía “segura” y “controlada”
- Posibilidad de eventual reemplazo de componentes (en algunos sistemas)
- Diseño convencional (Diseño por Capacidad)
- Diseño de Sistemas de Protección Sísmica
- Transformación de la Energía del Terremoto

- Mejora comportamiento estructural → reducción vulnerabilidad
- Aislación sísmica → una solución posible.
- Disipadores por Fluencia → una solución posible.

ENERGÍA DEL TERREMOTO

$$E'_I = E'_K + E_D + (E_S + E_H)$$



Estructura convencional

Estructura con Sistema de Protección

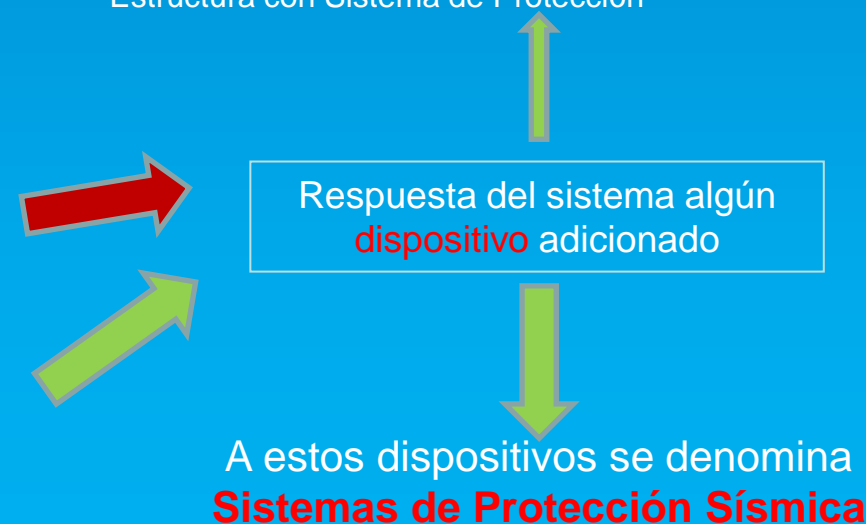
E'_I = Energía total introducida por un terremoto (input)

E'_K = Energía de deformación por energía cinética.

E_D = **Energía disipada por amortiguamiento viscoso**

E_S = Energía de deformación elástica

E_H = **Energía disipada por amortiguamiento histerético**



A estos dispositivos se denomina **Sistemas de Protección Sísmica**

SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA

Tabla 1. Sistemas de Protección Sísmica (Christopoulos, C; Filiatrault, A.)			
Sistemas convencionales	Rótulas Plásticas de Flexión		
	Rótulas Plásticas de Corte		
	Fluencia de Arriostramientos		
Sistemas de Protección Sísmica (innovadores)	Sistemas de Amortiguamiento Suplementario	Amortiguadores Pasivos (No requieren fuentes de energía)	Fluencia de Metales
			Fricción
			Viscoelásticos
			Masa Sintonizada
			Líquido Sintonizado
			Autocentrado
		Amortiguadores Activos y Semiactivos	Arriostramientos
			Masa Sintonizada
			Rigidez Variable
	Amortiguamiento Variable		
	Piezoeléctrico		
	Reológico		
	Sistemas de Aislamiento	Elastómero	
		Goma y Plomo	
		Goma de Alto Amortiguamiento	
		Metálico	
		Extrusión de Plomo	
		Péndulo de fricción	

SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA

Tabla 1. Sistemas de Protección Sísmica (Christopoulos, C; Filiatrault, A.)			
Sistemas convencionales	Rótulas Plásticas de Flexión		
	Rótulas Plásticas de Corte		
	Fluencia de Arriostramientos		
Sistemas de Protección Sísmica (innovadores)	Sistemas de Amortiguamiento Suplementario	Amortiguadores Pasivos (No requieren fuentes de energía)	Fluencia de Metales
			Fricción
			Viscoelásticos
			Masa Sintonizada
			Líquido Sintonizado
			Autocentrado
	Sistemas de Amortiguamiento Suplementario	Amortiguadores Activos y Semiactivos	Arriostramientos
			Masa Sintonizada
			Rigidez Variable
			Amortiguamiento Variable
			Piezoeléctrico
			Reológico
	Sistemas de Aislamiento	Elastómero	
		Goma y Plomo	
		Goma de Alto Amortiguamiento	
Metálico			
Extrusión de Plomo			
Péndulo de fricción			

AVANCE E INNOVACIÓN EN MATERIALES SISMORRESISTENTES



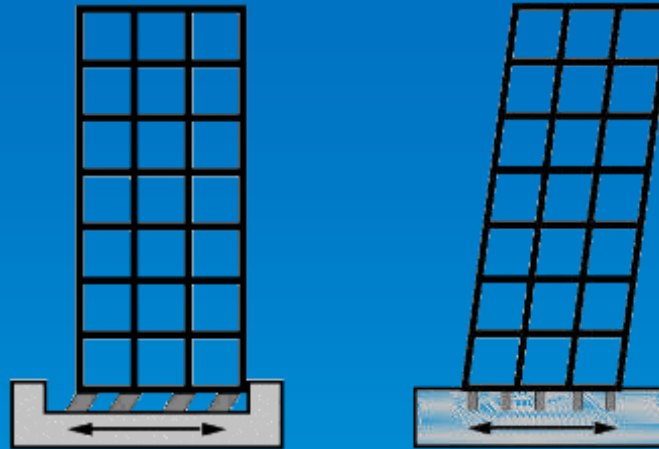
**MATERIALES
RESILIENTES!! →**

AISLAMIENTO SÍSMICO

AISLAMIENTO



Comparación de Respuesta con y sin **Aislamiento**



Ensayo modelo **Aislado**

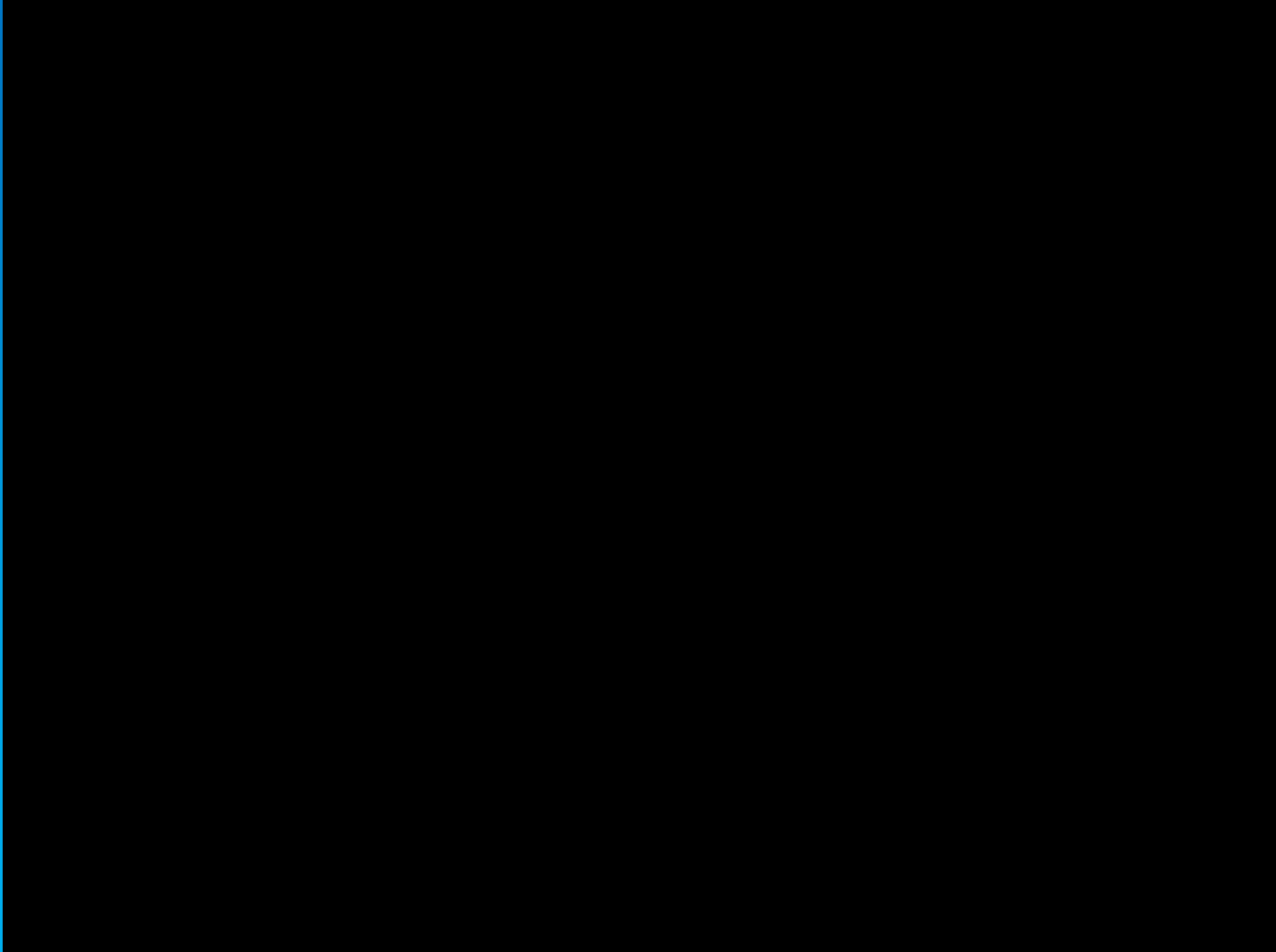
DESCRIPCIÓN

- El aislamiento sísmico es un sub-sistema estructural que se incorpora en el edificio con el objeto de modificar sus **propiedades dinámicas**.
- Se coloca **entre** la fundación y los soportes del edificio, o entre la superestructura y la infraestructura (pilas y estribos) en los puentes.
- El aislamiento produce un **desacople** del movimiento de la estructura respecto del movimiento del terreno
- Se logra con rigidez lateral más baja y se obtiene un **aumento** del período propio
- Desplazamiento relativo **mayor** que construcción de base fija.

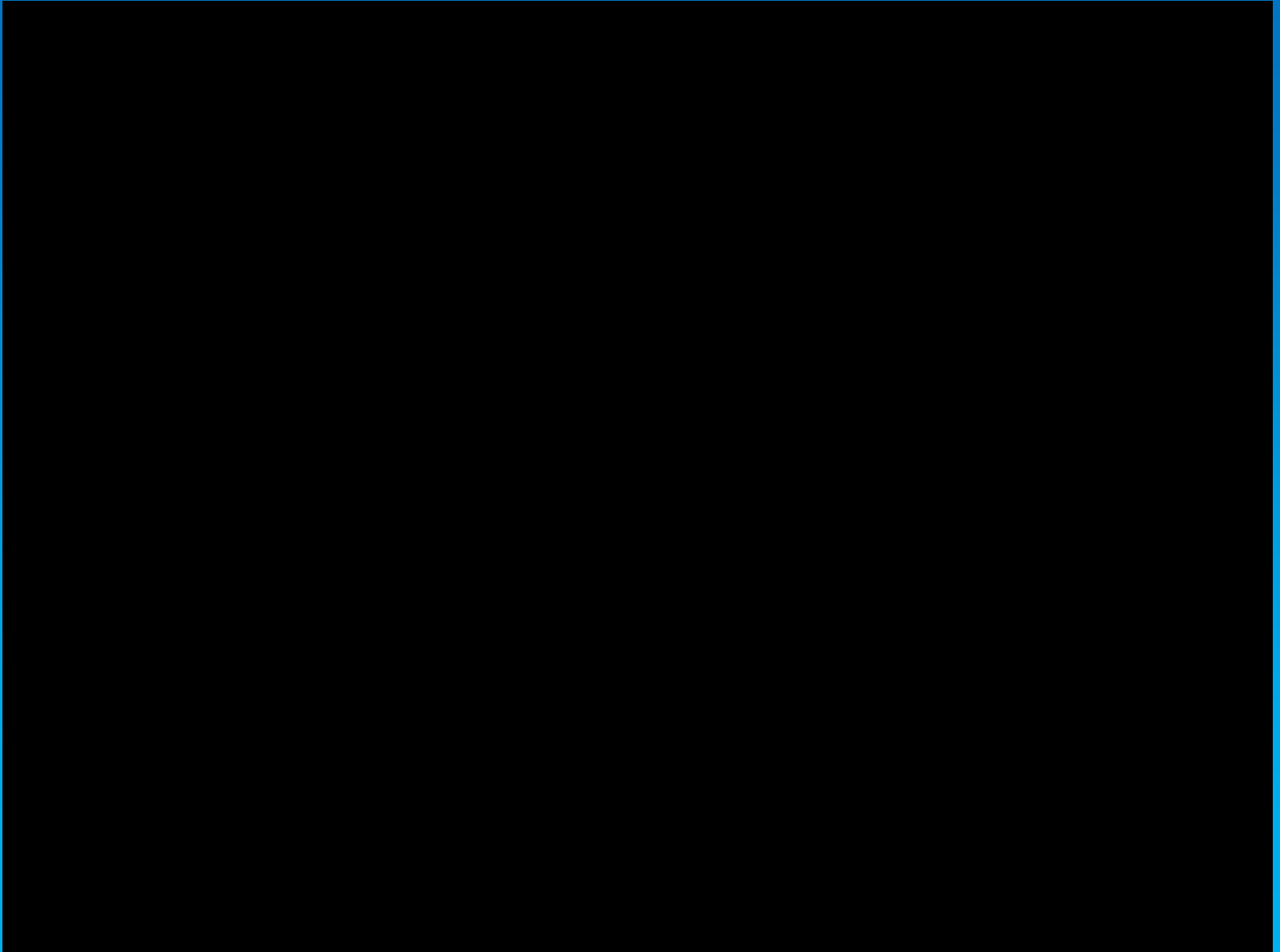
Flexibilidad

- Alarga el período
- Reduce Aceleración y Fuerzas
- Incrementa el Desplazamiento

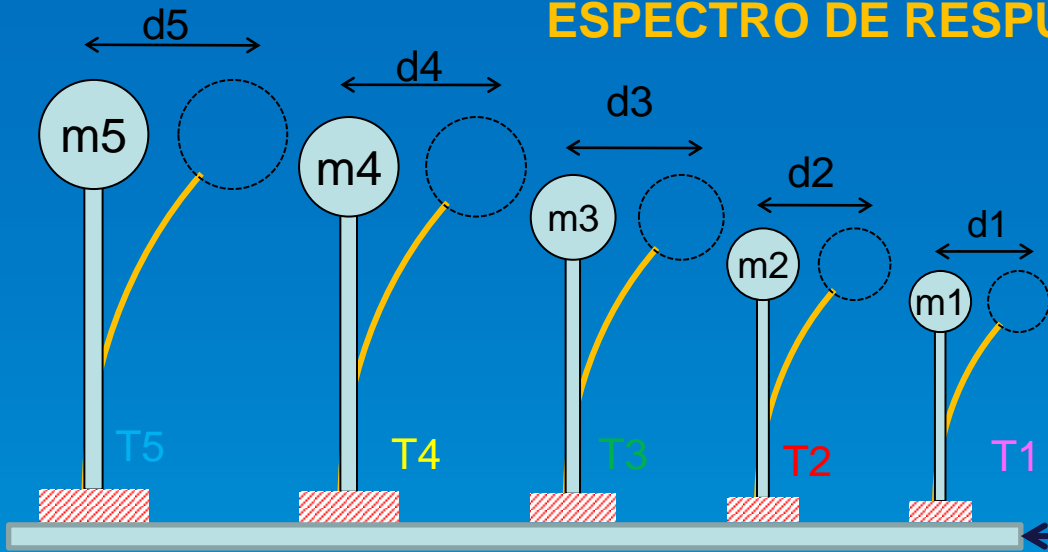
Ensayo máximo desplazamiento. Aislador



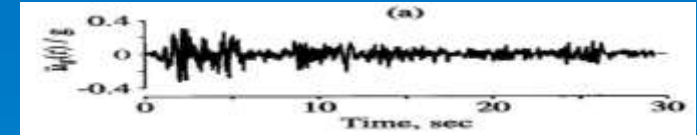
Ensayo máximo desplazamiento. Apoyo puente



ESPECTRO DE RESPUESTA

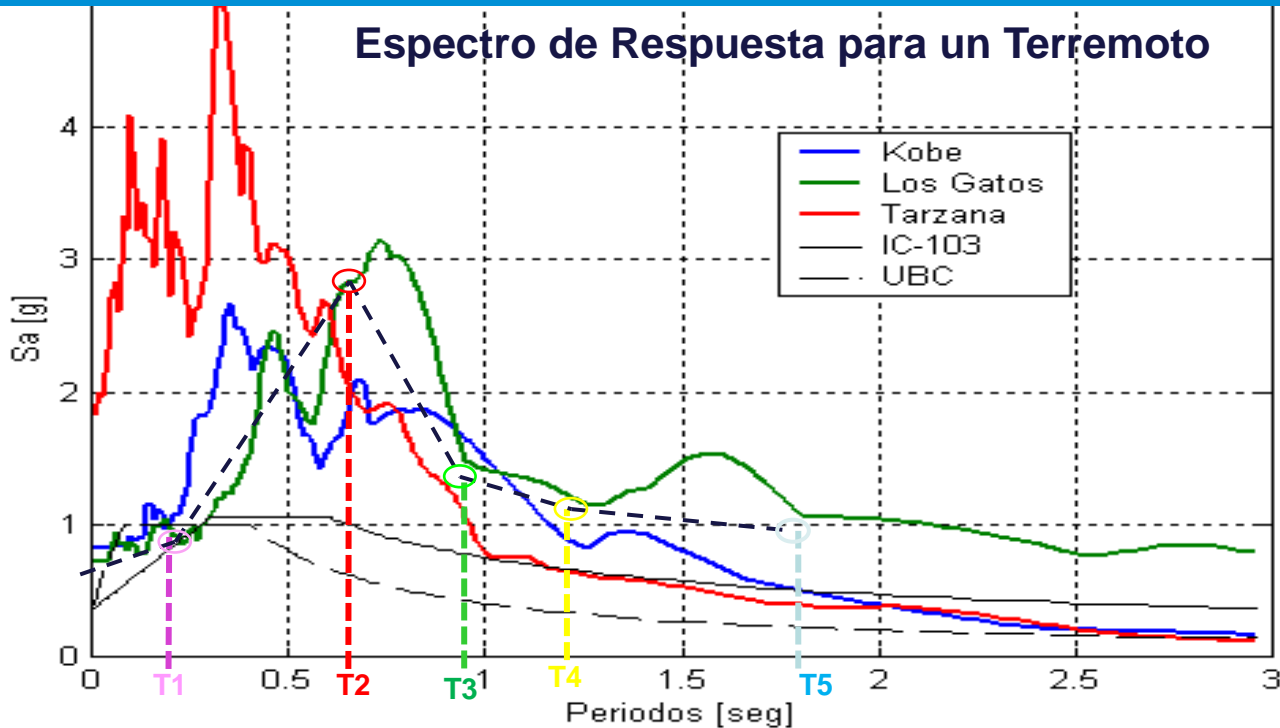


Registro de un terremoto



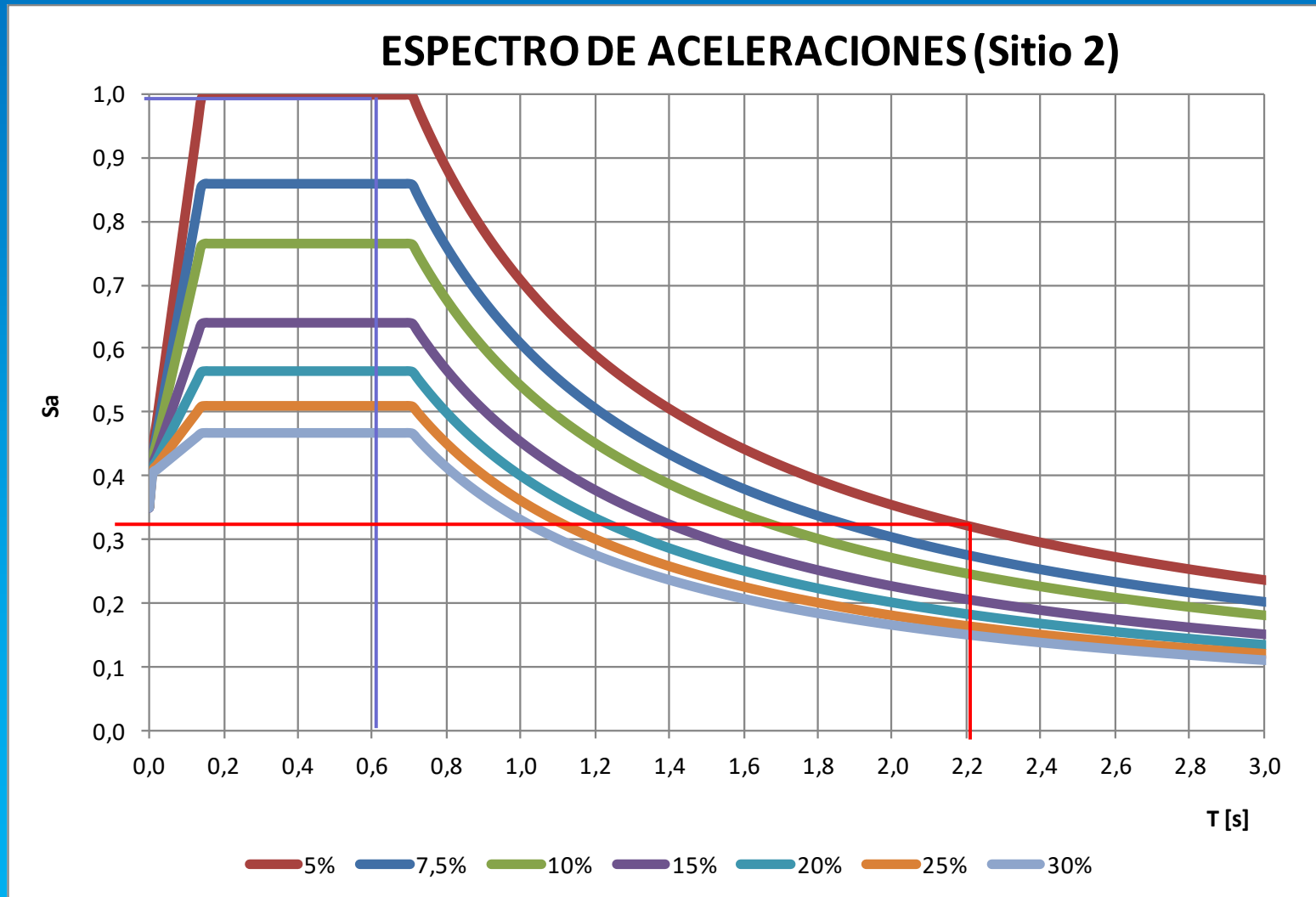
Actúa en la base de todos los "edificios"

Espectro de Respuesta para un Terremoto

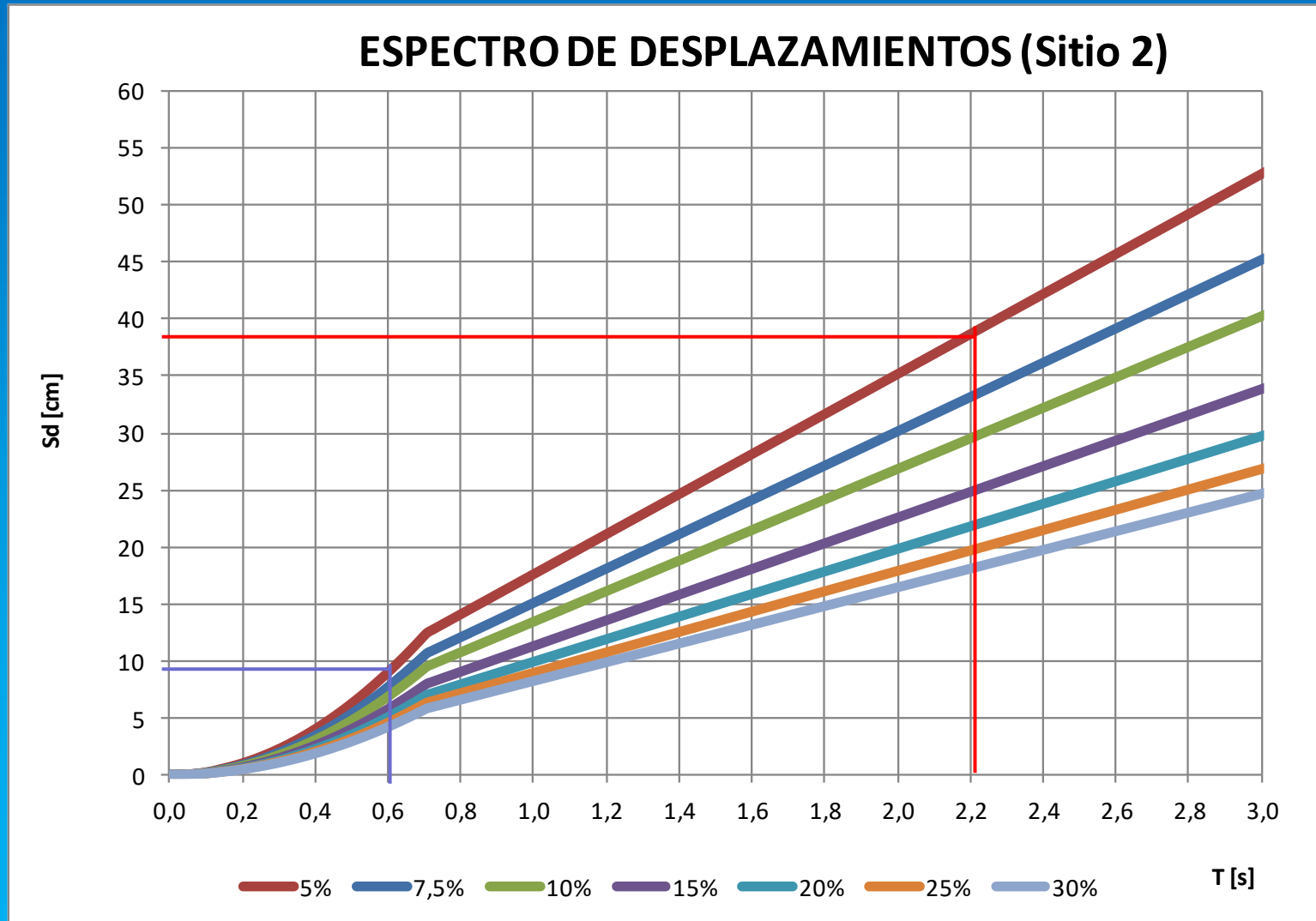


Cada evento tiene propiedades diferentes (contenido de frecuencia)

Espectro de Aceleración

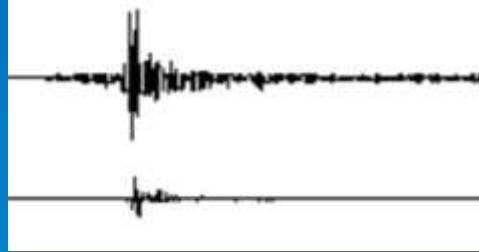


Espectro de Desplazamientos



AISLAMIENTO

Algunos Edificios Construidos



Edificio **ONEMI** - Chile
Aisladores Elastoméricos



Residencia Estudiantil
UTN Mendoza. Resortes

Edificio **IHEM – UNCuyo**. Mendoza
Aisladores Elastoméricos y Péndulos de Fricción

Residencias **L'Aquila**. Italia
Péndulos de Fricción

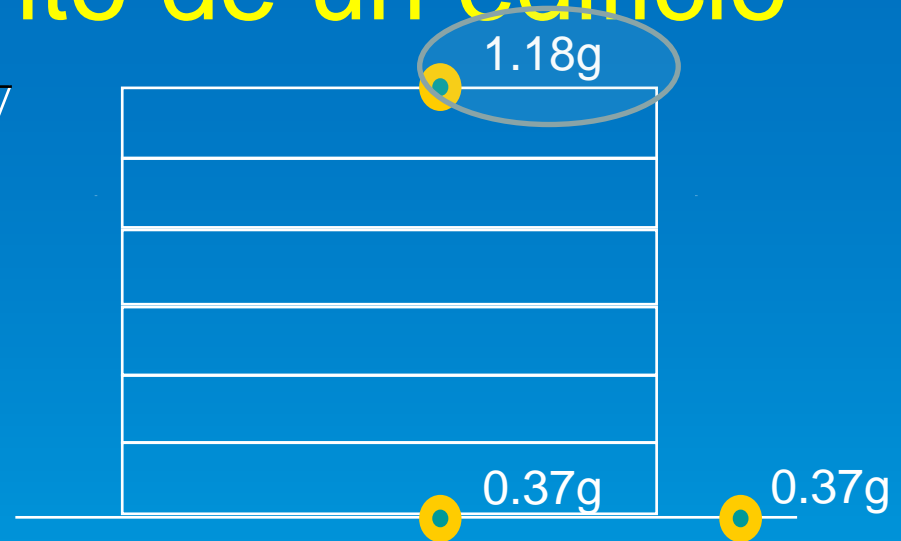


Aislador instalado

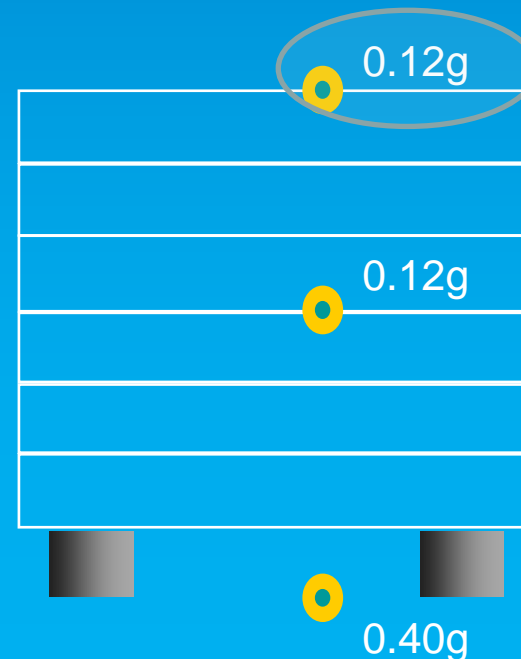
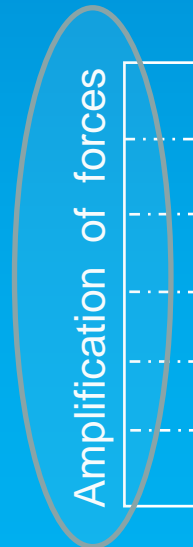


Comportamiento de un edificio

Instrumented
Conventional
Structure Kobe -
January 17, 1995



West Japan
Postal Savings
Computer Center
Kobe - January
17, 1995



DISIPACIÓN SÍSMICA

Tabla 1. Sistemas de Protección Sísmica (Christopoulos, C; Filiatrault, A.)

Sistemas convencionales	Rótulas Plásticas de Flexión		
	Rótulas Plásticas de Corte		
	Fluencia de Arriostramientos		
Sistemas de Protección Sísmica (innovadores)	Sistemas de Amortiguamiento Suplementario	Amortiguadores Pasivos (No requieren fuentes de energía)	Fluencia de Metales
			Fricción
			Viscoelásticos
			Masa Sintonizada
			Líquido Sintonizado
			Autocentrado
		Amortiguadores Activos y Semiactivos	Arriostramientos
			Masa Sintonizada
			Rigidez Variable
	Amortiguamiento Variable		
	Piezoeléctrico		
	Reológico		
	Sistemas de Aislamiento	Elastómero	
		Goma y Plomo	
		Goma de Alto Amortiguamiento	
Metálico			
Extrusión de Plomo			
Péndulo de fricción			

Tabla 1. Sistemas de Protección Sísmica (Christopoulos, C; Filiatrault, A.)

Sistemas convencionales	Rótulas Plásticas de Flexión		
	Rótulas Plásticas de Corte		
	Fluencia de Arriostramientos		
Sistemas de Protección Sísmica (innovadores)	Sistemas de Amortiguamiento Suplementario	Amortiguadores Pasivos (No requieren fuentes de energía)	Fluencia de Metales
			Fricción
			Viscoelásticos
			Masa Sintonizada
		Líquido Sintonizado	
		Autocentrado	
		Arriostramientos	
		Masa Sintonizada	
	Rigidez Variable		
	Amortiguamiento Variable		
	Piezoeléctrico		
	Reológico		
	Sistemas de Aislamiento	Elastómero	
		Goma y Plomo	
Goma de Alto Amortiguamiento			
Metálico			
Extrusión de Plomo			
Péndulo de fricción			

Amortiguamiento

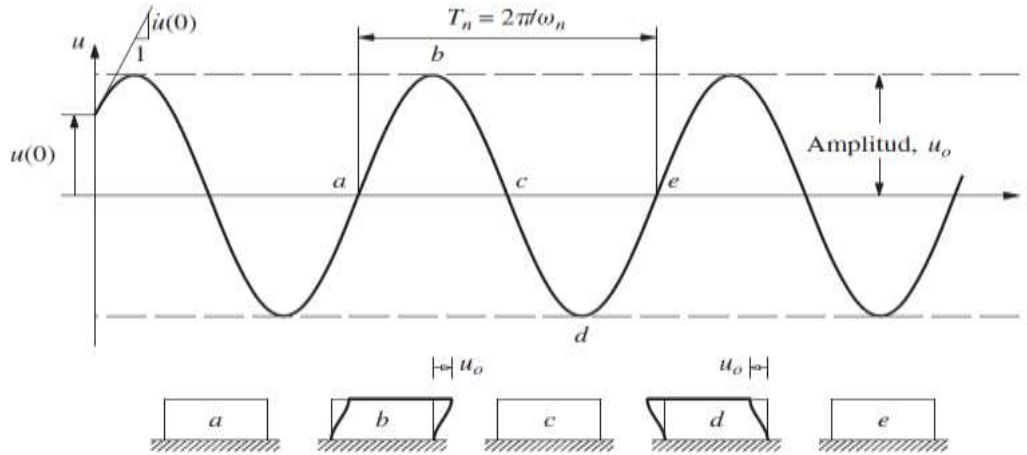


Figura 2.1.1 Vibración libre de un sistema sin amortiguamiento.

$$\zeta = \frac{c}{2m\omega_n} = \frac{c}{c_{cr}}$$

- c = amortiguamiento
- c_{cr} = amortiguamiento crítico
- m = masa
- ω_n = frecuencia
- ζ = razón de amortiguamiento o fracción de amortig. crítico. Es una propiedad del sistema. Depende también de m y K
- c = es una medida de la energía disipada

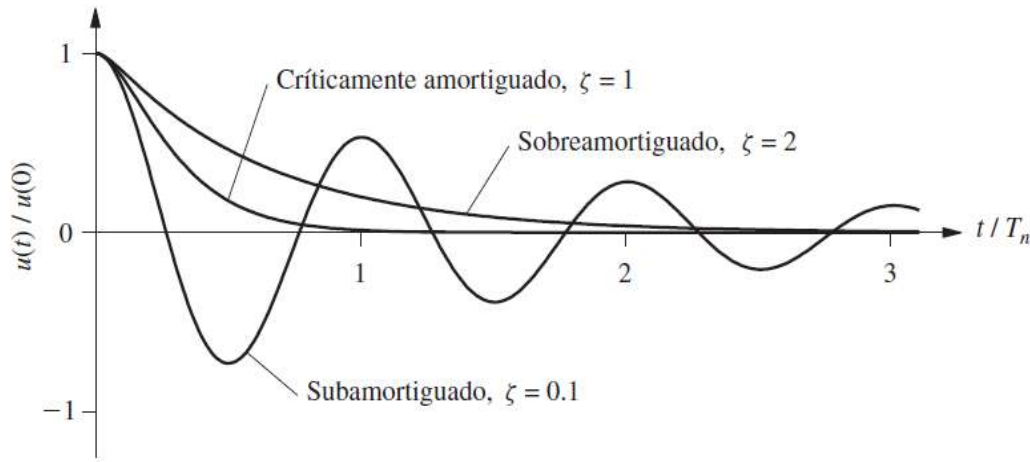


Figura 2.2.1 Vibración libre de sistemas subamortiguado, críticamente amortiguado y sobreamortiguado.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA



FABRICANTES Y USUARIOS

DISIPACIÓN

Sistemas Histeréticos



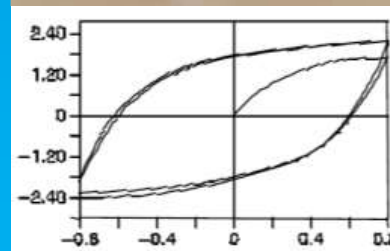
Edificio Titanium, Santiago de Chile. Disipador de placas plegadas.



NMIT Building. Nueva Zelanda
Muros madera postensados

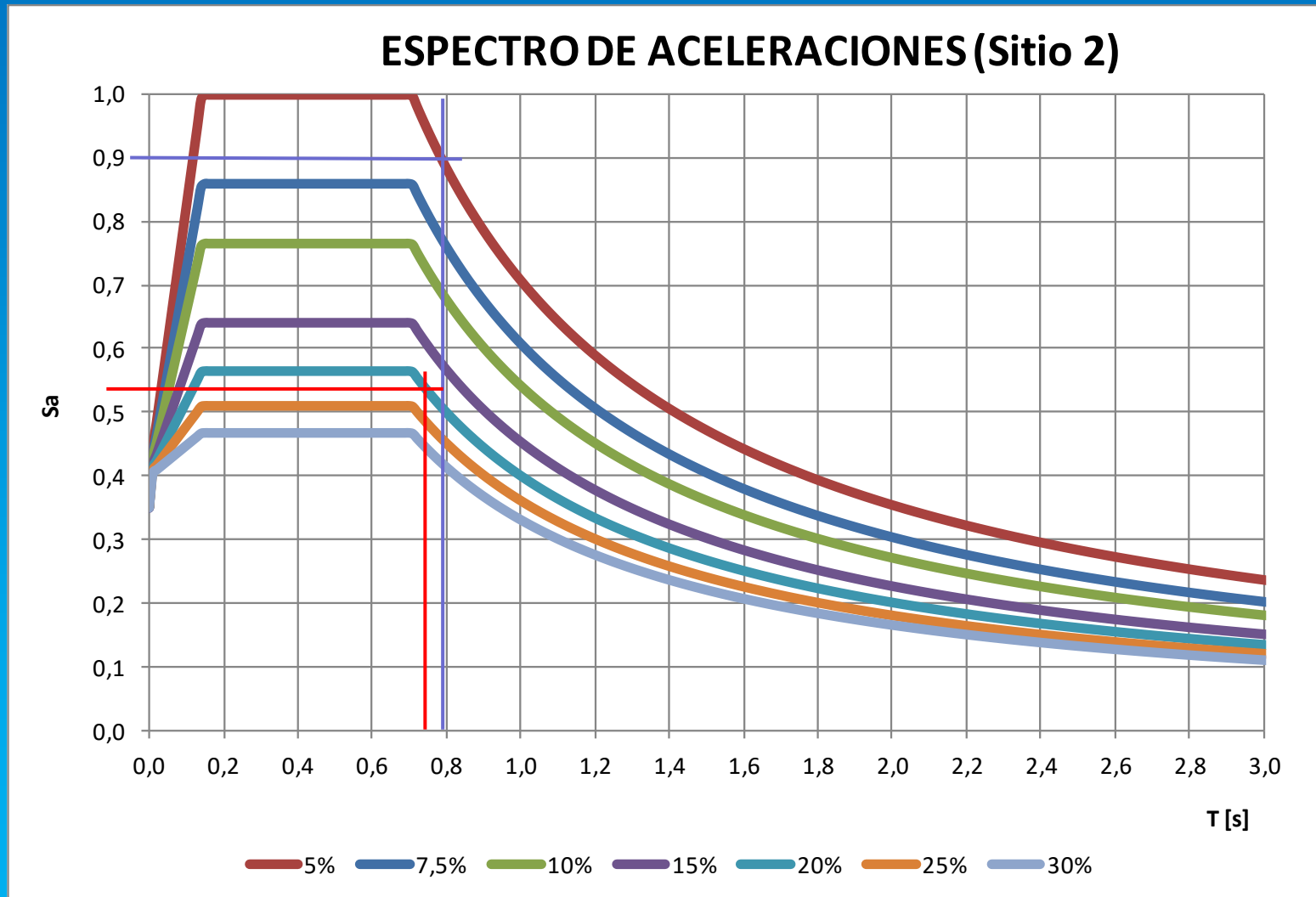


Aplicación en Wells Fargo. Dispositivo. Respuesta histerética
Dispositivo ADAS.

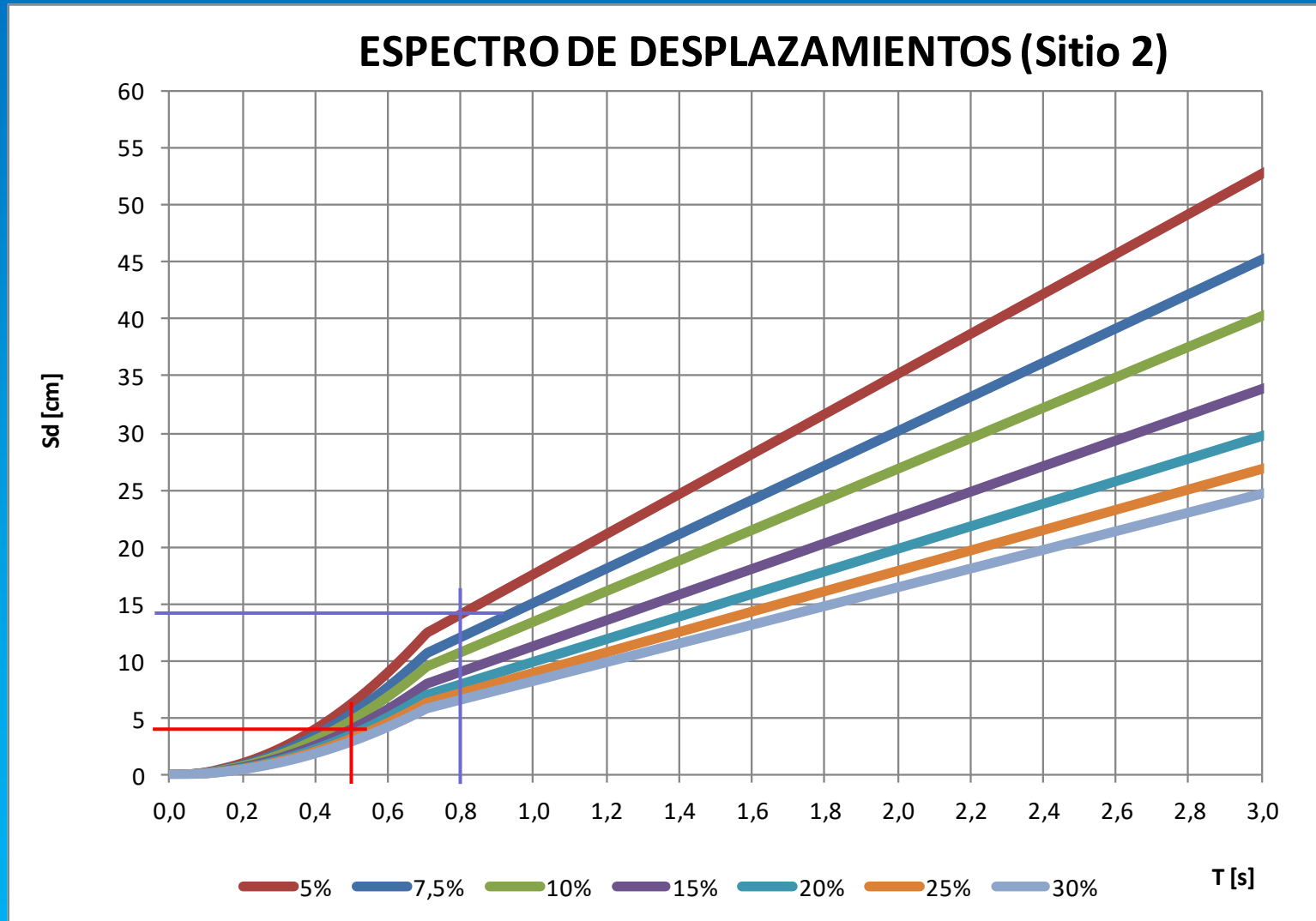


NMIT Building. Nueva Zelanda
Detalle dispositivo

Espectro de Aceleración



Espectro de Desplazamientos



TAYLOR

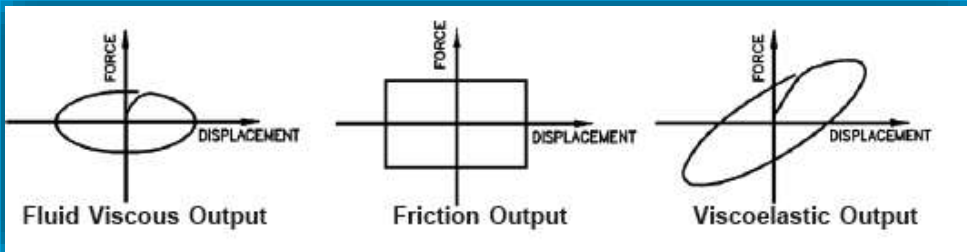
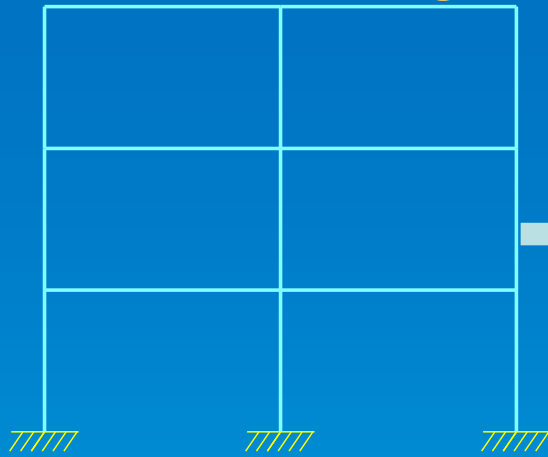


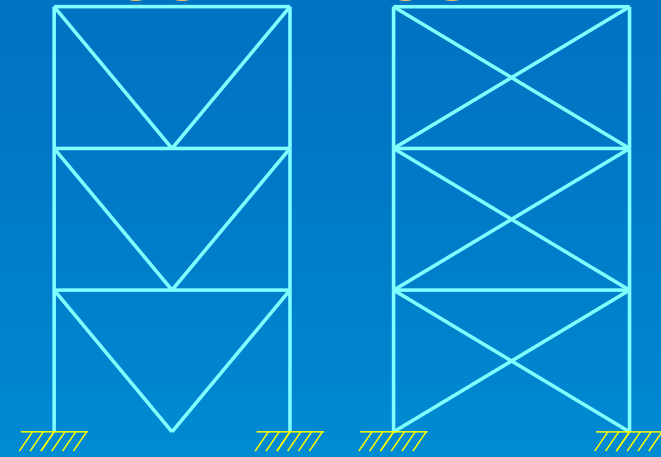
Tabla 1. Sistemas de Protección Sísmica (Christopoulos, C; Filiatrault, A.)

Sistemas convencionales	Rótulas Plásticas de Flexión		
	Rótulas Plásticas de Corte		
	Fluencia de Arriostramientos		
Sistemas de Protección Sísmica (Innovadores)	Sistemas de Amortiguamiento Suplementario	Amortiguadores Pasivos (No requieren fuentes de energía)	FLUENCIA DE METALES
		Amortiguadores Activos y Semiactivos	Masa Sintonizada
			Líquido Sintonizado
			Autocentrado
			Arriostramientos
	Masa Sintonizada		
	Sistemas de Aislamiento		Rigidez Variable
			Amortiguamiento Variable
			Piezoeléctrico
			Reológico
Elastómero			
Goma y Plomo			
Goma de Alto Amortiguamiento			
Metálico			
Extrusión de Plomo			
Péndulo de fricción			

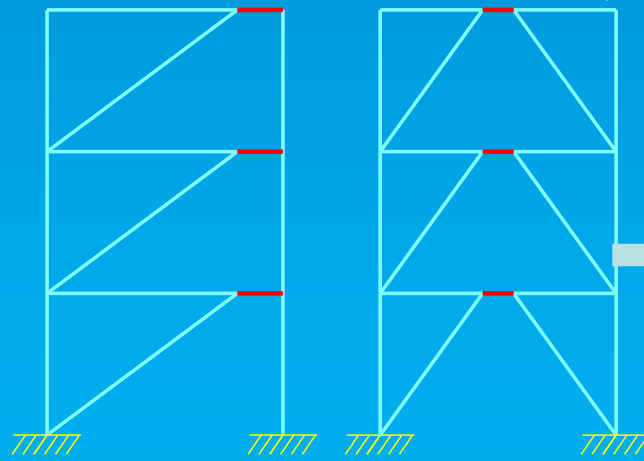
PÓRTICOS ARRIOSTRADOS



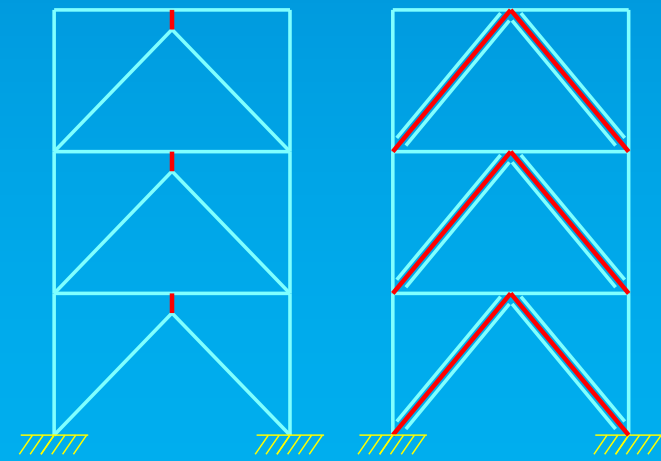
Pórticos (Moment frames)



Pórticos con Arriostramientos Concéntricos
(Concentrically braced frames)



Pórticos Arriostrados Excéntricamente
(Eccentrically braced frames)



Pórticos Arriostrados con Disipadores (Braced
frames with energy dissipators)

DISIPACIÓN DE ENERGÍA

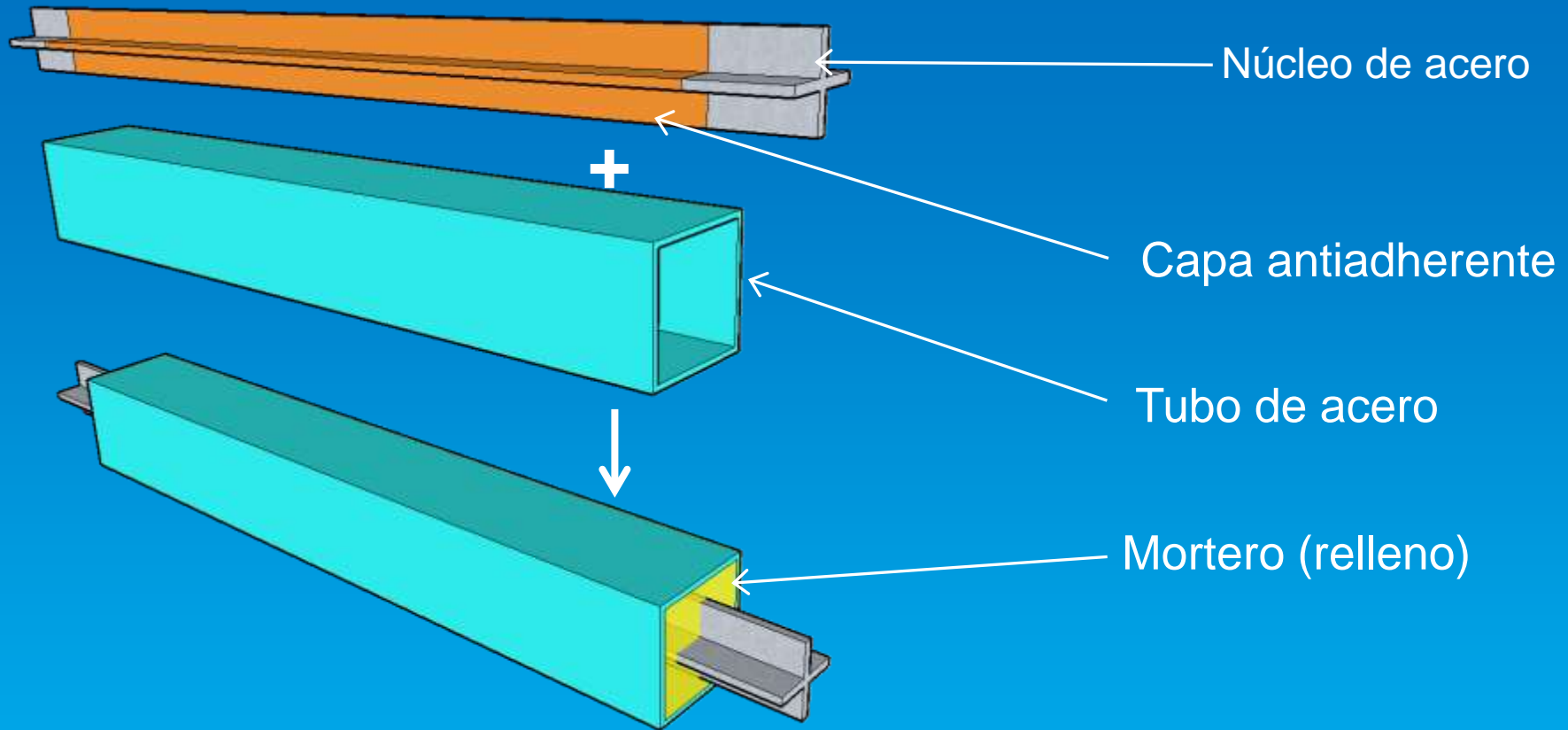


ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



Los pórticos arriostrados fueron introducidos por Watanabe, Wada and Fujimoto en Japón en la década del 80.

CONFORMACIÓN DE LAS B.R.B.

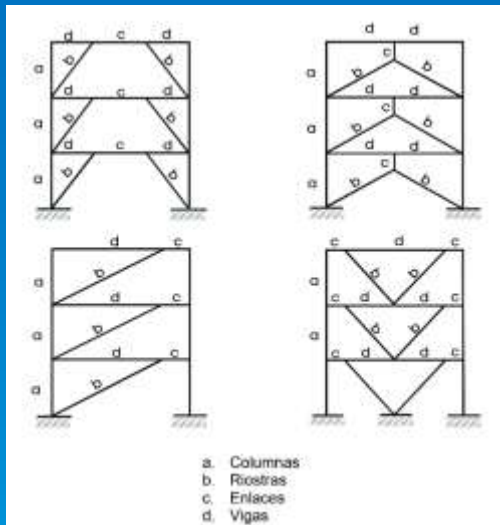


Concepto introducido en
Japón en los '80.

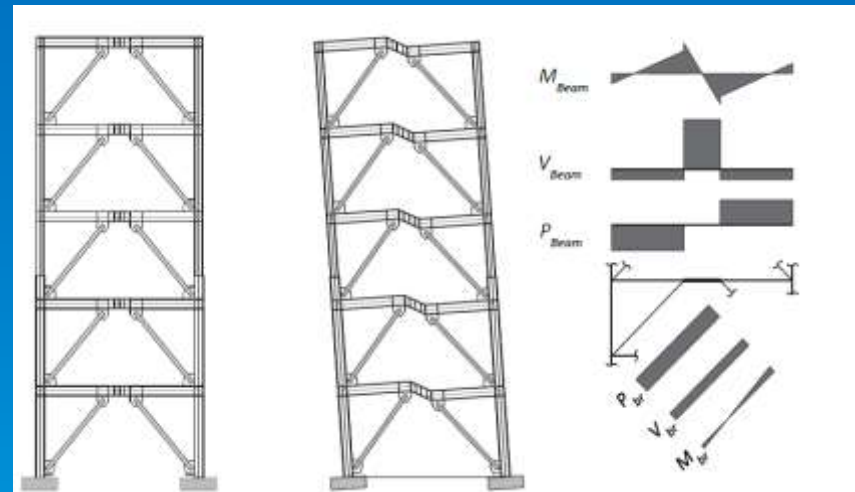
Sistemas patentados

Idea de Diseño: respuesta dúctil
del acero en tracción y
compresión evitando el pandeo
local y global

PÓRTICOS SISMORRESISTENTES ARRIOSTRADOS EXCÉNTRICOS (PSAE)



Configuraciones (I-C 103 IV)



Mecanismo y esfuerzos en un PSAE

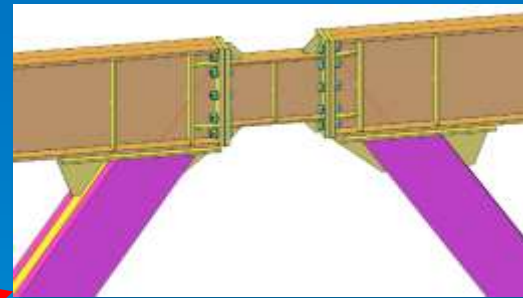
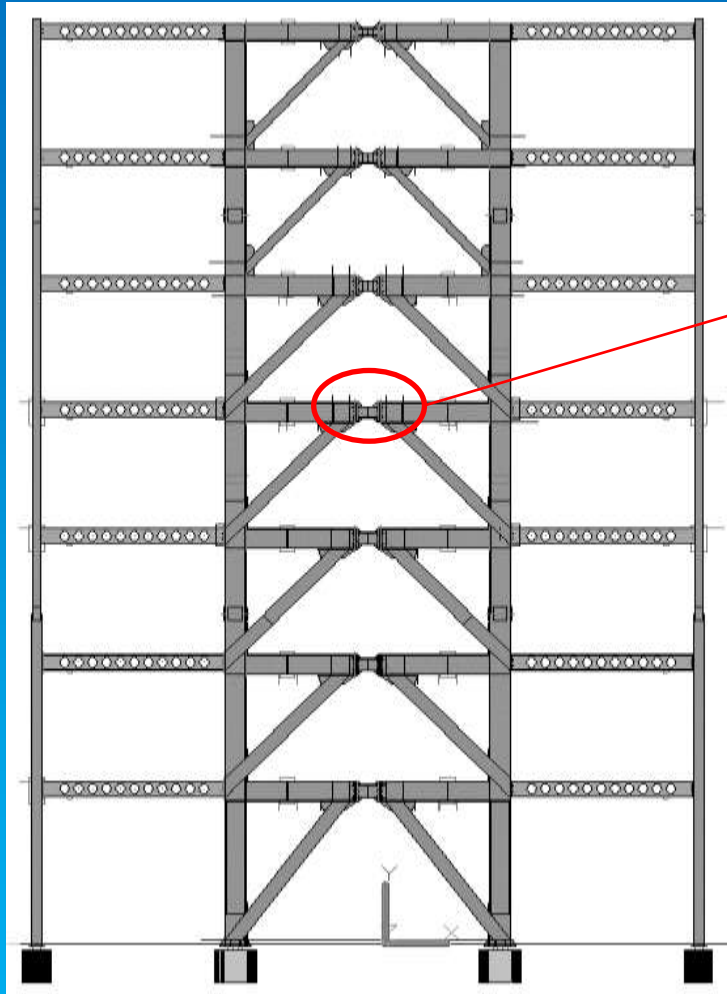
PROPIEDADES de los PSAE

- **Rigidez elástica** comparable a los **Concéntricos** especiales y convencionales, especialmente con longitudes de enlace cortas.
- Capacidad de **disipación de energía** en rango inelástico, comparable a los **Pórticos No Arriostrados Especiales**

FILOSOFÍA DE DISEÑO

- Comportamiento **cíclico** del enlace estable (inelástico)
- Riostras, columnas y vigas fuera del enlace, mantenerse **elásticos** bajo los esfuerzos por plastificación total y endurecimiento por deformación del enlace
- **Evitar mecanismo de piso**: potencial plastificación de columnas junto con plastificación del enlace → piso flexible o piso blando
- Columnas: altas demandas de compresión usar **combinaciones especiales** (c/sobrerresistencia). Si $P_u/(\phi P_n) > 0.4$ usar Ω_o

EJEMPLO 1: EDIFICIO ALVEAR – VISTA PUEBLO



Detalle modelo BIM de enlace y conexión precalificada



Detalle Enlace y conexión precalificada



Plano Estructural PSAE. Vista Modelo BIM

Plano Estructural PSAE. Vista (En construcción)

ENSAYO DE UN PÓRTICO ARRIOSTRADO EXCÉNTRICO



Joint Research Centre

European Laboratory for Structural Assessment

SERIES/DUAREM Final Cyclic Test

ec.europa.eu/jrc

© European Commission 2014

EJEMPLOS EN EL MUNDO

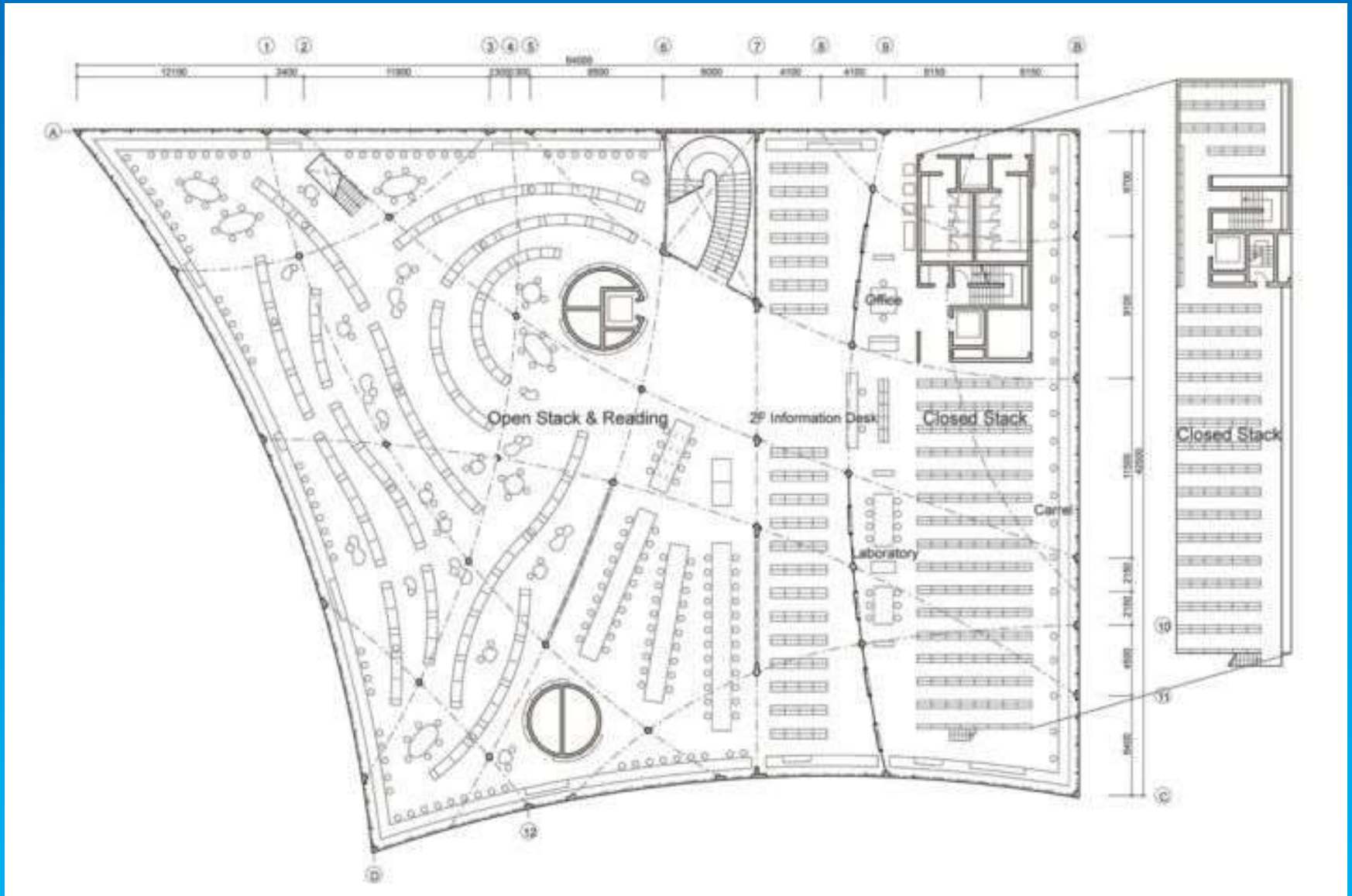
AISLAMIENTO Y DISIPACIÓN DE ENERGÍA



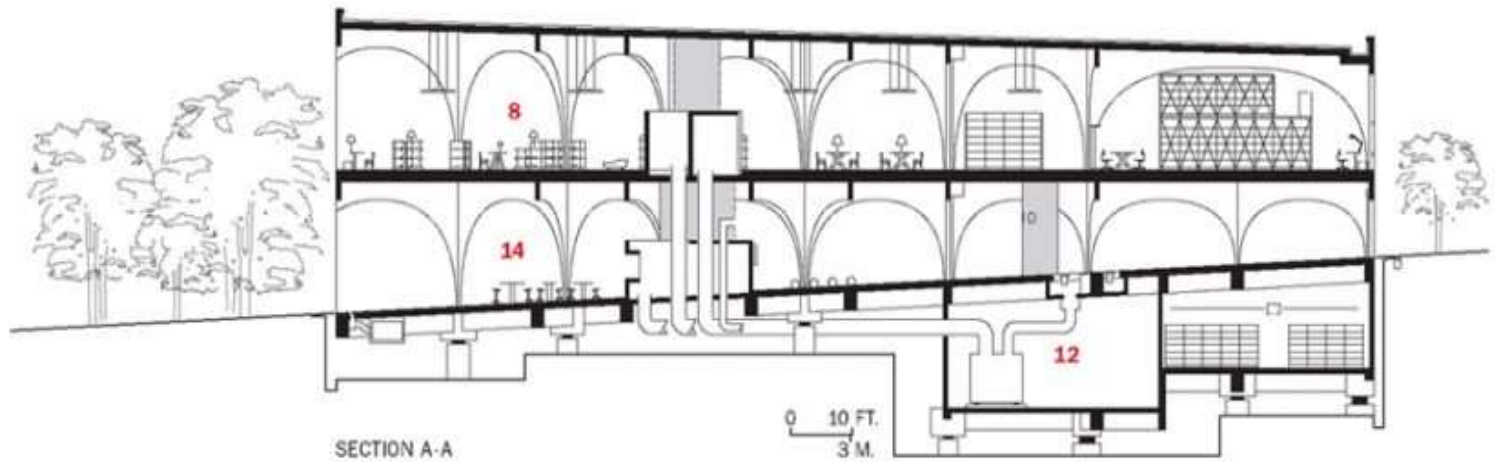
TAMA Art University Library

Tokyo, Japan - By: Toyo Ito, 2007

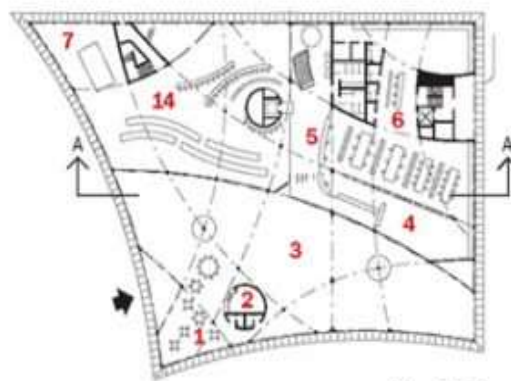




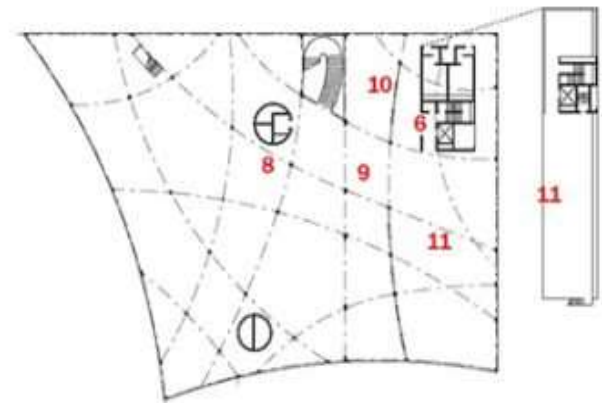
1. *Café*
2. *Café kitchen*
3. *Arcade gallery*
4. *Laboratory*
5. *Checkout desk*
6. *Office*
7. *Temporary theater*
8. *Open stacks/reading*
9. *Reference desk*
10. *Copying*
11. *Closed stacks*
12. *Machine*
13. *Compact storage*
14. *New books/magazines/multimedia*



BASEMENT

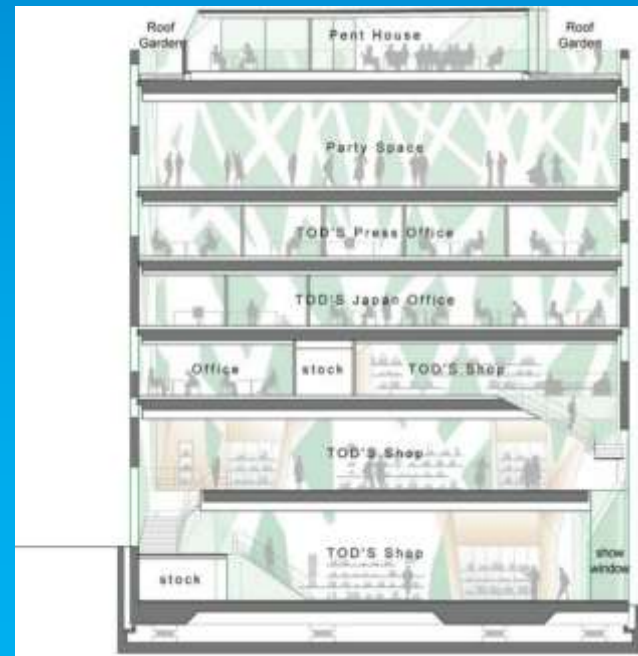


FIRST FLOOR



SECOND FLOOR

EJEMPLO AISLAMIENTO TOD'S



EJEMPLO AISLAMIENTO TOD'S



SÓTANO



NIVEL 1



NIVEL 2



NIVEL 3

1. TIENDA
2. MÁQUINAS
3. ALMACÉN
4. ING. A OFICINAS
5. OFICINAS
6. ALMUERZO
7. REUNIONES
8. EXHIBICIONES
9. FIESTAS
10. CENAS



NIVEL 4



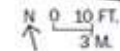
NIVEL 5



NIVEL 6



NIVEL 7



EJEMPLO AISLAMIENTO PRADA

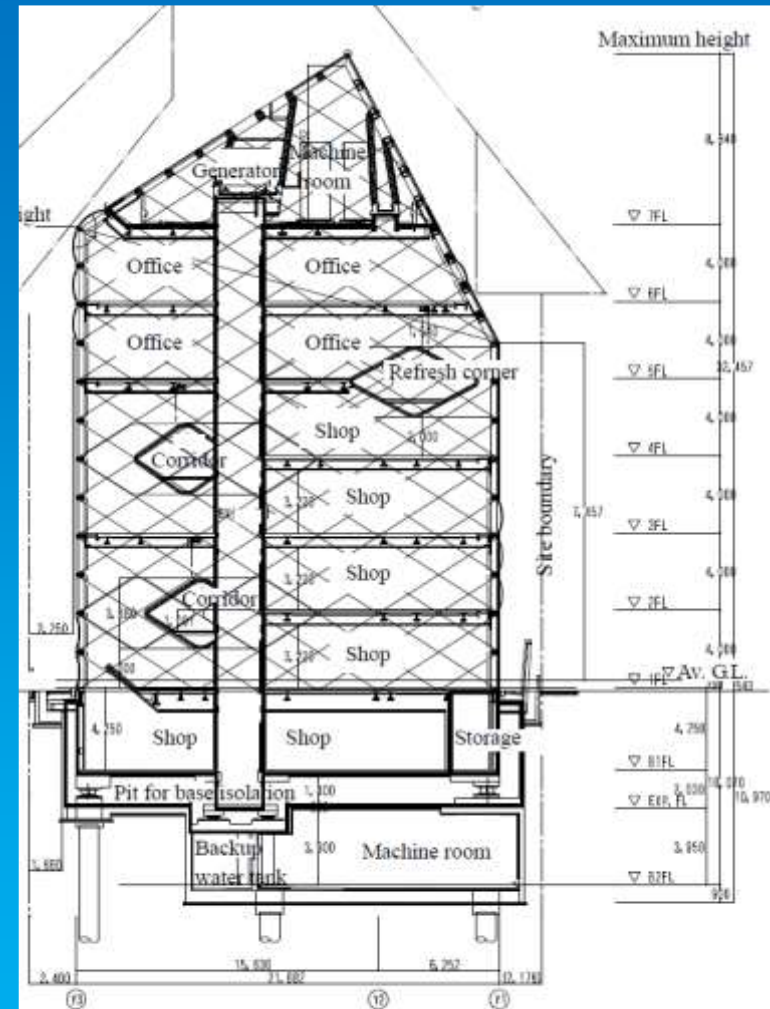


Figure 2 Section

EJEMPLO AISLAMIENTO PRADA

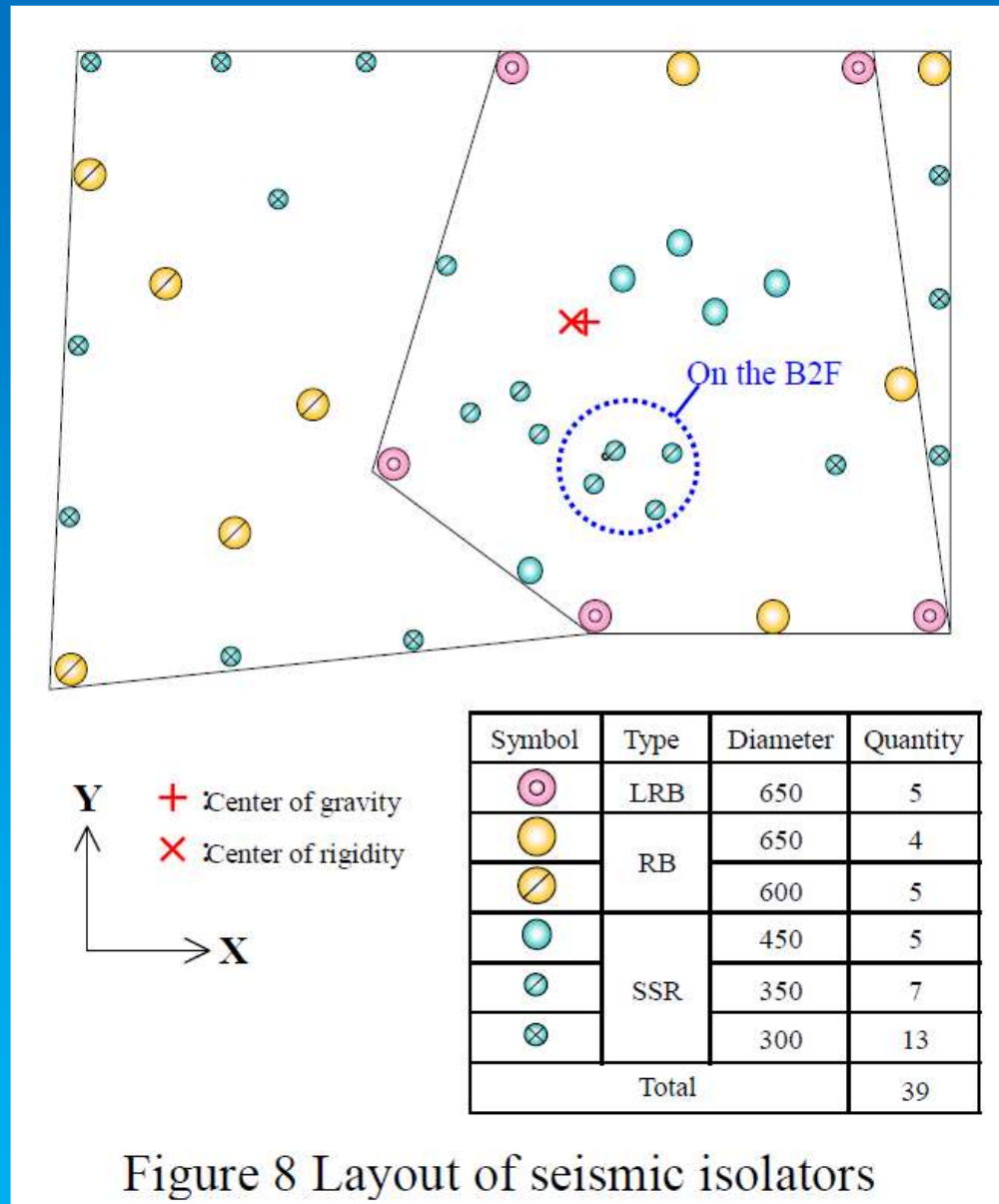


Figure 8 Layout of seismic isolators



FIN

**SISTEMAS AVANZADOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL
AISLAMIENTO Y DISIPACIÓN DE ENERGÍA**