

# Dispositivos antisísmicos Gama ISOSISM<sup>®</sup>



D I S E Ñ A R , C O N S T R U I R , M A N T E N E R



**FREYSSINET**  
SUSTAINABLE TECHNOLOGY



# El Grupo Freyssinet

Freyssinet reúne **una serie de competencias sin parangón en el ámbito de la ingeniería civil especializada.** El Grupo implementa soluciones con un alto valor añadido en dos campos principales: la construcción y las reparaciones.

Freyssinet participa en numerosos proyectos importantes en los cinco continentes, lo que lo convierte en el líder mundial en sus ámbitos de especialidad:

- Pretensado
- Métodos de construcción
- Estructuras cableadas
- Accesorios estructurales
- Reparaciones
- Refuerzo estructural y mantenimiento

Freyssinet está muy concienciada con el desarrollo sostenible y ha puesto en marcha múltiples iniciativas, especialmente para reducir el impacto medioambiental de sus proyectos y para mejorar su política de responsabilidad social.

Freyssinet es una filial del Grupo Soletanche Freyssinet, líder mundial en los sectores del suelo, las estructuras y el campo nuclear.

*Foto de portada: Puente BTZ - Argelia  
Foto superior: Reactor ITER - Francia*

## Nuestra principal preocupación: garantizar la seguridad de todos

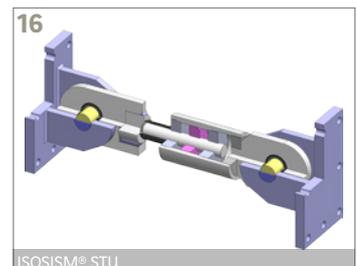
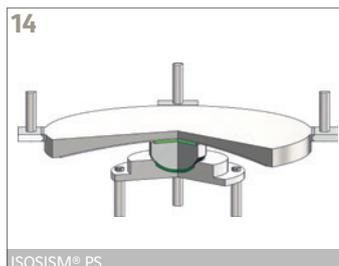
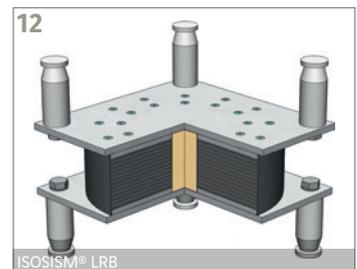
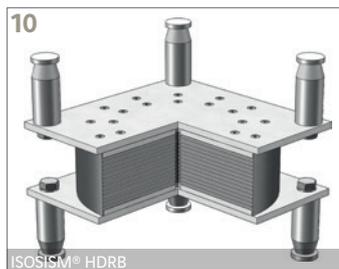
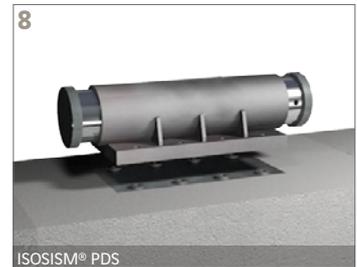
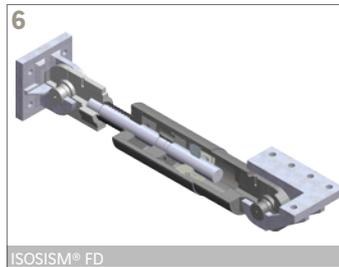


La empresa ha creado una serie de normas de seguridad aplicables a escala internacional para garantizar la seguridad de todos y evitar accidentes industriales. Nuestro deber básico es proteger la integridad física de nuestros empleados y hacer todo lo posible para que todos ellos vuelvan a casa sanos y salvos al acabar la jornada de trabajo. Este compromiso se plasma en nuestras normas y herramientas internas, además de en un comportamiento ejemplar. Lo acompaña un extenso programa de comunicación y sensibilización sobre los riesgos en todas las instalaciones de Freyssinet.

«El modo seguro es el único modo»

## ÍNDICE

DISPOSITIVOS ANTISÍSMICOS / INTRODUCCIÓN	3
PRINCIPIO DE PROTECCIÓN: GAMA ISOSISM®	4
EJEMPLOS DE PROTECCIÓN	5



ESTUDIOS - DISEÑO ESTRUCTURAL	18
LA EXPERIENCIA DE FREYSSINET	20
REFERENCIAS	22

# DISPOSITIVOS ANTISÍSMICOS / INTRODUCCIÓN

No fue hasta mediados del siglo XX cuando comenzaron a adoptarse medidas reales para proteger las estructuras en zonas de gran actividad sísmica. En la mayoría de los casos se usaban únicamente sistemas pasivos, como muros de contraviento en edificios y procesos de plastificación de elementos predefinidos en el caso de los puentes.

Gracias a este tipo de protecciones las estructuras podían soportar determinados sucesos sísmicos y proteger vidas humanas, pero seguía siendo necesario efectuar importantes reparaciones en los elementos protectores dañados tras terremotos de alta intensidad.

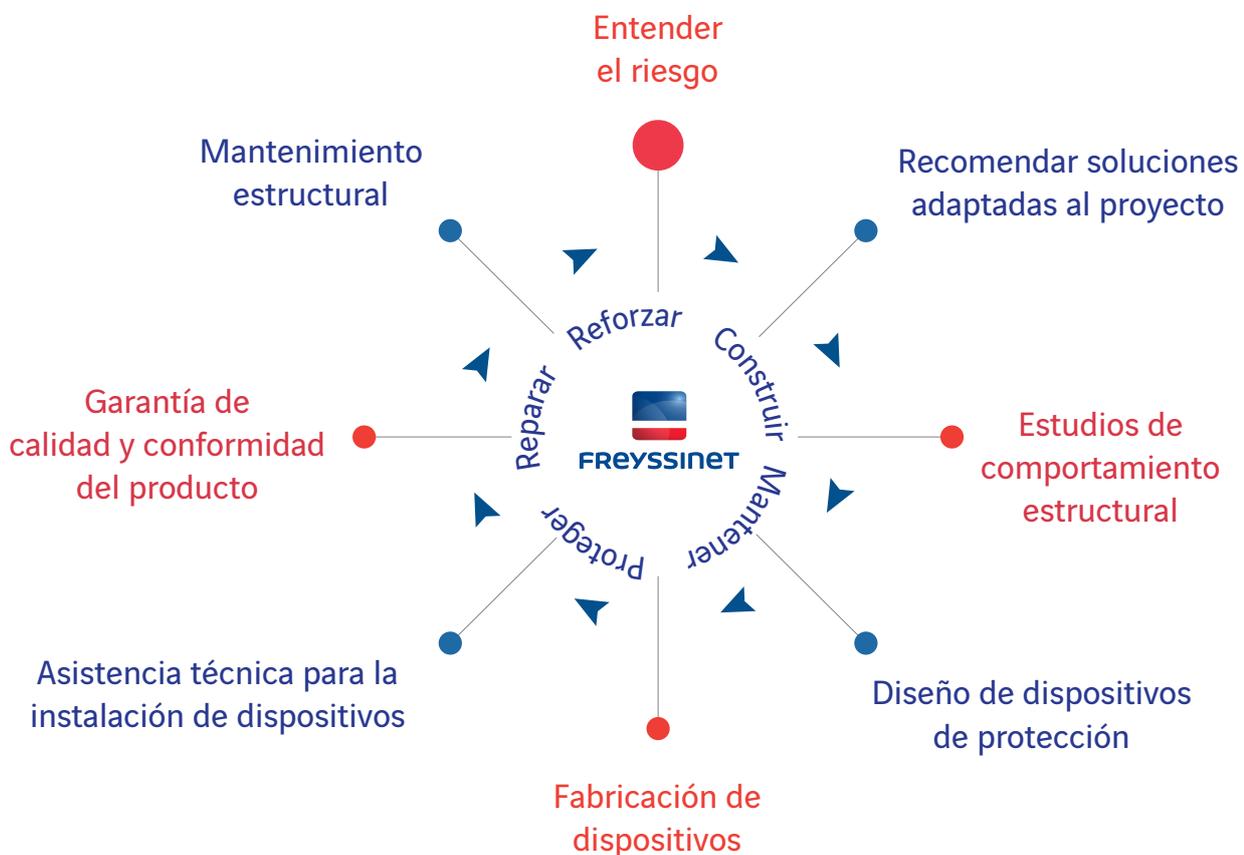
Las sociedades modernas ya no están dispuestas a aceptar los terremotos como un fenómeno inevitable y la tendencia actual es equipar las estructuras de las zonas sísmicas con dispositivos especiales capaces de absorber o limitar los efectos del sismo, reduciendo al mismo tiempo los costes de ingeniería tanto durante la construcción como en la reconstrucción posterior al sismo.

Freyssinet aprovecha su experiencia en todas las fases del proceso, desde el diseño a la fabricación e instalación, para ofrecer soluciones óptimas y adaptadas para cada proyecto.

## NUESTRAS SOLUCIONES RESPONDEN A LOS SIGUIENTES CRITERIOS:

Freyssinet tiene una amplia experiencia en el campo de los dispositivos antisísmicos, desde el diseño de la estrategia de protección sísmica para estructuras específicas al suministro y la instalación de los sistemas diseñados,

fabricados y ensayados por el Grupo. Esta capacidad se basa en su extensa trayectoria y aporta a los diseñadores estructurales y los clientes soluciones prácticas para minimizar los riesgos sísmicos.



# PRINCIPIO DE PROTECCIÓN: LA GAMA ISOSISM®

Gracias a sus extensos conocimientos y su dilatada experiencia en la construcción y el equipamiento de estructuras, Freyssinet se sitúa a la vanguardia del desarrollo de dispositivos de aislamiento sísmico y ofrece una completa gama de productos especiales denominada ISOSISM®.

Estos dispositivos se pueden usar por separado o combinados para lograr la protección más eficaz y adecuada para cada proyecto.

La protección sísmica se basa en tres modos de funcionamiento básicos:

- Disipación
- Aislamiento
- Conexión



## DISIPACIÓN

- Es posible disipar parte de la energía generada durante un terremoto mediante amortiguadores que minimizan los efectos en las estructuras. Los amortiguadores oponen una resistencia muy baja a los movimientos lentos y son totalmente eficaces ante esfuerzos rápidos (terremotos, impactos de barcos, etc.).
- Se usan combinados con un sistema de aislamiento, sobre todo apoyos elastoméricos de al amortiguamiento, para reducir al mismo tiempo el desplazamiento estructural y las tensiones a las que está sometida la estructura.
- La instalación de amortiguadores reduce notablemente el coste de las reparaciones estructurales tras un terremoto. Además, permiten mantener en funcionamiento edificios clave como los hospitales. También proporcionan una protección eficaz para estructuras antiguas cuyo diseño original no contemplaba la resistencia a la actividad sísmica.

PRODUCTOS



FD



PDS

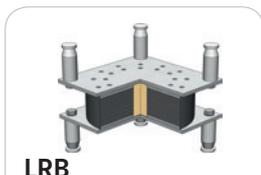
## AISLAMIENTO

- Se aísla la estructura del movimiento del suelo mediante conexiones flexibles, en especial apoyos elastoméricos reforzados o sistemas de deslizadores, para incrementar el periodo fundamental de vibración de la estructura que hay que proteger y reducir la respuesta a la aceleración sísmica. La aceleración se reduce a la mitad o incluso a un tercio en las estructuras equipadas con estos sistemas.
- La eficacia de aislamiento está directamente relacionada con la rigidez horizontal y conduce a un importante desplazamiento de la estructura durante el episodio sísmico.
- Por lo tanto, el aislamiento estructural genera unos niveles bajos de frecuencia y aceleración y un desplazamiento relativo alto.

PRODUCTOS



HDRB



LRB



PS

## CONEXIÓN

- Una estrategia de valor añadido consiste en limitar el desplazamiento sísmico de las estructuras con el fin de simplificar los dispositivos que se usan para crear la conexión con las estructuras adyacentes (mallas, juntas de calzada, etc.). En estos casos, los diseñadores pueden usar:
  - Apoyos mecánicos para transferir todas las fuerzas sísmicas de los cimientos a la estructura (protección pasiva).
  - Conectores sísmicos, cuya característica distintiva es que oponen una resistencia muy baja a los desplazamientos lentos debidos a las variaciones de temperatura, la contracción y la fluencia arrastre. Crean una sólida conexión entre la superestructura y las estructuras de soporte durante los desplazamientos rápidos asociados a los episodios sísmicos.
- Los conectores también presentan la ventaja de distribuir las altas fuerzas sísmicas horizontales entre todas las estructuras de soporte (pilas) en las que están montados.

PRODUCTO

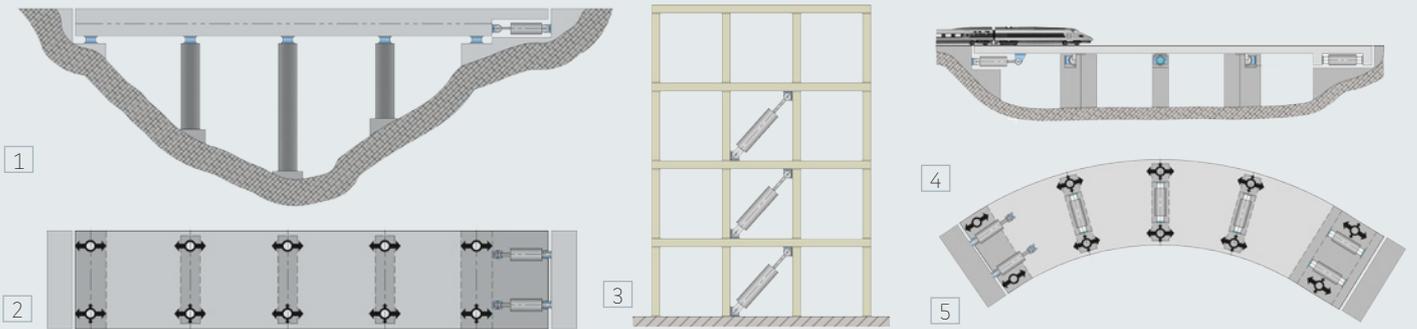


STU

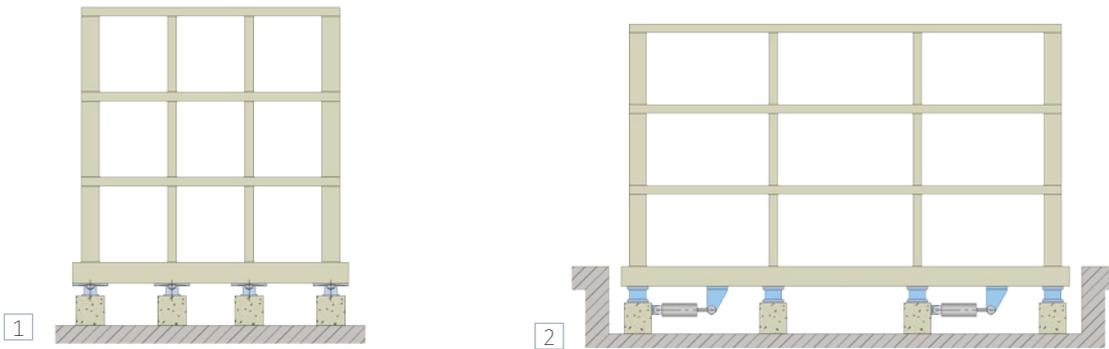
# EJEMPLOS DE PROTECCIÓN

Existen dos estrategias para proteger de forma eficaz las estructuras frente a fuerzas destructivas:

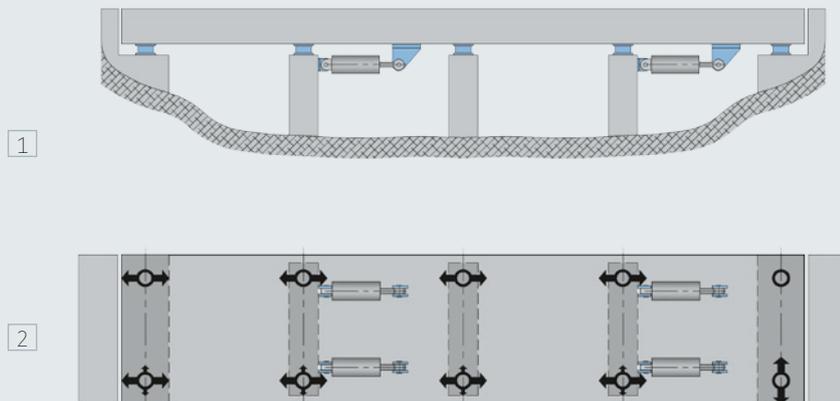
1. Diseñar la estructura de forma que soporte cualquier tipo de tensión dinámica o estática.
2. Equipar la estructura con dispositivos especiales que:
  - Puedan aislar la estructura total o parcialmente de sus cimientos.
  - Disipen la energía que se genera durante los esfuerzos dinámicos.
  - Usen alguno de los apoyos de la estructura que no soporten cargas horizontales durante el funcionamiento normal.



1. ISOSISM® FD en un estribo
2. Planta de un dispositivo ISOSISM® FD
3. ISOSISM® FD en un muro contraviento
4. ISOSISM® PDS y FD bajo un puente ferroviario
5. Planta de dispositivos ISOSISM® PDS y FD

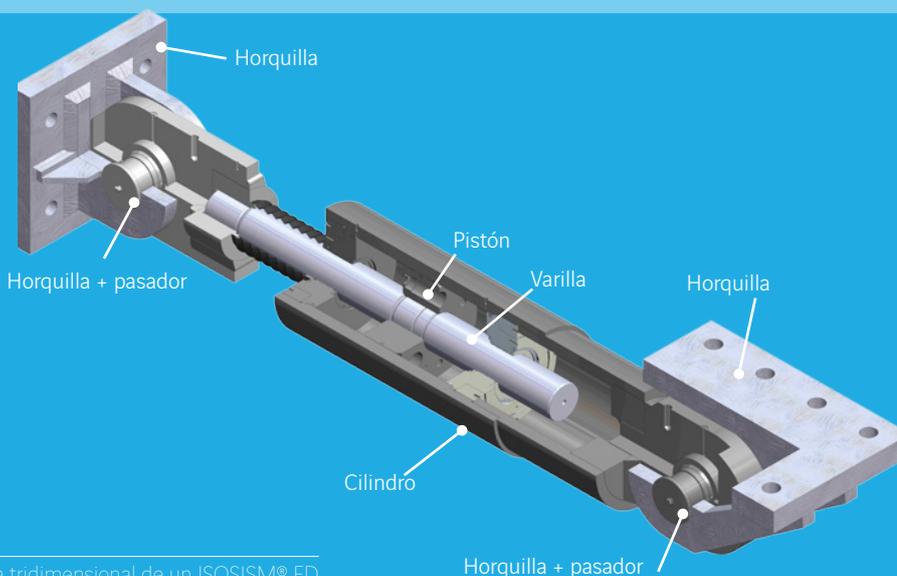


1. Edificio aislado con ISOSISM® PS, ISOSISM® HDRB o ISOSISM® LRB
2. Aisladores ISOSISM® HDRB y disipadores ISOSISM® FD bajo un edificio



1. Instalación de un ISOSISM® STU bajo un puente
2. Planta de un puente equipado con dispositivo ISOSISM® STU

# DISIPACIÓN: ISOSISM<sup>®</sup> FD



Vista tridimensional de un ISOSISM<sup>®</sup> FD

## Diseño

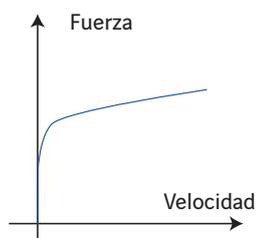
- El ISOSISM<sup>®</sup> FD (amortiguador de fluido) es un amortiguador hidráulico basado en un fluido viscoso que se mantiene estable a pesar de las variaciones de temperatura y el paso del tiempo. Está formado por un cilindro con dos cámaras separadas por un pistón. El pistón está fijado a una varilla conectada a una horquilla y el cuerpo, por su parte, está unido a otra horquilla. El amortiguador funciona tanto en tracción como en compresión.
  - El amortiguamiento conseguido con un FD es debido a el flujo del fluido viscoso a través del pistón, que está equipado con válvulas diseñadas específicamente.
- Cumple lo dispuesto por la norma EN 15129 y puede suministrarse con marcado CE a tal efecto.

## Principios de comportamiento

El ISOSISM<sup>®</sup> FD funciona mediante un sistema de válvulas de apertura controlada. Sus principios de comportamiento responden a este modelo:

$$F = C \cdot V^\alpha$$

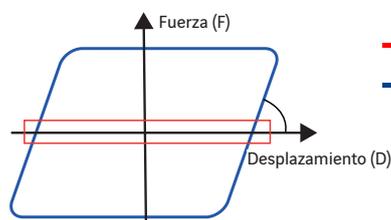
( $\alpha$  puede estar entre 0,05 y 1.  
Normalmente está entre 0,1 y 0,2).



$\alpha$ : Coeficiente de amortiguamiento

F: Fuerza

V: Velocidad



— Velocidad baja

— Velocidad alta

## Características específicas

Los amortiguadores ISOSISM<sup>®</sup> FD no evitan desplazamientos muy lentos como los debidos a las variaciones térmicas. Reaccionan en caso de terremoto y disipan parte de la energía sísmica.

Estos amortiguadores se pueden usar como complemento a los aisladores para incrementar el índice total de amortiguamiento obtenido por el equipamiento antisísmico.

Equipar una estructura con amortiguadores reduce los costes de las operaciones de ingeniería civil. También garantiza la integridad de la estructura durante y después de un terremoto y reduce los costes de mantenimiento.

Los amortiguadores son idóneos para estructuras nuevas o para adecuar las estructuras antiguas a la normativa actual.

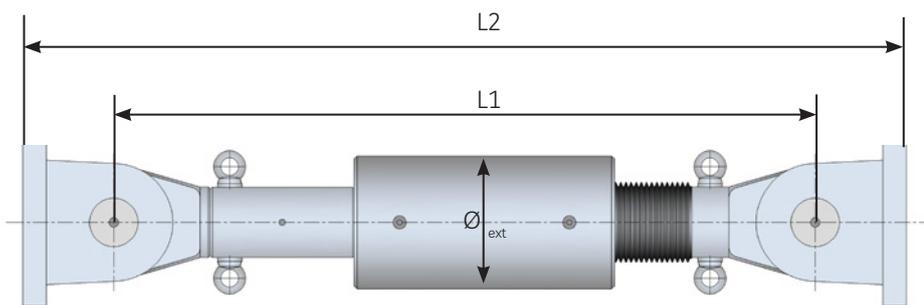


## Principales propiedades:

- Opone una resistencia muy baja a los desplazamientos durante el funcionamiento normal.
- Disipa la energía durante un terremoto.
- Puede diseñarse como un punto fijo en funcionamiento de servicio.



## Gama



$\varnothing_{ext}$ : Diámetro exterior excluido el acumulador

$F_{m\acute{a}x}$ : Fuerza máxima

$D_{m\acute{a}x}$ : Desplazamiento máximo

L2: Longitud total a media carrera

L1: Longitud entre ejes a media carrera

Tipo	$F_{m\acute{a}x}$ kN	$D_{m\acute{a}x}$ ± mm	L1 mm	L2 mm	$\varnothing_{ext}$ mm
FD 1000/200	1.000	± 100	1.345	1.710	298
FD 1000/400	1.000	± 200	1.895	2.260	298
FD 1500/200	1.500	± 100	1.410	1.840	313
FD 1500/400	1.500	± 200	1.960	2.390	313
FD 2000/200	2.000	± 100	1.500	2.000	324
FD 2000/400	2.000	± 200	2.050	2.550	324
FD 2500/200	2.500	± 100	1.565	2.115	358
FD 2500/400	2.500	± 200	2.116	2.665	358
FD 3000/200	3.000	± 100	1.680	2.280	396
FD 3000/400	3.000	± 200	2.230	2.830	396
FD 3500/200	3.500	± 100	1.795	2.475	424
FD 3500/400	3.500	± 200	2.345	3.025	424
FD 4000/200	4.000	± 100	1.865	2.575	448
FD 4000/400	4.000	± 200	2.415	3.125	448

Oferta aportada a título indicativo.

Es posible suministrar otros modelos previa solicitud.

La fuerza máxima que aparece en esta tabla incluye los factores de amplificación previstos en la norma EN 15129.

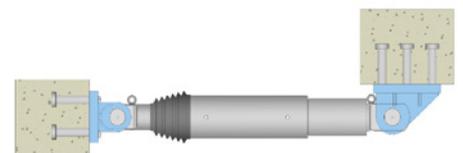
## Conexiones estructurales

Se pueden usar distintas configuraciones para la instalación en la estructura.

Freyssinet ofrece una solución de conexión adecuada para cada configuración.



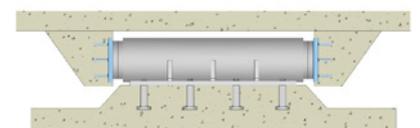
Conexión cizallamiento/cizallamiento



Conexión tracción/cizallamiento



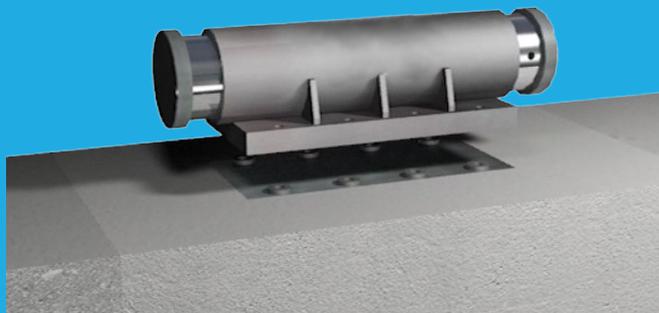
Conexión tracción/compresión



Conexión con placas de deslizamiento

# DISIPACIÓN: ISOSISM® PDS

## Diseño



Vista tridimensional de un ISOSISM® PDS

• El ISOSISM® PDS (resorte de amortiguamiento pretensado) combina las ventajas de un amortiguador de fluido viscoso y las de un resorte hidráulico pretensado. En condiciones normales de funcionamiento, el ISOSISM® PDS actúa como un punto fijo. Durante un terremoto, disipa la energía y devuelve la estructura a su posición inicial.

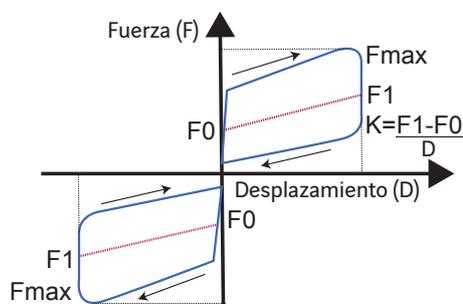
• El ISOSISM® PDS se puede instalar en el eje transversal o el longitudinal del tablero. Sus extremos están equipados con un material deslizante para dar acomodo a la dilatación térmica de la estructura. Cumple lo dispuesto por la norma EN 15129 y puede suministrarse con marcado CE a tal efecto.

## Principios de comportamiento

Los principios de comportamiento del ISOSISM® PDS responden al siguiente modelo:

$$F = F_0 + KD + CV^\alpha$$

$$\alpha \leq 0,1$$



F: Fuerza de reacción

$F_0$ : Pretensado

K: Rigidez

C: Constante de amortiguamiento

V: Velocidad

$\alpha$ : Coeficiente de amortiguamiento

## Principales propiedades:

- Se opone al desplazamiento en condiciones normales de funcionamiento.
- Disipa la energía durante un terremoto.
- Vuelve a centrar la estructura tras un terremoto.

## Características específicas

La fuerza de pretensado  $F_0$  del ISOSISM® PDS debe ser superior a las fuerzas que tiene que soportar mientras está operativo, como la dilatación térmica, el frenado o el viento. Y tiene que ser inferior a las fuerzas sísmicas.

El ISOSISM® PDS ofrece múltiples ventajas:

- Tres funciones importantes combinadas en un único dispositivo (tope, amortiguador y resorte).
- Alta fiabilidad: el dispositivo sólo soporta tensión en caso de terremoto.
- Diseño compacto.
- Elevada eficacia.
- Cero mantenimiento.

Los dispositivos ISOSISM® PDS se usan mucho para formar el punto fijo longitudinal de los tableros de puentes.



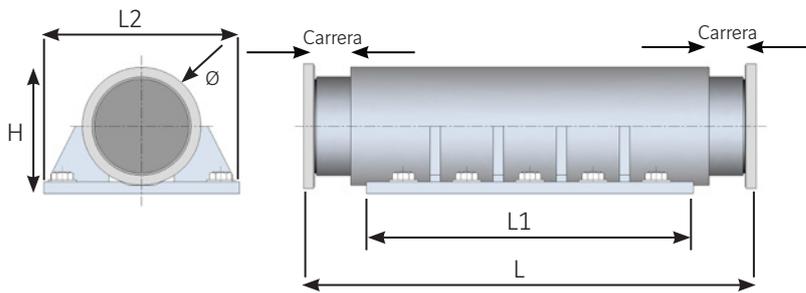
1. Puente Mardakan - Azerbaiyán

2. Instalación de un ISOSISM® PDS

3. Vista tridimensional de un ISOSISM® PDS



## Gama



F: Fuerza de pretensado

$F_{m\acute{a}x}$ : Fuerza máxima

K: Rigidez

L: Longitud

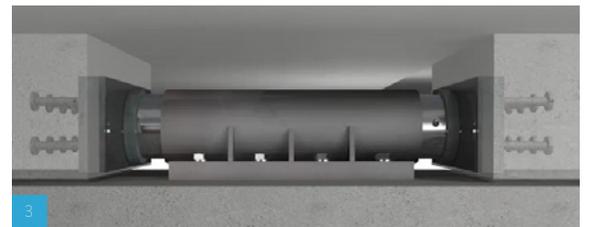
H: Altura

$\varnothing$ : Diámetro

L1: Longitud de la placa de montaje

L2: Anchura de la placa de montaje

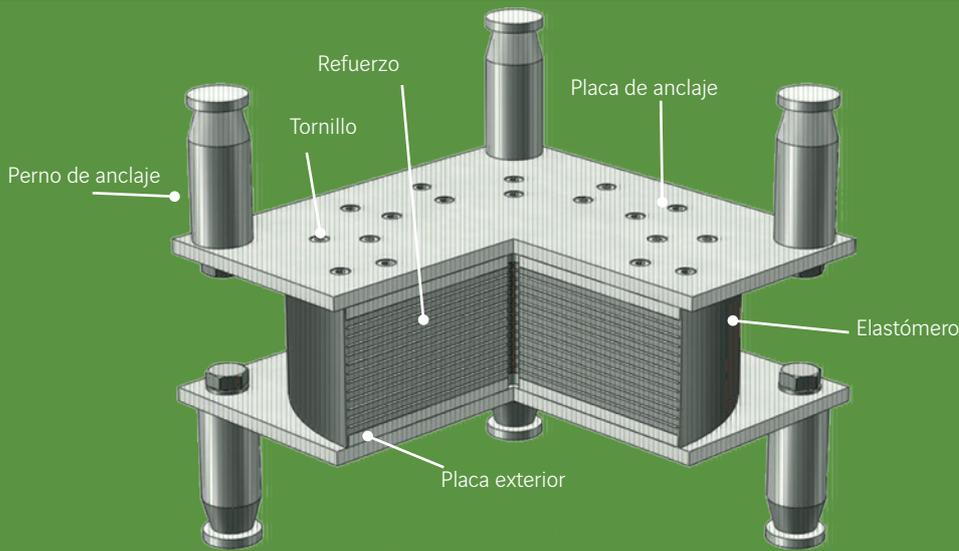
## Conexiones estructurales



Tipo	$F_0$ kN	Carrera	$F_{m\acute{a}x}$ kN	K kN/mm	L mm	H mm	$\varnothing$ mm	L1 mm	L2 mm
PDS 100-290-50	100	$\pm 50$	290	1,6	660	155	130	520	260
PDS 100-290-100	100	$\pm 100$	290	0,8	1.020	165	130	780	260
PDS 250-670-50	250	$\pm 50$	670	3	900	215	180	760	360
PDS 250-670-100	250	$\pm 100$	670	1,5	1.370	230	180	1.130	360
PDS 500-1210-50	500	$\pm 50$	1.210	5	1.130	285	240	990	480
PDS 500-1210-100	500	$\pm 100$	1.210	2,5	1.680	305	240	1.440	480
PDS 750-1660-50	750	$\pm 50$	1.660	7	1.220	320	270	1.080	540
PDS 750-1660-100	750	$\pm 100$	1.660	3,5	1.800	340	270	1.560	540
PDS 1000-2000-50	1.000	$\pm 50$	2.000	10	1.300	345	290	1.160	580
PDS 1000-2000-100	1.000	$\pm 100$	2.000	5	1.870	360	290	1.630	580
PDS 1500-3000-50	1.500	$\pm 50$	3.000	12	1.520	415	350	1.380	700
PDS 1500-3000-100	1.500	$\pm 100$	3.000	6	2.190	435	350	1.950	700
PDS 2000-3610-50	2.000	$\pm 50$	3.610	20	1.610	460	390	1.470	780
PDS 2000-3610-100	2.000	$\pm 100$	3.610	10	2.240	480	390	2.000	780
PDS 2500-4520-50	2.500	$\pm 50$	4.520	25	1.670	505	430	1.530	860
PDS 2500-4520-100	2.500	$\pm 100$	4.520	12,5	2.280	520	430	2.040	860
PDS 3000-5420-50	3.000	$\pm 50$	5.420	30	1.740	545	470	1.600	940
PDS 3000-5420-100	3.000	$\pm 100$	5.420	15	2.350	565	470	2.110	940

Oferta aportada a título indicativo. Es posible suministrar otros modelos previa solicitud.

# AISLAMIENTO: ISOSISM<sup>®</sup> HDRB



Vista tridimensional de un ISOSISM<sup>®</sup> HDRB

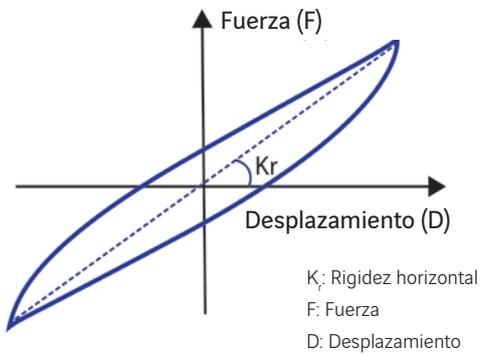
## Diseño

- El ISOSISM<sup>®</sup> HDRB (apoyo de caucho de alto amortiguamiento) es un aislador diseñado usando un bloque elastomérico (caucho natural) reforzado con acero adherido mediante vulcanización. Cumple lo dispuesto por la norma EN 15129 y puede suministrarse con marcado CE a tal efecto.
- Por regla general es un aislador de tipo C (equipado con placas exteriores) fabricado con las dimensiones requeridas para el proyecto. Está disponible en formato redondo o cuadrado.
- El amortiguamiento que proporciona el ISOSISM<sup>®</sup> HDRB se debe a la naturaleza del compuesto elastomérico y reduce la aceleración y el desplazamiento de las estructuras durante un episodio sísmico.
- Es posible diseñarlo y fabricarlo siguiendo las especificaciones de otras normas internacionales como la AASHTO, la ASCE, etc.

## Principios de comportamiento

Los principios de comportamiento del ISOSISM<sup>®</sup> HDRB responden al siguiente modelo:

$$F = K_r \cdot D$$

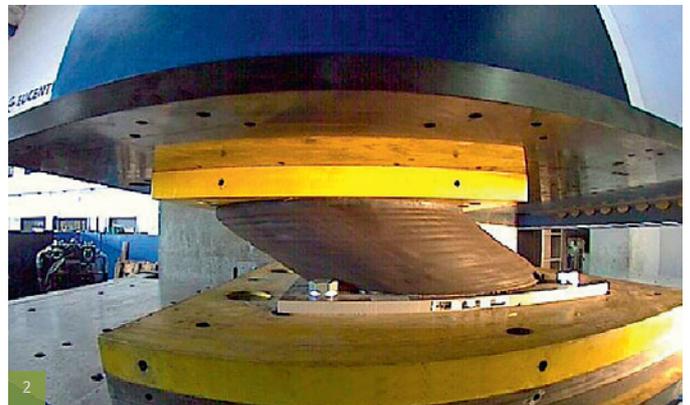


## Principales propiedades:

- Alta capacidad de recentrado.
- Capacidad de amortiguamiento moderada ( $\xi \leq 16\%$  y  $\geq 10\%$ ).
- Desplazamiento máximo moderado.
- No requiere mantenimiento.

## Características específicas

El ISOSISM<sup>®</sup> HDRB tiene numerosas aplicaciones en edificios, plantas nucleares, estructuras de ingeniería civil, etc. Aísla la estructura del movimiento del suelo formando una conexión flexible que incrementa el periodo fundamental de vibración de la estructura que hay que proteger y reduce su aceleración en una relación de dos a tres.



- 1 Reactor ITER - Francia
- 2 Ensayos estáticos y dinámicos de un ISOSISM<sup>®</sup> HDRB
- 3 ISOSISM<sup>®</sup> HDRB, reactor ITER - Francia
- 4 ISOSISM<sup>®</sup> HDRB fijado a una estructura superior



## Gama

La composición de la mezcla elastomérica determina la capacidad de amortiguamiento del aislador ISOSISM® HDRB.

Las características mecánicas del elastómero hacen que el aislador sea capaz de soportar deformaciones sísmicas hasta  $\tan \gamma = 2,5$ .

Hay tres tipos de mezclas disponibles para diversos valores de amortiguamiento y del módulo G de corte:

- Modelo HDRB 0,4-10: Módulo  $G=0,4$  MPa – Amortiguamiento = 10 % (a  $\tan \gamma=1$ )
- Modelo HDRB 0,8-10: Módulo  $G=0,8$  MPa – Amortiguamiento = 10 % (a  $\tan \gamma=1$ )
- Modelo HDRB 1,4-16: Módulo  $G=1,4$  MPa – Amortiguamiento = 16% (a  $\tan \gamma=1$ )

Ø: Diámetro

$T_r$ : Altura total del elastómero

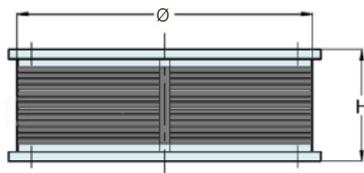
H: Altura total del aislador

$\Delta_{m\acute{a}x}$ : Desplazamiento horizontal máximo

$V_{m\acute{a}x}$ : Carga vertical máxima con cero desplazamiento

$V_{se\acute{i}smo}$ : Carga vertical máxima con desplazamiento máximo

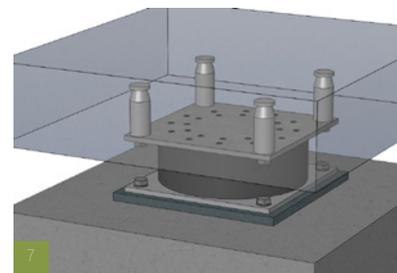
$K_r$ : Rigidez horizontal



## Conexiones estructurales

Los aisladores se conectan a las estructuras metálicas mediante pernos y a las estructuras de hormigón con pasadores o tubos de anclaje.

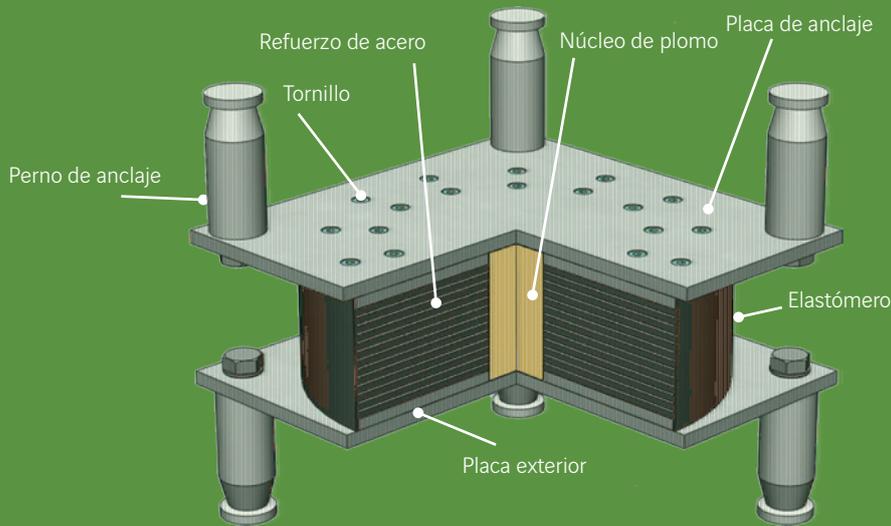
Los dispositivos aisladores ISOSISM® HDRB se pueden instalar en estructuras nuevas o existente.



Ø	$T_r$	HDRB 0,4 - 10					HDRB 0,8 - 10					HDRB 1,4 - 16				
		H	$\Delta_{m\acute{a}x}$	$V_{m\acute{a}x}$	$V_{se\acute{i}smo}$	$K_r$	H	$\Delta_{m\acute{a}x}$	$V_{m\acute{a}x}$	$V_{se\acute{i}smo}$	$K_r$	H	$\Delta_{m\acute{a}x}$	$V_{m\acute{a}x}$	$V_{se\acute{i}smo}$	$K_r$
mm	mm	mm	mm	kN	kN	kN/mm	mm	mm	kN	kN	kN/mm	mm	mm	kN	kN	kN/mm
Ø300	45	129	110	1.640	940	0,63	129	95	3.280	1.990	1,26	129	75	5.410	3.760	2,20
Ø300	70	169	170	1.050	320	0,40	169	150	2.110	790	0,81	169	120	3.700	1.740	1,41
Ø350	55	145	135	2.540	1.420	0,70	165	115	5.080	3.050	1,40	165	95	7.430	5.480	2,45
Ø350	75	177	185	1.860	660	0,51	197	160	3.730	1.550	1,03	197	130	6.530	3.080	1,80
Ø400	60	147	150	3.290	1.910	0,84	167	130	6.590	4.060	1,68	167	100	8.150	7.710	2,93
Ø400	90	192	225	2.240	690	0,56	212	195	4.480	1.700	1,12	212	155	7.850	3.640	1,95
Ø450	72	165	180	4.540	2.510	0,88	185	155	9.080	5.230	1,77	185	125	10.380	9.230	3,09
Ø450	108	219	260	3.020	840	0,59	239	230	6.050	1.980	1,18	238	185	1.380	4.250	2,06
Ø500	84	197	210	5.130	2.770	0,93	217	180	10.260	5.810	1,87	217	145	11.030	10.450	3,27
Ø500	126	257	290	3.420	960	0,62	277	270	6.840	2.030	1,25	277	215	11.030	4.670	2,18
Ø550	88	198	220	6.320	3.500	1,08	218	190	11.720	7.470	2,16	228	150	15.630	13.740	3,78
Ø550	144	275	320	3.860	1.090	0,66	295	310	7.720	2.090	1,32	312	250	13.520	4.970	2,31
Ø600	96	209	240	8.260	4.580	1,18	249	205	13.990	9.620	2,36	260	165	18.660	16.890	4,12
Ø600	144	275	350	5.500	1.510	0,79	315	310	11.010	3.560	1,57	332	250	18.660	7.630	2,75
Ø650	108	241	270	9.030	4.920	1,23	272	230	18.070	10.380	2,46	272	185	19.520	18.510	4,30
Ø650	162	313	380	6.020	1.660	0,82	350	350	12.050	3.620	1,64	350	280	19.520	8.180	2,87
Ø700	120	253	300	9.890	5.300	1,28	304	260	19.780	10.990	2,57	315	205	25.520	20.250	4,49
Ø700	170	318	410	6.980	1.940	0,91	374	365	13.960	4.600	1,81	390	295	34.430	9.970	3,17
Ø750	130	286	325	12.070	6.230	1,36	338	280	23.480	12.900	2,72	350	225	29.360	23.260	4,76
Ø750	170	338	425	9.230	2.780	1,04	394	365	18.470	6.770	2,08	410	295	29.360	13.790	3,64
Ø800	132	285	330	14.040	7.690	1,52	336	285	24.330	16.000	3,05	358	225	36.500	28.870	5,33
Ø800	176	341	440	10.530	3.480	1,14	396	380	21.060	8.210	2,28	426	305	36.500	16.640	4,00

Oferta aportada a título indicativo. Es posible suministrar otros modelos previa solicitud.

# AISLAMIENTO: ISOSISM® LRB



Vista tridimensional de un ISOSISM® LRB

## Diseño

- El ISOSISM® LRB (apoyo de caucho y plomo) es un aislador diseñado usando un bloque elastomérico (caucho natural) reforzado con acero adherido mediante vulcanización. Tiene uno o más núcleos cilíndricos de plomo.
- La amortiguación que proporciona el ISOSISM® LRB se debe a la naturaleza del compuesto elastomérico y del cilindro de plomo y reduce la aceleración y el desplazamiento de las estructuras durante un episodio sísmico. Cumple lo dispuesto por la norma EN 15129 y puede suministrarse con marcado CE a tal efecto.
- Por regla general es un aislador de tipo C (equipado con placas exteriores) fabricado con las dimensiones requeridas para el proyecto. Está disponible en formato redondo o cuadrado.
- Es posible diseñarlo y fabricarlo siguiendo las especificaciones de otras normas internacionales como la AASHTO, la ASCE, etc.

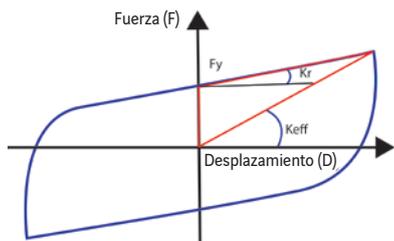
## Principios de comportamiento

Los principios de comportamiento del ISOSISM® LRB responden al siguiente modelo:

Existen dos posibles estrategias de diseño estructural:

Cálculo lineal:  $F = K_{\text{eff}} D$

Cálculo no lineal:  $F = F_y + K_r D$



$K_r$ : Rigidez de segundo tramo  
 $K_{\text{eff}}$ : Rigidez efectiva  
 $F$ : Fuerza horizontal  
 $D$ : Desplazamiento  
 $F_y$ : Fuerza elástica del plomo

La amortiguación se consigue gracias a las propiedades del núcleo de plomo y a la naturaleza del elastómero.

## Principales propiedades:

- Alta capacidad de recentrado.
- Alta capacidad de amortiguamiento ( $\xi \leq 30\%$ ).
- Desplazamiento máximo moderado.
- Cero mantenimiento.

## Características específicas

El ISOSISM® LRB tiene numerosas aplicaciones en edificios, plantas nucleares, estructuras de ingeniería civil, etc.

Aísla la estructura del movimiento del suelo formando una conexión flexible que incrementa el periodo fundamental de vibración de la estructura que hay que proteger y reduce su aceleración en una relación de dos a tres.



1. Aeropuerto de Antalya, remodelado para equiparlo con aisladores ISOSISM® LRB - Turquía
2. Ensayo con un ISOSISM® LRB
3. ISOSISM® LRB con un núcleo de plomo



## Gama

Hay dos tipos de mezclas disponibles para los distintos valores del módulo G de corte:

- Modelo LRB 0,4 - 10: Módulo G=0,4 MPa
- Modelo LRB 0,8 - 10: Módulo G=0,8 MPa

Ø: Diámetro del aislador

$V_{máx}$ : Carga vertical máxima con cero desplazamiento

$V_{seismo}$ : Carga vertical máxima con desplazamiento máximo

$K_{eff}$ : Rigidez efectiva del aislador

H: Altura total del aislador

$T_r$ : Altura total del elastómero

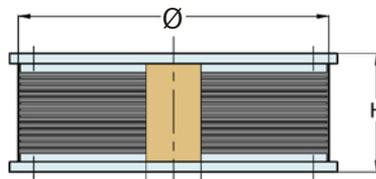
$\Delta_{máx}$ : Desplazamiento horizontal máximo

$F_y$ : Fuerza elástica del plomo

$K_r$ : Rigidez horizontal del elastómero

$\xi_{eff}$ : Amortiguamiento efectiva

$K_{ip}$ : Rigidez del plomo



Ø	$T_r$	LRB 0,4 - 10										LRB 0,8 - 10									
		H	$\Delta_{máx}$	$V_{máx}$	$V_{seismo}$	$K_r$	$K_{ip}$	$F_y$	$K_{eff}$	$\xi_{eff}$	H	$\Delta_{máx}$	$V_{máx}$	$V_{seismo}$	$K_r$	$K_{ip}$	$F_y$	$K_{eff}$	$\xi_{eff}$		
mm	mm	mm	mm	kN	kN	kN/mm	kN/mm	kN	kN/mm	%	mm	mm	kN	kN	kN/mm	kN/mm	kN	kN/mm	%		
Ø300	45	129	110	1.430	820	0,59	5,89	34	0,87	26	129	95	2.380	1.550	1,12	11,17	60	1,70	27		
Ø300	70	169	170	920	290	0,38	3,79	34	0,56	26	169	150	1.640	680	0,72	7,18	60	1,08	27		
Ø350	55	145	135	2.200	1.230	0,65	6,53	49	0,98	27	165	115	3.290	2.390	1,25	12,48	80	1,88	27		
Ø350	75	177	185	1.610	600	0,48	4,79	49	0,72	27	197	160	2.920	1.350	0,92	9,15	80	1,37	27		
Ø400	60	147	150	2.870	1.670	0,79	7,85	60	1,15	26	167	130	3.620	3.200	1,50	14,99	102	2,21	26		
Ø400	90	192	225	1.950	630	0,52	5,24	60	0,77	26	212	195	3.540	1.490	1,00	9,99	102	1,48	26		
Ø450	72	165	180	3.940	2.180	0,83	8,26	80	1,23	27	185	155	4.580	4.190	1,57	15,71	136	2,37	27		
Ø450	108	219	260	2.620	770	0,55	5,51	80	0,83	27	239	230	4.580	1.740	1,05	10,47	136	1,59	27		
Ø500	84	197	210	4.380	2.360	0,87	8,67	110	1,34	28	217	180	4.890	4.680	1,67	16,66	165	2,50	27		
Ø500	126	257	290	2.920	870	0,58	5,78	110	0,92	29	277	270	4.890	1.780	1,11	11,11	165	1,67	27		
Ø550	88	198	220	5.460	3.050	1,01	10,10	119	1,50	27	228	190	6.940	5.900	1,93	19,29	196	2,87	27		
Ø550	144	275	320	3.360	1.000	0,62	6,17	119	0,95	28	312	310	6.100	1.840	1,18	11,79	196	1,75	27		
Ø600	96	209	240	6.540	4.010	1,10	11,04	136	1,62	26	260	205	8.250	7.690	2,09	20,94	242	3,17	27		
Ø600	144	275	350	4.810	1.390	0,74	7,36	136	1,09	26	332	310	8.250	3.120	1,40	13,96	242	2,11	27		
Ø650	108	252	270	7.870	4.290	1,15	11,50	165	1,70	26	272	230	8.650	8.340	2,19	21,89	280	3,29	27		
Ø650	162	330	380	5.250	1.530	0,77	7,67	165	1,16	27	350	350	8.650	3.180	1,46	14,59	280	2,19	27		
Ø700	120	264	300	8.590	4.600	1,20	11,98	196	1,79	27	315	260	11.340	8.980	2,29	22,89	320	3,41	27		
Ø700	170	334	410	6.060	1.780	0,85	8,46	196	1,28	27	390	365	11.030	4.040	1,62	16,16	320	2,41	27		
Ø750	130	298	325	10.370	5.530	1,26	12,63	242	1,94	28	350	280	13.000	10.870	2,42	24,17	378	3,64	27		
Ø750	170	354	425	7.930	2.540	0,97	9,66	242	1,48	28	410	365	13.000	5.950	1,85	18,48	378	2,79	27		
Ø800	132	296	330	11.220	6.540	1,41	14,08	293	2,21	28	358	285	16.190	12.950	2,71	27,12	425	4,07	27		
Ø800	176	356	440	8.960	3.150	1,06	10,56	293	1,66	28	426	380	16.190	7.220	2,03	20,34	425	3,05	27		

Oferta aportada a título indicativo. Es posible suministrar otros modelos previa solicitud.

## Conexiones estructurales

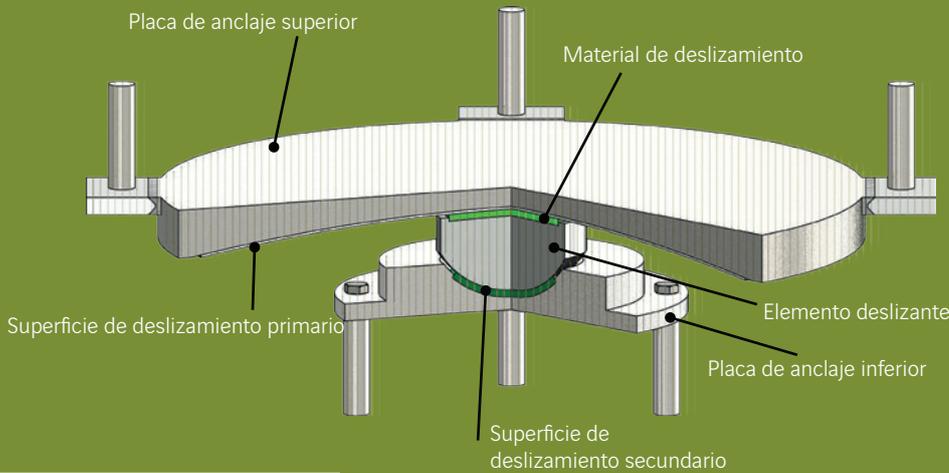
Se pueden usar distintas configuraciones para la instalación en la estructura.

Los aisladores se conectan a las estructuras de acero mediante pernos y a las estructuras de hormigón con pasadores o tubos de anclaje.

El principio de fijación es el mismo que en el caso de los aisladores ISOSISM® HDRB.

# AISLAMIENTO: ISOSISM® PS

## Diseño



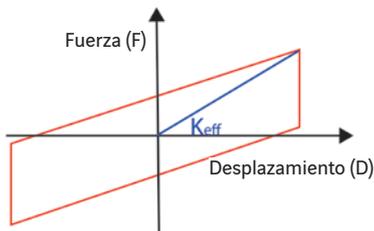
Vista tridimensional de un ISOSISM® PS

- El ISOSISM® PS (sistema de péndulo) es un aislador cuyo diseño se basa en el uso de una o dos superficies esféricas y un elemento deslizante. Cumple lo dispuesto por la norma EN 15129 y puede suministrarse con marcado CE a tal efecto.
- El ISOSISM® PS es adecuado para todo tipo de puentes y edificios. Tiene la propiedad de alinear el centro de rigidez y el centro de gravedad de la estructura aislada. Por lo tanto, evita de forma natural los movimientos de torsión de la estructura en caso de terremoto reduciendo así las fuerzas de corte.
- Es posible diseñarlo y fabricarlo siguiendo las especificaciones de otras normas internacionales como la AASHTO, la ASCE, etc.

## Principios de comportamiento

Los principios de comportamiento del ISOSISM® PS responden al siguiente modelo:

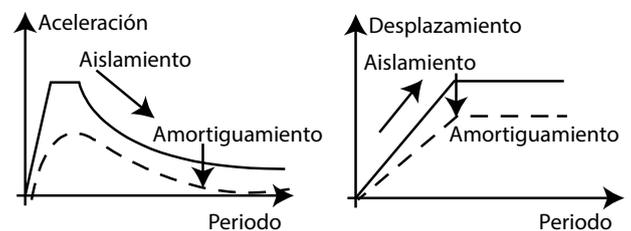
$$F = V(\mu + D/R)$$



- $K_{eff}$ : Rigidez efectiva
- F: Fuerza horizontal
- D: Desplazamiento
- V: Fuerza vertical
- $\mu$ : Coeficiente dinámico de fricción
- R: Radio

## Características específicas

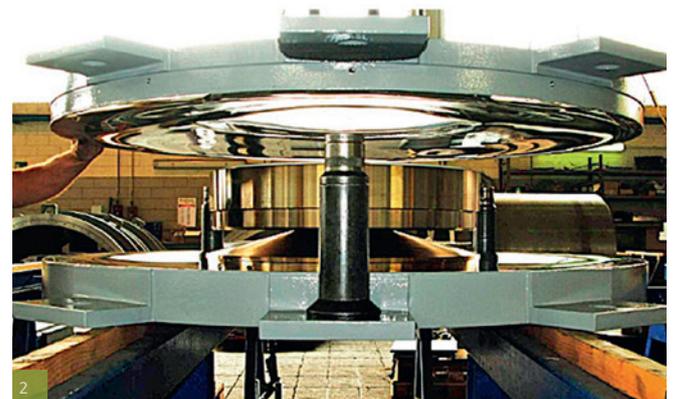
La rigidez del aislador viene determinada por el radio de las superficies esféricas y su capacidad de amortiguamiento se consigue mediante la fricción entre las superficies de deslizamiento. El aislador PS es un tipo de apoyo que suele aportar la reducción a un tercio de la fuerza horizontal que se ejerce sobre la estructura durante un terremoto.



- Aumentar la flexibilidad lateral instalando el aislador entre los cimientos y la superestructura incrementa enormemente el periodo natural, lo que provoca una reducción de la aceleración y, por tanto, de la fuerza sísmica.
- Dado que disipa la energía durante el movimiento sísmico, el ISOSISM® PS limita el desplazamiento.

## Principales propiedades:

- Capacidad de recentrado.
- Alta capacidad de amortiguamiento ( $\xi \leq 35\%$ ).
- Alto desplazamiento relativo.

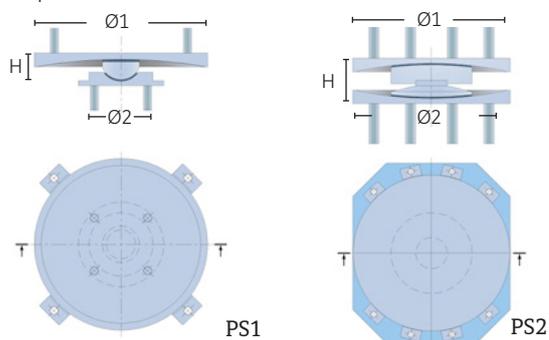


- 1 Remodelación y equipamiento con el ISOSISM® PS del edificio Orione - Italia
- 2 Montaje de un ISOSISM® PS
- 3 y 4 Diagramas tridimensionales de un ISOSISM® PS



## Gama

La clase de aislador PS escogida depende del tipo de la estructura que haya que aislar, del desplazamiento tolerado y del espacio disponible.



$D_{m\acute{a}x}$  : Desplazamiento máximo  
 $N_{Sd}$  : Fuerza no sísmica máxima  
 H: Altura

$N_{Ed,m\acute{a}x}$  : Fuerza sísmica máxima  
 $\varnothing 1$ : Diámetro 1  
 $\varnothing 2$ : Diámetro 2

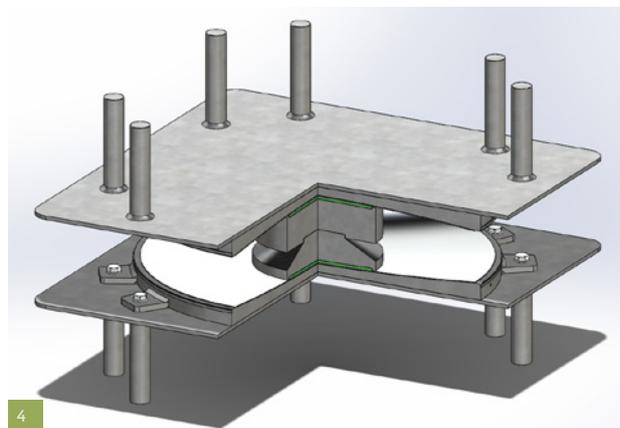
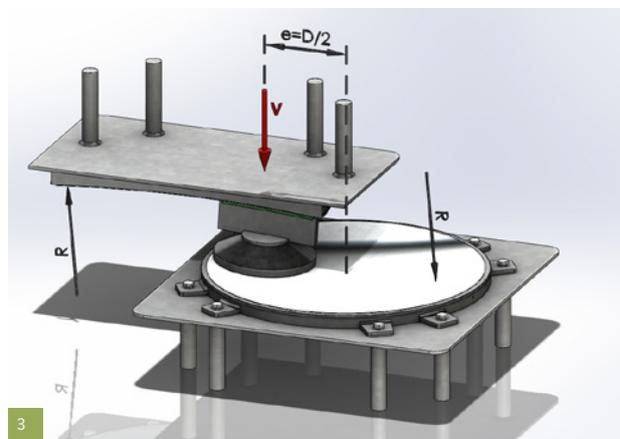
Tipo	$D_{m\acute{a}x}$ ± mm	$N_{Ed,m\acute{a}x}$ kN	$N_{Sd}$ kN	PS1			PS2		
				$\varnothing 1$ mm	$\varnothing 2$ mm	H mm	$\varnothing 1$ mm	$\varnothing 2$ mm	H mm
PS 1000/300	± 150	1.000	800	450	205	100	345	345	180
PS 1000/500	± 250	1.000	800	680	220	105	450	450	180
PS 1500/300	± 150	1.500	1.140	490	250	105	385	385	205
PS 1500/500	± 250	1.500	1.140	720	265	120	490	490	205
PS 2000/300	± 150	2.000	1.540	510	285	115	415	415	235
PS 2000/500	± 250	2.000	1.540	750	310	130	520	520	235
PS 2500/300	± 150	2.500	1.940	530	315	125	445	445	260
PS 2500/500	± 250	2.500	1.940	780	340	135	555	555	260
PS 3000/300	± 150	3.000	2.280	560	345	135	490	490	295
PS 3000/500	± 250	3.000	2.280	800	375	150	600	600	295
PS 4000/300	± 150	4.000	3.080	600	395	145	530	530	335
PS 4000/500	± 250	4.000	3.080	850	430	165	640	640	335
PS 5000/300	± 150	5.000	3.820	640	445	160	555	555	355
PS 5000/300	± 250	5.000	3.820	890	475	180	670	670	360

Oferta aportada a título indicativo. Es posible suministrar otros modelos previa solicitud.

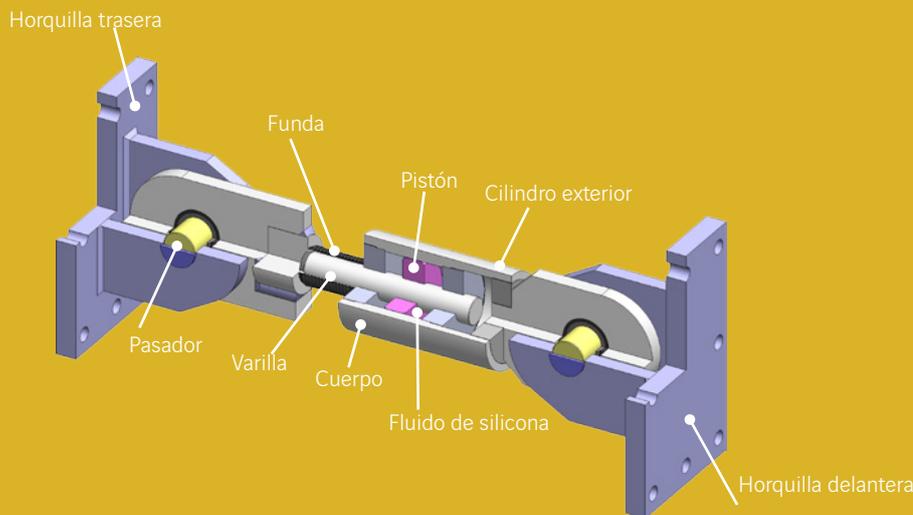
Esta tabla se basa en una fricción nominal del 3 % y un radio efectivo de 4.000mm.

## Conexiones estructurales

Se pueden usar distintas configuraciones para la instalación en la estructura. Freyssinet ofrece una solución de conexión adecuada para cada configuración.



# CONEXIÓN: ISOSISM® STU



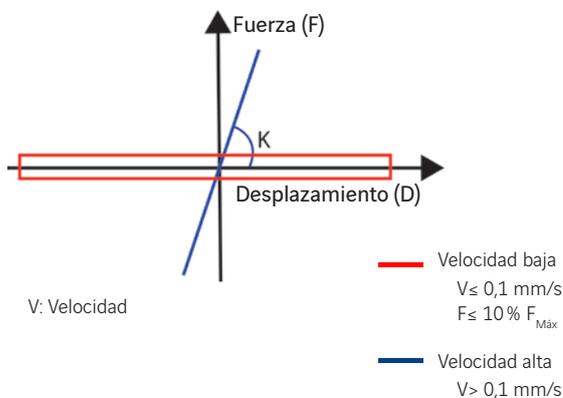
Vista tridimensional de un ISOSISM® STU

## Diseño

- El ISOSISM® STU (unidad de transmisión de choque) es un conector que funciona como un gato hidráulico de alta presión. Está formado por un cilindro con dos cámaras separadas por un pistón. El pistón está fijado a una varilla conectada a una horquilla y el cilindro, por su parte, está unido a otra horquilla. Cumple lo dispuesto por la norma EN 15129 y puede suministrarse con marcado CE a tal efecto.
- El ISOSISM® STU actúa tanto en tracción como en compresión.
- Es posible diseñarlo y fabricarlo siguiendo las especificaciones de otras normas internacionales como la AASHTO, la ASCE, etc.

## Principios de comportamiento

Los principios de comportamiento del ISOSISM® STU dependen de la velocidad de aplicación de la carga.



## Principales propiedades:

- Opone una resistencia muy baja a los desplazamientos.
- El ISOSISM® STU funciona por medio de una o más válvulas de parada alojadas en el pistón. De forma opcional, es posible restringir la fuerza transmitida por la unidad añadiendo un limitador de fuerza.

## Características específicas

El ISOSISM® STU tiene numerosas aplicaciones en edificios, plantas nucleares, estructuras de ingeniería civil, etc.

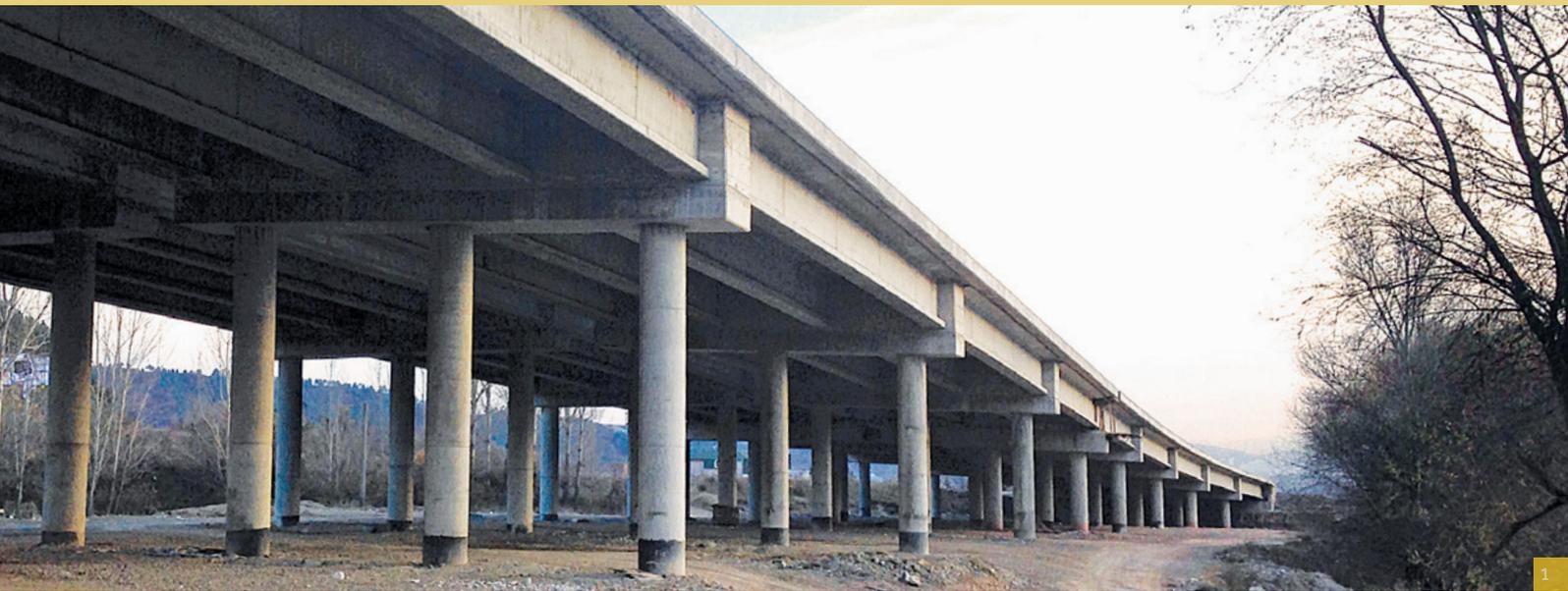
Se usa para conectar edificios o crear un punto fijo en estructuras de ingeniería civil en caso de terremoto, frenadas de emergencia de trenes de alta velocidad o ráfagas de viento.

Las unidades actúan en ese momento como conexiones rígidas, distribuyendo las fuerzas horizontales a lo largo de las pilas en las que están instaladas.

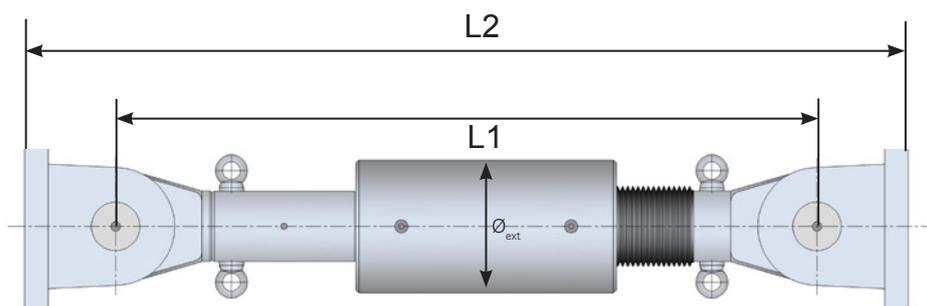


2

1. Puente Struma - Bulgaria
2. ISOSISM® STU
3. Diagrama tridimensional de un ISOSISM® STU



## Gama



$\varnothing_{ext}$ : Diámetro externo

$F_{M\acute{a}x}$ : Fuerza máxima

$D_{M\acute{a}x}$ : Desplazamiento máximo

L2: Longitud total a media carrera

L1: Longitud entre ejes a media carrera

## Conexiones estructurales

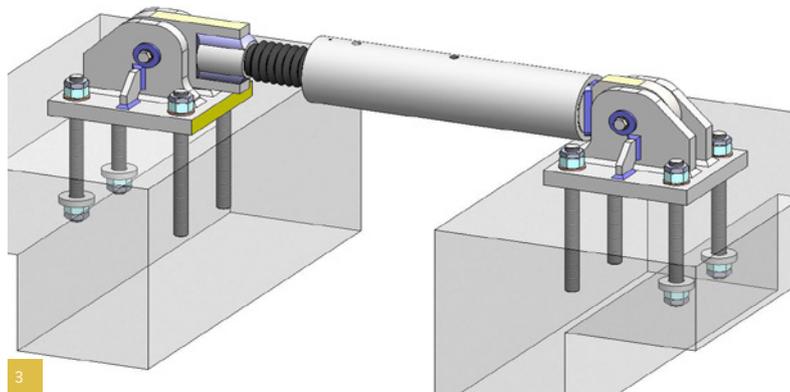
Se pueden usar distintas configuraciones para la instalación en la estructura. Freyssinet ofrece una solución de conexión adecuada para cada configuración.

Tipo	$F_{m\acute{a}x}$ kN	$D_{m\acute{a}x}$ ± mm	L1 mm	L2 mm	$\varnothing_{ext}$ mm
STU 500/100	500	± 50	880	1.145	172
STU 500/200	500	± 100	1.155	1.420	172
STU 750/100	750	± 50	925	1.245	210
STU 750/200	750	± 100	1.200	1.520	210
STU 1000/100	1.000	± 50	1.055	1.420	236
STU 1000/200	1.000	± 100	1.330	1.695	236
STU 1500/100	1.500	± 50	1.125	1.555	267
STU 1500/200	1.500	± 100	1.400	1.830	267
STU 2000/100	2.000	± 50	1.225	1.725	300
STU 2000/200	2.000	± 100	1.500	2.000	300
STU 2500/100	2.500	± 50	1.290	1.840	325
STU 2500/200	2.500	± 100	1.565	2.115	325
STU 3000/100	3.000	± 50	1.405	2.005	362
STU 3000/200	3.000	± 100	1.680	2.280	362
STU 3500/100	3.500	± 50	1.520	2.200	388
STU 3500/200	3.500	± 100	1.795	2.475	388
STU 4000/100	4.000	± 50	1.590	2.300	414
STU 4000/200	4.000	± 100	1.865	2.575	414

Oferta aportada a título indicativo.

Es posible suministrar otros modelos previa solicitud.

La fuerza máxima que recoge esta table incluye un factor de amplificación de 1,5.



# DISEÑOS: DISEÑO ESTRUCTURAL

El comportamiento sísmico de las estructuras se puede analizar por medio de análisis espectrales lineales o de análisis de repuesta en el tiempo no lineales.

Los análisis espectrales son más fáciles de realizar y proporcionan las fuerzas estáticas equivalentes y los desplazamientos. Son adecuados para estructuras con un amortiguamiento de hasta el 30% y equipadas con dispositivos que presente un principio de funcionamiento lineal.

En caso de niveles de amortiguamiento más altos o dispositivos no lineales, hay que recurrir al análisis de repuesta en el tiempo.

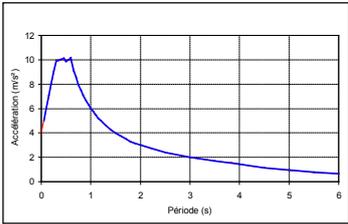
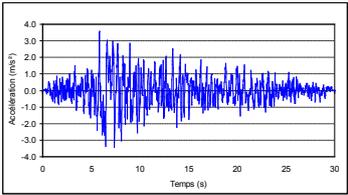
Freyssinet realiza ambos tipos de análisis y utiliza un programa informático de alto rendimiento para calcular rápidamente la respuesta no lineal en el tiempo de estructuras aisladas y con muros contraviento.

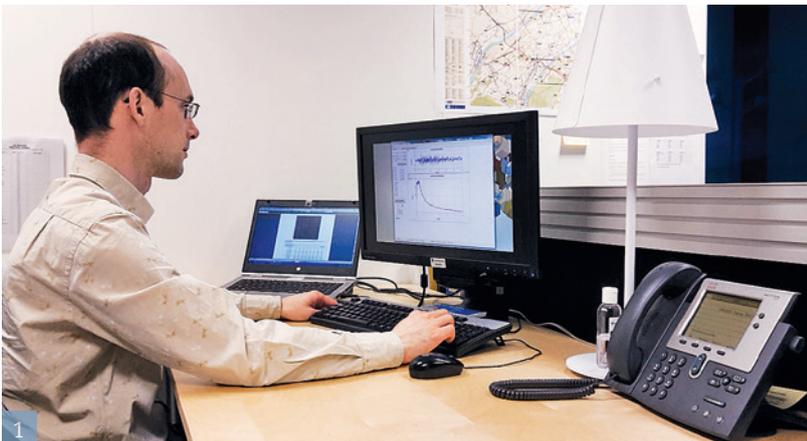
Gracias a ello, Freyssinet permite optimizar los costes totales del proyecto, desde su inicio a la entrega, usando dispositivos de protección sísmica que aligeran la superestructura y los cimientos.

## Tipos de análisis:

El tipo de análisis depende del coeficiente de amortiguamiento:

- Hasta el 30%: el cálculo es lineal y se basa en el uso del método de análisis espectral.
- Por encima del 30%: el cálculo es no lineal y se basa en el uso de un software especializado.

DISPOSITIVOS ISOSISM®	CÁLCULO	DATOS DE ENTRADA
STU HDRB	Lineal Análisis espectral	
LRB PS	Lineal o no lineal en función de los valores de $\xi$	
FD PDS	No lineal Basado en un software especializado	



1. Estudio de diseño
2. Análisis de elementos finitos tridimensionales del sistema de aislamiento
3. Análisis de la instalación de amortiguadores en la cabeza de las pilas

# ALGUNOS PROYECTOS

El principal activo de Freyssinet es su amplia experiencia con distintas tecnologías usadas para el diseño de estructuras que están sometidas a fuerzas sísmicas y con dispositivos de protección. Estos conocimientos le permite a la empresa ofrecer un servicio completo para optimizar los costes totales del proyecto.

Se pueden analizar distintas opciones para encontrar el equilibrio ideal entre desplazamientos y fuerzas en la superestructura y los cimientos.

Entre los proyectos en los que Freyssinet ha participado en la fase de estudios sísmicos y el diseño y suministro de dispositivos cabe citar:

- El hospital La Meynard - Martinica
- Los viaductos para la línea férrea de alta velocidad de El Hachef y Loukkos - Marruecos.

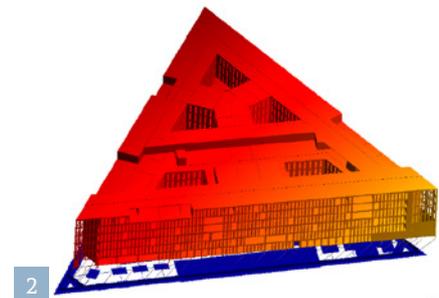
En ambos casos, la inclusión de dispositivos antisísmicos sirvió para contener los costes de construcción al reducir las aceleraciones del suelo y las reacciones sísmicas en los cimientos.



Freyssinet participó en el proyecto de este hospital colaborando en el estudio sísmico y con el diseño, la fabricación e instalación de:

- 283 aisladores ISOSISM® HDRB
- 36 disipadores ISOSISM® FD

BASE QUE HAY QUE AISLAR	DESPLAZAMIENTO (mm)	ACELERACIÓN (m/s <sup>2</sup> )
Sin amortiguadores	340	2,5
Con amortiguadores	170	1,7

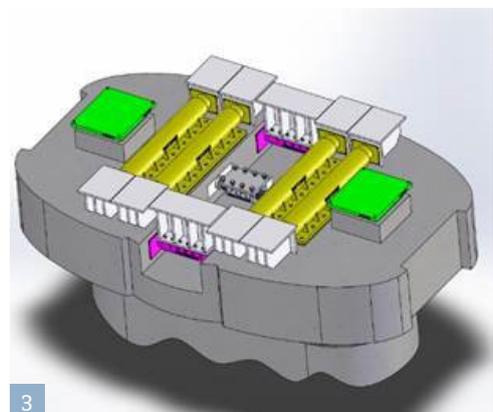


Viaductos para la línea ferroviaria de alta velocidad en El Hachef y Loukkos - Marruecos



Freyssinet participó en el estudio sísmico de estos viaductos y diseñó, fabricó e instaló:

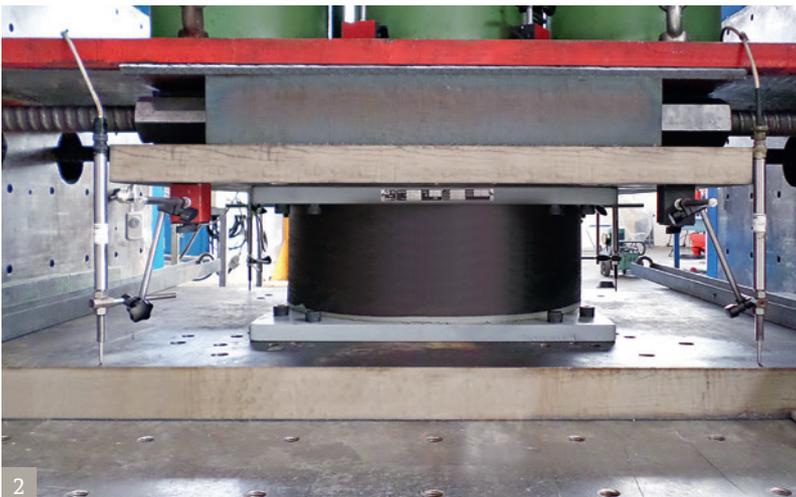
- 156 resortes de amortiguamiento pretensados ISOSISM® PDS
- 152 disipadores ISOSISM® FD



# LA EXPERIENCIA DE FREYSSINET



1



2



3

Garantizamos a nuestros clientes de todo el mundo el mismo nivel de excelencia en los productos y servicios que les ofrecemos ya que diseñamos y fabricamos nuestros propios dispositivos antisísmicos. Partimos de nuestra dilatada experiencia en todo el ciclo de vida de los sistemas y productos para adaptar nuestras soluciones a una amplia gama de aplicaciones y a las condiciones de funcionamiento más extremas.

## Productos diseñados y fabricados por Freyssinet

Todos nuestros productos ISOSISM® han sido sometidos a numerosos ensayos dinámicos que sirven de guía y validación para el proceso de desarrollo técnico de Freyssinet.

Todos son concebidos y diseñado por nuestro departamento técnico interno, que afinan los productos para que cumplan las normas aplicables y las especificaciones del proyecto. La coordinación entre las tareas de diseño, elección de los métodos de fabricación y selección de los materiales es clave para producir soluciones, ofrecer los mejores resultados y proporcionar productos fiables y duraderos.

Nuestro centro interno de ensayos mecánicos cuenta con un amplio abanico de materiales específicos para realizar pruebas a escala real con la mayoría de nuestros productos, tanto en la fase de desarrollo como en las de aprobación y producción.

## Productos certificados

El reconocimiento del que gozan Freyssinet y sus procesos de alta calidad se refleja en un buen número de certificaciones en diversos campos.

Nuestros dispositivos antisísmicos tienen un gran prestigio en todo el mundo y cuentan con la certificación de varias organizaciones especializadas.

- 1 Oficina de diseño - Industrialización de ISOSISM®
- 2 Ensayos dinámicos de un ISOSISM® LRB
- 3 Certificaciones
- 4 Control dimensional de un ISOSISM® PDS
- 5 Ensamblaje de un ISOSISM® PDS en la guía
- 6 Control de calidad
- 7 Tratamiento de la superficie de la placa
- 8 Equipo de ensayos
- 9 Almacén de ISOSISM® PDS

## Experiencia y conocimientos industriales

Nuestra división industrial FPC (Freyssinet Products Company), con sede en Francia, actúa como catalizador de la extensa experiencia de Freyssinet en materiales, fabricación, ingeniería de producción, control y logística. Coordina todas nuestras actividades de producción a escala internacional. Nuestro gran equipo de expertos en fundición, elastómeros, ingeniería mecánica y calidad viaja por los cinco continentes con el afán de definir y controlar los procesos de fabricación y garantizar el mismo nivel de calidad del producto, independientemente del lugar de fabricación.

## Calidad garantizada

La creciente red de plantas de producción gestionadas por FPC requiere la implicación diaria del departamento de control de calidad, que garantiza la calidad y la conformidad de todos los productos suministrados. Todos los productos son verificados por FPC en algún momento mediante su completa gama de modernos instrumentos de medición.

Todos los puntos de comprobación se definen internamente y FPC se encarga de emitir un certificado de conformidad para cada producto suministrado.

Los dispositivos antisísmicos ISOSISM® se diseñan y fabrican de acuerdo con las normas EN 15129 y AASHTO. También es posible suministrarlos con marcado CE.



# ALGUNAS ESTRUCTURAS

Puente Mardakan - Azerbaiyán



Puente BTZ - Argelia



Reactor ITER - Francia



# REALIZADAS

Hospital Marmara - Turquía



Puente Coyuca - México



Ayuntamiento de Bucarest - Rumanía





## Más de 60 instalaciones en todo el mundo

AMÉRICA . Argentina . Brasil . Canadá . Chile . Colombia . Estados Unidos . México . Panamá . El Salvador . Venezuela .  
EUROPA . Bélgica . Bulgaria . Dinamarca . España . Estonia . Francia . Hungría . Irlanda . Islandia . Letonia . Lituania . Luxemburgo . Macedonia .  
Noruega . Países Bajos . Polonia . Portugal . República Checa . Rumanía . Reino Unido . Rusia . Serbia . Eslovenia . Suecia . Suiza . Turquía .  
ÁFRICA Y ORIENTE MEDIO . Abu Dhabi . Sudáfrica . Argelia . Arabia Saudí . Dubai . Egipto . Jordania . Kuwait . Marruecos . Omán .  
Qatar . Sharjah . Túnez . ASIA . Corea del Sur . Hong Kong . India . Indonesia . Japón . Macao . Malasia . Pakistán . Filipinas . Singapur .  
Tailandia . Taiwán . Vietnam . OCEANÍA . Australia . Nueva Zelanda

**FREYSSINET DE MÉXICO, S.A. DE C.V.**  
Gauss 9 - 102, Colonia Anzures,  
C.P. 11590, Delegación Miguel Hidalgo,  
Ciudad de México, México.  
Teléfono: 52 (55) 5250 7000  
freyssinet@freyssinet.com.mx



**FREYSSINET**  
SUSTAINABLE TECHNOLOGY



[www.freyssinet.com.mx](http://www.freyssinet.com.mx)

Síguenos en:  Freyssinet de México

 Canal FreyMex

 @freymex