

Reparación y refuerzo frente a sismo de edificios existentes



M E J O R A R , P E R P E T U A R , A S E G U R A R



FREYSSINET
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

El grupo Freyssinet

Freyssinet reúne **un conjunto de experiencias sin parangón en el sector de la ingeniería civil especializada**. La empresa aplica soluciones de gran valor añadido en dos áreas clave: la construcción y la reparación.

Freyssinet participa en numerosos proyectos en los cinco continentes, lo que la sitúa a la cabeza mundial en sus especialidades:

- pretensado;
- métodos de construcción;
- estructuras con cables;
- equipamientos de obras de paso;
- reparación; y
- refuerzo y mantenimiento de estructuras.

Freyssinet se involucra en gran medida con las cuestiones relativas al desarrollo sostenible y, especialmente aquellas orientadas a reducir el impacto medioambiental de las obras o a reforzar su política de responsabilidad social.

Freyssinet es una filial del grupo Soletanche Freyssinet, líder mundial en estructuras y suelos, así como en el sector nuclear.

Una oferta integrada de prevención y protección sísmica de los edificios ya construidos garantizada por el especialista en reparación y refuerzo estructural.

Freyssinet, empresa general de obras especializadas, le ofrece la garantía de una prestación llave en mano gracias a sus sesenta años de experiencia en las técnicas de reparación, refuerzo y protección de estructuras, incluidos el diseño y la fabricación de dispositivos de protección frente a sismo.

Ponemos nuestra experiencia y saber hacer en proyectos de adecuación a la normativa, de refuerzo frente a sismo y de reparación de edificios e inmuebles tras un episodio a disposición de los directores de obra.

Prestación

1. Asesoramiento en la evaluación de riesgos sísmicos

- Selección de la acción sísmica;
- Estudio preliminar de la vulnerabilidad de la estructura.

2. Evaluación técnico-económica de las opciones de refuerzo

- Asesoramiento en la elección del nivel de protección;
- Formulación de los objetivos de rendimiento técnico de la estructura reforzada.

3. Estudio de diseño del refuerzo

- Ayuda para la recopilación de datos específicos de la estructura, del terreno y de la acción sísmica;
- Estudio de la estrategia de refuerzo respetando las exigencias arquitectónicas.

4. Ejecución de los estudios y las obras de refuerzo

- Modelización y análisis dinámico de la estructura reforzada;
- Diseño y suministro de los dispositivos de refuerzo frente a sismo;
- Realización de los trabajos de refuerzo de la estructura y de su cimentación.

Áreas de aplicación

- Edificios públicos
- Edificios comerciales
- Edificios industriales
- Monumentos históricos
- Edificios de viviendas
- Inmuebles de oficinas, hoteles
- Complejos socioculturales
- Equipamientos deportivos

Índice

Objetivos del refuerzo / de la reparación	p3
Estrategias de refuerzo	p4
Incrementar la resistencia de la estructura	p5
Incrementar la ductilidad de la estructura	p8
Aislar la estructura de sus cimientos	p9
Ingeniería especializada	p11



FREYSSINET
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

El riesgo sísmico

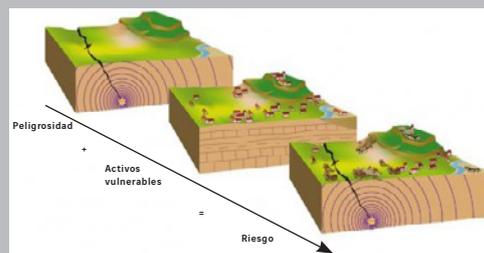
El riesgo sísmico es la combinación de la peligrosidad sísmica y la vulnerabilidad de las personas, bienes y actividades de un lugar.

La peligrosidad sísmica

Es la probabilidad de que un lugar quede expuesto a un movimiento telúrico de unas características determinadas en un intervalo de tiempo dado.

La vulnerabilidad de los activos socioeconómicos

La importancia de los daños sufridos por un edificio aislado o de un grupo de edificios depende en gran medida de la vulnerabilidad de los activos (económicos, patrimoniales, sociales, etc.) a la peligrosidad sísmica.



OBJETIVOS DEL REFUERZO Y/O REPARACIÓN

La seguridad de los usuarios es el objetivo principal de las distintas acciones de rehabilitación. También pueden entrar en juego otros objetivos en función de los activos socioeconómicos y de la vida útil residual de la estructura: el mantenimiento de los servicios de primeros auxilios (hospitales, comisarías, cuarteles...); la conservación de los equipos (principales instalaciones); la preservación del patrimonio (monumentos históricos); la evacuación segura del edificio, etc.

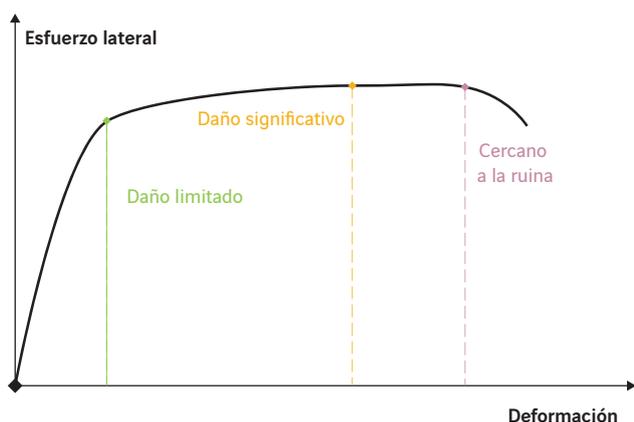
Freyssinet ayuda a los directores de obra a plasmar sus objetivos, en forma de requisitos de rendimiento técnico, que la obra que va a reforzarse o repararse debe cumplir.

El nivel de protección es la combinación del nivel de esfuerzo sísmico y el estado límite de daño de la estructura:

Nivel de protección = Estado límite de daños x Nivel de esfuerzo



Estados límites de daño (por ejemplo, con respecto al Eurocódigo 8)



Estado límite de daño limitado

La estructura sólo ha sufrido daños leves. Los materiales apenas han sobrepasado su límite elástico y conservan íntegramente sus capacidades de resistencia y rigidez.

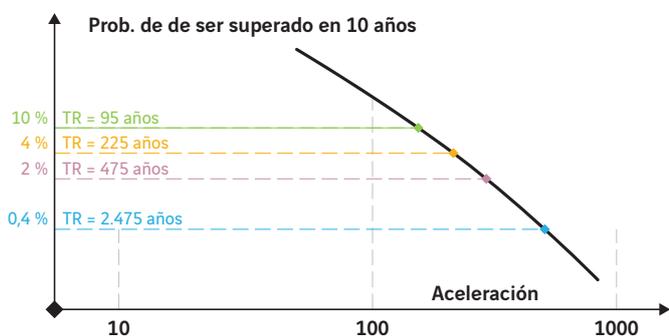
Estado límite de daño significativo

La estructura ha sufrido un daño significativo pero conserva cierta rigidez y la resistencia lateral. Los elementos verticales mantienen su capacidad para soportar las cargas verticales. La estructura puede aguantar réplicas de intensidad moderada.

Estado límite cercano a la ruina

Estructura muy dañada por un sismo. La estructura no resistiría una réplica.

Nivel de esfuerzo (por ejemplo, con respecto al Eurocódigo 8)



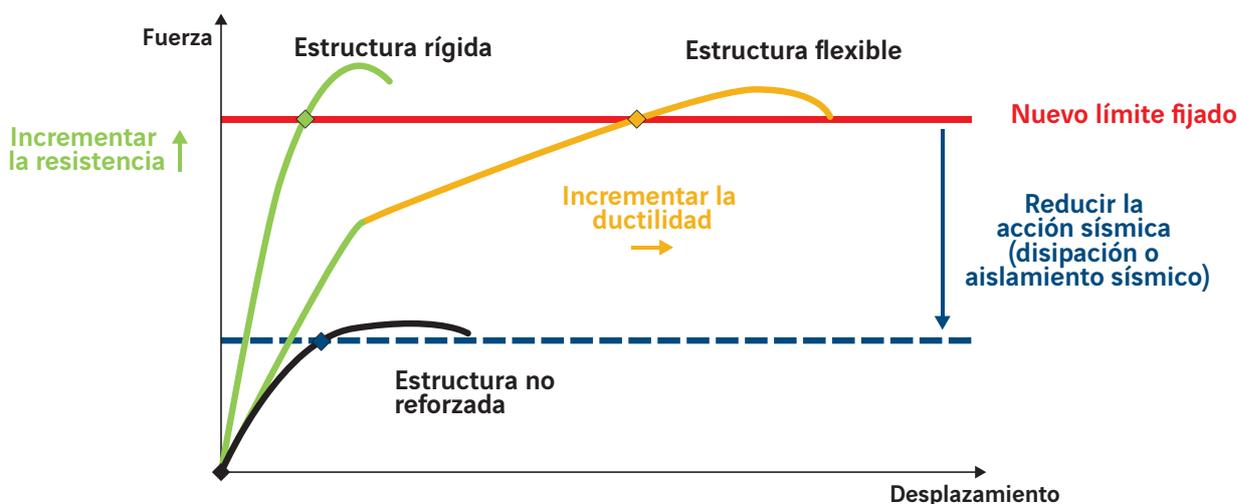
La elección del periodo de retorno relativo a la acción sísmica determina la aceleración sísmica aplicada a la estructura. Normalmente se consideran los siguientes periodos de retorno de referencia (TR): 2.475 años, 475 años, 225 años y 95 años.

ESTRATEGIAS DE REFUERZO



La estrategia de reparación o de refuerzo debe adaptarse a la naturaleza de la estructura. Por ejemplo, durante un terremoto, las estructuras de hormigón armado de gran altura porticadas son bastante flexibles y trabajan en flexión, mientras que las estructuras de poca altura con forjados de hormigón funcionan principalmente a cortante.

Curva de capacidad de la estructura



Incrementar la resistencia de estructuras rígidas

Para reducir la vulnerabilidad de edificios poco dúctiles, a menudo resulta más económico aumentar su resistencia para que soporten mejor los esfuerzos sísmicos más importantes, que intentar mejorar su ductilidad. Las soluciones de incremento de la resistencia suelen ir unidas a un aumento del peso y de la rigidez de la estructura existente, que se suman a los esfuerzos sísmicos a los que está sometida. En contrapartida, la rigidez puede contribuir a proteger los equipamientos no estructurales que no toleran deformaciones importantes del edificio.

Incrementar la resistencia y la ductilidad de estructuras flexibles

Es posible reforzar las estructuras flexibles bien mediante el incremento de su resistencia, especialmente mediante el apuntalamiento con cruces de San Andrés, bien mediante el incremento de su ductilidad, por ejemplo introduciendo rótulas de plástico. El aumento de la ductilidad consiste en aportarle al edificio una mayor deformabilidad antes de la rotura sin incrementar los esfuerzos a los que está sometido, de modo que se distribuya la acción sísmica por todo el edificio y se aproveche mejor su capacidad resistente. Si se introducen rótulas de plástico, estas contribuyen a aumentar la capacidad de disipación de la estructura.

Disipar la energía transmitida a la estructura

Las estructuras, ya sean rígidas o flexibles, pueden estar equipadas con dispositivos de amortiguación que permiten disipar una parte importante de la energía sísmica que reciben. Movilizan los esfuerzos de varias decenas o incluso centenares de toneladas en carreras de unos centímetros, permitiendo un ahorro importante al reducir las intervenciones necesarias en la estructura.

Aislar la estructura de sus cimientos

La disminución de la acción sísmica a la que está sometida un edificio puede lograrse mediante el aislamiento dinámico de la estructura en relación con sus cimientos, técnica que puede combinarse con un dispositivo de amortiguación para lograr ventajas adicionales. Consiste en disponer entre el suelo y el edificio de un «filtro» que sólo deje pasar una parte de la energía debida a la acción sísmica. El aislamiento dinámico consigue un desfase de frecuencia de la estructura que funciona en dirección horizontal como un oscilador de una frecuencia relativamente baja. Esta disposición es especialmente eficaz para estructuras rígidas.

El nivel de protección que puede obtenerse de ese modo es muy superior al que requiere la normativa sísmica para las estructuras de riesgo normal. Las estructuras siguen estando operativas, incluso tras fuertes terremotos. Los daños en los elementos no estructurales y en el equipo, que suponen a veces una gran inversión (por ejemplo en el caso de los hospitales), son escasos o inexistentes.

INCREMENTAR LA RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA



1



Refuerzos con hormigón proyectado

La técnica de hormigón proyectado por vía seca permite reforzar las zunchos de bordes de las estructuras, generar muros o aumentar la resistencia de los elementos existentes con o sin adición de armaduras: recrecido de pilares y vigas, refuerzo de muros pantallas, recrecido de forjados, etc.

La solución de refuerzo con hormigón proyectado Foreva® Shotcrete puede ponerse en práctica en espacios cerrados, siempre que se confinen las zonas de trabajo. De ese modo, se posibilita las intervenciones en el interior del edificio.



2

Refuerzos con materiales compuestos

Esta técnica permite reforzar los pilares de hormigón armado por confinamiento, las vigas a flexión y cortante y los muros a cortante en su plano. También es posible reforzar los zunchos de borde.

Estos refuerzos ofrecen la ventaja de no añadir peso ni crear demasiada rigidez en la estructura, lo que evita la amplificación de los esfuerzos sísmicos a los que está sometida y, sobre todo, la sobrecarga de la cimentación.

La solución de refuerzo mediante tejido bidireccional de fibra de carbono Foreva® TFC puede combinarse con las soluciones patentadas de mechas de anclaje de fibra de carbono Foreva® WFC100 y Foreva® WFC300, utilizando, respectivamente, un anclaje corto fijado con resina o un anclaje largo materializada mediante barra de acero pasivo corrugada anclada con mortero cementoso.



3

Reparación del hormigón tras sismo

Las estructuras dañadas por un sismo presentan a menudo fisuras y delaminaciones más o menos pronunciadas. El hormigón se repara localmente inyectando las fisuras y/o restaurando la sección empleando, respectivamente, las soluciones Foreva® TF Inject y Foreva® REP.

1 - Refuerzo de viga con hormigón proyectado Foreva® Shotcrete

2 - Refuerzo de losa con materiales compuestos Foreva® TFC

3 - Refuerzo mediante codales

INCREMENTAR LA RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA



Refuerzos mediante diafragmas pretensados

Freyssinet realiza diafragmas pretensados por medio de tendones de pretensado exterior anclados en puntales o vigas de coronación adicionales.

Los tendones pueden disponerse horizontalmente y en ese caso unen caras opuestas de un edificio, o bien verticalmente comprimiendo la estructura en el plano de la fachada.

Los tendones verticales anclados a la cimentación ayudan a la estructura cuando se ve sometida a momentos invertidos.

Será necesario comprobar si la introducción de esfuerzos adicionales en la estructura y la cimentación exige refuerzos complementarios.

Refuerzo mediante contrafuertes exteriores

La solución mediante contrafuertes de hormigón armado, colocados en uno o dos lados del edificio, permiten resistir los esfuerzos sísmicos horizontales y garantizar el descenso de las cargas a la cimentación. Las zapatas de los contrafuertes también contribuyen a reforzar los cimientos de la estructura.

Este tipo de refuerzo presenta la ventaja de requerir únicamente una intervención externa sin perturbar la actividad en el interior del edificio. Puede aportar muchas ventajas si se combina con la instalación de vigas o zunchos de borde perimetrales pretensados.

Refuerzo con muros de hormigón armado

La realización de muros de hormigón armado, suele ser un complemento indispensable para la mejora del esquema funcional de la estructura durante un sismo, ya que garantiza la estabilidad y la adecuada continuidad de la bajada de cargas.

Estos pueden disponerse tanto en el exterior como en el interior del edificio, pudiendo además, combinarse con las vigas o zunchos de borde perimetrales pretensadas, mejorando de esta forma el comportamiento global.



1 - Vista antes de la reparación. Edificio de oficinas Sophia Antipolis
2 - Adición de contrafuertes fijados a la estructura con tres niveles de pretensado exterior. Edificio de oficinas (Sophia Antipolis)



Refuerzo mediante cruces de san Andrés

El arriostramiento de los planos horizontales con puntales permite transmitir y repartir mejor las acciones laterales a los que están sometidos los elementos verticales.

Estos deben resistir los efectos horizontales en su plano en cada piso de la construcción y garantizar el descenso de las cargas dinámicas hacia la cimentación.

Refuerzo mediante puntales equipados con dispositivos de disipación de la energía

La solución de Freyssinet consiste en combinar los apuntalamientos adicionales con dispositivos parasísmicos Transpec™ FVD. Estos aparatos de disipación de la energía mediante un fluido viscoso poseen una gran capacidad de amortiguación y son especialmente eficaces incluso en carreras muy cortas. Su capacidad de amortiguación compensa el aumento de la rigidez aportada por la ejecución del apuntalamiento.

Refuerzo mediante puntales equipados con dispositivos de amortiguación por histéresis

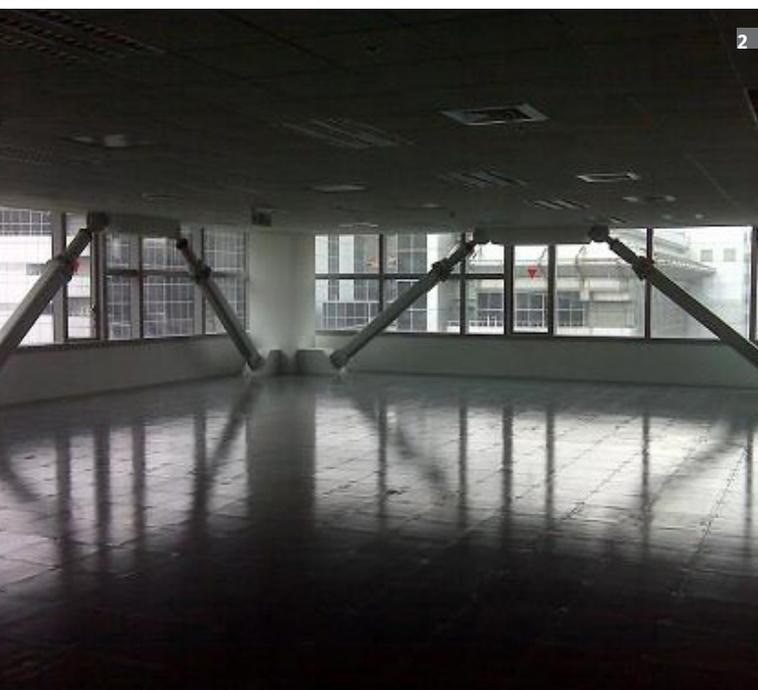
En los casos en los que la cimentación existente no está capacitada para transmitir los esfuerzos verticales y horizontales durante un sismo, es posible considerar su refuerzo mediante un recalce:

Freyssinet ofrece puntales equipados con dispositivos de amortiguación por histéresis y con un sistema de rigidización progresiva en la zona de funcionamiento postelástica, lo que permite igualar los esfuerzos en los puntales.

Soluciones de refuerzo para la cimentación

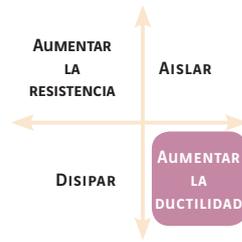
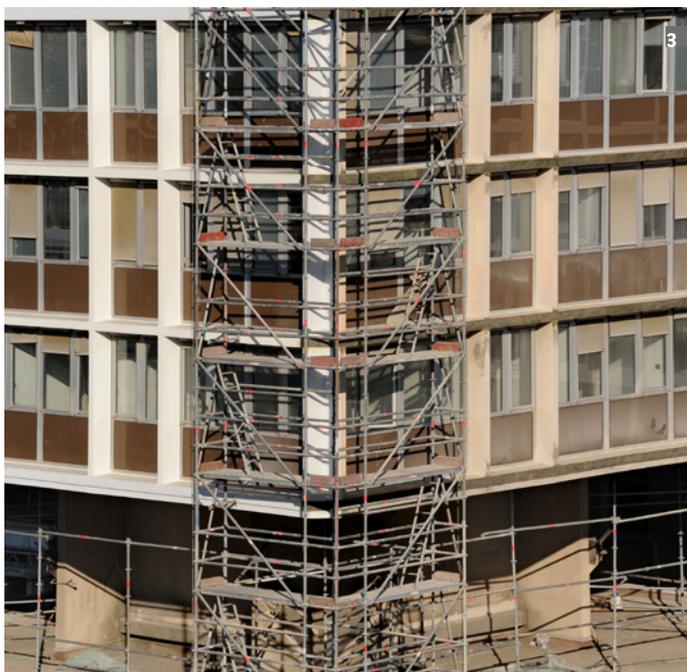
En los casos en los que la cimentación existente no está capacitada para transmitir los esfuerzos verticales y horizontales durante un sismo, es posible considerar su refuerzo mediante:

- el refuerzo de las zapatas, y/o la unión de estas con vigas de atado, y/o de los encepados de pilotes, o mediante sistemas de codal-tirante pretensado;
- micropilotes Freyssinet, incluso en espacios de muy difícil acceso, gracias a los equipos de perforación de pequeño tamaño;
- tirantes de anclaje cuando la masa de la estructura es insuficiente para garantizar su estabilidad.



1 - Apuntalamiento con cruces de san Andrés
2 - Puntales equipados con amortiguadores hidráulicos
3 - Detalle de un amortiguador hidráulico montado sobre un puntal

INCREMENTAR LA DUCTILIDAD DE LA ESTRUCTURA



El incremento de la ductilidad de la estructura se obtiene reforzando los nudos que participan en la función elástica pero presentan alguna debilidad y confinando las zonas de las rótulas plásticas.

Refuerzo de los nudos

Para paliar las deficiencias del entramado o los defectos de diseño de los nudos pilar-viga (deficit de armaduras transversales de confinamiento), puede realizarse un refuerzo de los nudos mediante zunchos realizados por medio de bandas de carbono Foreva® TFC, adición de armadura de refuerzo embebidas o externas, o y/u hormigón proyectado por vía seca Foreva® Shotcrete.

Confinamiento de las rótulas plásticas

El refuerzo por confinamiento de las rótulas plásticas se realiza mediante la aplicación de bandas de tejido de fibra de carbono Foreva® TFC.

Encamisado de las columnas

La ductilidad de los pilares de hormigón armado de las estructuras porticadas puede incrementarse sin aumentar su rigidez mediante el refuerzo por encamisado de confinamiento con bandas de tejido de fibra de carbono Foreva® TFC. En grandes secciones, resulta muy útil el anclaje de estas bandas al paramento por medio de mechas de anclaje de fibra de carbono Foreva® WFC 100.

Refuerzo de los pilares de esquina

Los pilares de esquina son los elementos más vulnerables de la estructura, debido a los esfuerzos cortantes horizontales que deben soportar durante un episodio sísmico combinado con la baja carga vertical soportada. Los extremos superior e inferior pueden ser reforzados mediante bandas de fibra de carbono Foreva TFC o con armaduras pasivas adicionales.

1 - Confinamiento local de postes mediante refuerzos compuestos Foreva® TFC

2 & 3 - Refuerzo de los nudos viga-poste en la fachada mediante refuerzos compuestos Foreva® TFC y brocas de anclaje Foreva® WFC 300

AISLAR LA ESTRUCTURA DE SUS CIMIENTOS



Aparatos de apoyo elastomérico zunchados

La flexibilidad horizontal de los apoyos elastoméricos zunchados y su gran capacidad de distorsión bajo cargas verticales les permite aislar la estructura de los movimientos de la cimentación. Debido a su elasticidad, estos apoyos vuelven a centrar la estructura tras el terremoto.

Como complemento, los aislantes dinámicos también pueden equiparse con una función de amortiguación para disipar parte de la energía sísmica. Pueden estar formados por un material que presente una alta amortiguación interna (tipo HDRB) o estar provistos de un núcleo de plomo (tipo LRB) que se endurece en caso de distorsión. Estos apoyos no necesitan mantenimiento, pero debe ser examinados tras un sismo de gran intensidad.

Para aumentar la disipación de energía en el enlace entre la estructura y sus cimentaciones, es posible combinar el aislamiento dinámico con amortiguadores de fluido viscoso Transpec™ FVD, que permiten alcanzar coeficientes de amortiguación interna de más del 50%.

Apoyos pendulares

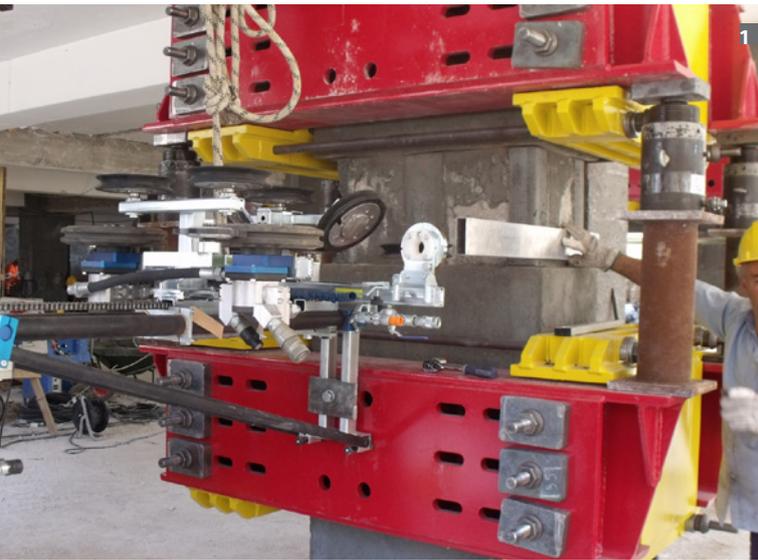
Los apoyos pendulares permiten el desplazamiento de la estructura con respecto a la cimentación siguiendo una superficie esférica cuyo radio determina la frecuencia propia de la estructura aislada. Los apoyos vuelven a centrar la estructura tras el sismo.

Como complemento, el rozamiento del disco de apoyo sobre la superficie de deslizamiento disipa parte de la energía sísmica.



- 1 - Instalación de un apoyo elastomérico zunchado
- 2 - Amortiguador Transpec™ FVD
- 3 - Apoyo pendular
- 4 - Ensayo de distorsión dinámica en apoyo elastomérico zunchado

AISLAR LA ESTRUCTURA DE SUS CIMIENTOS



Introducción de aislantes dinámicos

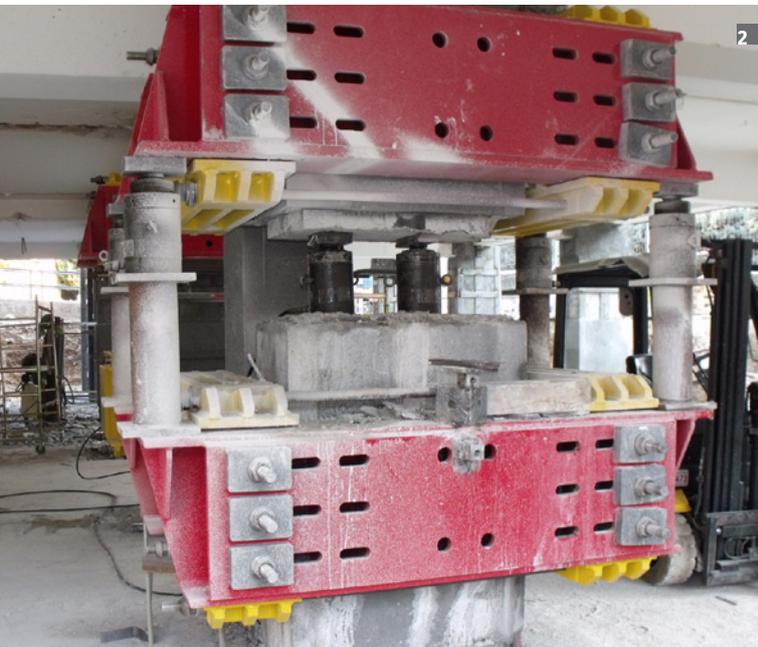
Para colocar los aislantes dinámicos en edificios existentes, si no se puede elevar la estructura de forma permanente, es necesario conseguir una distribución específica para introducir y cargar los aislantes dinámicos:

- desvinculación de muros y forjados;
- cortar los pilares e introducir los aislantes.

Freyssinet instala estructuras temporales para descargar la zona que hay que tratar sin desestabilizarla, desvincula la estructura de sus muros, realiza los cortes en los pilares, refuerza localmente los elementos estructurales, coloca los dispositivos de aislamiento sísmico, y a continuación, los pone en carga mediante un desapeo preciso con gatos controlados por equipos informatizados especializados.

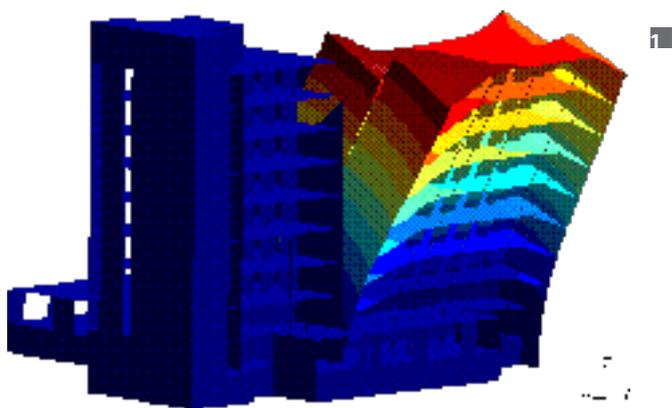
Realización de un apuntalamiento horizontal

Los edificios aislados pueden requerir, en ocasiones, del apuntalamiento del conjunto o incluso la realización de un forjado lo suficientemente rígido y resistente que permite uniformar los desplazamientos de la base.



- 1 - Fijación de vigas metálicas mediante barras de pretensado y descarga de la columna mediante elevación con gato
- 2 - Corte de la columna
- 3 - Entramado y hormigonado de plintos, inserción de apoyos y retacado. Puesta en carga de la columna mediante descenso de los gatos
- 4 - Vista del edificio aislado antes de volver a estar en funcionamiento

INGENIERÍA ESPECIALIZADA



Inspecciones y sondeos

Sólo es posible escoger una solución de refuerzo o reparación óptima tras hacer un diagnóstico preciso que permita conocer la resistencia del edificio ya construido o su capacidad residual tras un sismo.

A petición del director de obra, Freyssinet puede encargarse del diagnóstico sísmico, que se divide en cuatro campos:

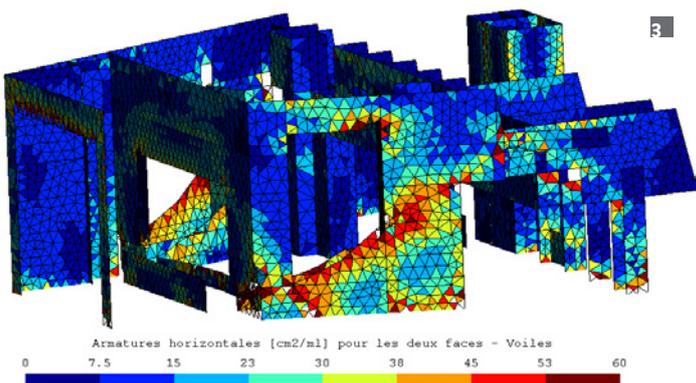
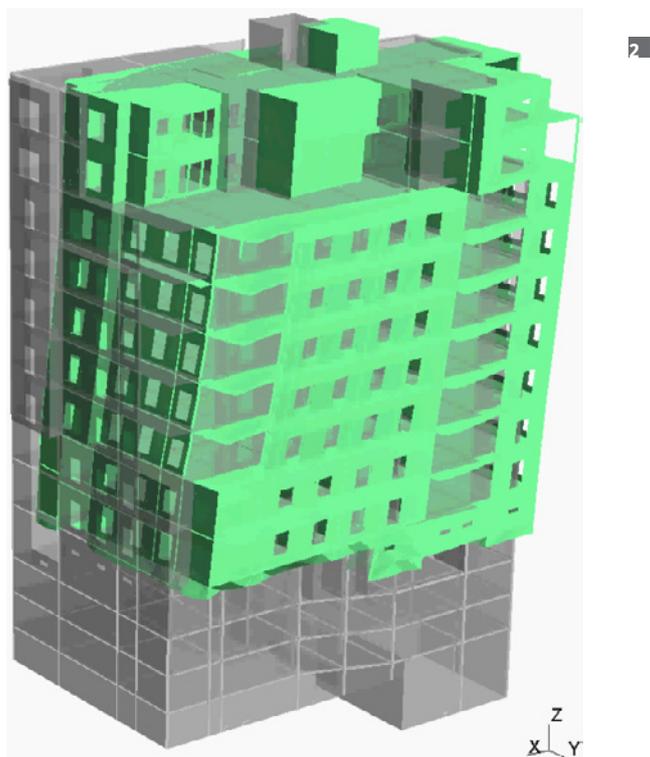
- La estructura (geometría, masas reales, entramados, cargas, materiales, irregularidades y debilidades);
- El terreno (naturaleza, impedancias dinámicas y riesgos de licuefacción);
- La sismología en la zona (caracterización de la acción sísmica, efecto del lugar y espectro específico);
- El entorno (interacción con las estructuras existentes).

Modelización avanzada

Los edificios suelen requerir, ya desde su diseño arquitectónico, una modelización compleja para entender su comportamiento en caso de sismo.

Freyssinet pone a disposición de los directores de obra su ingeniería especializada en análisis estructural. Este departamento desarrolla sus propios programas de modelización de estructuras para estudiarlas con rapidez y fiabilidad, incluso aquellas tienen una forma más irregular, antes y después del refuerzo.

El departamento de ingeniería, que tiene gran experiencia en la modelización de estructuras no lineales sin elasticidad y de dispositivos de protección sísmica, puede realizar el estudio dinámico del edificio reforzado siguiendo métodos simplificados o complejos.



1 - Estudio del comportamiento en caso de sismo de un grupo de edificios

2 - Modelización del aislamiento dinámico de las partes alta y baja (soterrada) de un edificio

3 - Análisis local de las tensiones producidas por los efectos del sismo



Más de 60 establecimientos en todo el mundo

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



FREYSSINET
SUSTAINABLE TECHNOLOGY



www.freyssinet.com

Síguenos en:

