



entrevista a **Dra. Tiziana Rossetto**

EEFIT
Presidenta
Equipo de Investigación de Campo
en Ingeniería Sísmica
Londres – Reino Unido



Tiziana Rossetto se incorporó al University College de Londres (UCL) en 2004. Fundó y dirige el *Earthquake and People Interaction Centre (EPICentre, www.epicentreonline.com)*, un centro de investigación multidisciplinar que estudia temas relacionados con el riesgo de terremotos y tsunamis. También dirige *MSc Earthquake Engineering with Disaster Management*, fundado por ella en 2006. Su investigación personal se ha centrado principalmente en el desarrollo de metodologías empíricas y analíticas para deducir curvas de vulnerabilidad que se pueden utilizar para predecir los daños probables en las estructuras durante un terremoto. La Dra. Rossetto ha participado en múltiples misiones sobre el terreno para evaluar los daños en edificios e infraestructuras en zonas sísmicas como la de L'Aquila en 2009, Wenchuan, China, en 2008, Cachemira en 2005, Sumatra en 2004 y Bhuj, India, en 2001.

“No sabemos dónde se encuentran todas las fallas sísmicas del mundo”

Después de la reciente serie de terremotos y tsunamis que se han producido en todo el mundo, Trébol conversó con la presidenta del Equipo de Investigación de Campo en Ingeniería Sísmica (EEFIT) del Reino Unido, que está realizando grandes esfuerzos para reunir toda la información necesaria sobre estas catástrofes y el comportamiento de las estructuras frente a los eventos reales.

El EEFIT (Equipo de Investigación de Campo en Ingeniería Sísmica) es un grupo de ingenieros sísmicos, arquitectos y académicos británicos que tiene como objetivo colaborar con colegas de países expuestos a la amenaza sísmica para recoger enseñanzas que permitan mejorar la resistencia sísmica tanto de las estructuras tradicionales como de las especialmente diseñadas. El EEFIT es una organización sin ánimo de lucro y un *joint venture* entre las universidades y la industria. Se creó en 1982, después de que un pequeño grupo de ingenieros se reuniesen para debatir y acordar la creación de un equipo de investigación de campo en terremotos con sede en el Reino Unido.

En lo esencial, sus objetivos fundacionales se mantienen sin cambios. El EEFIT quiere que los ingenieros sísmicos del Reino Unido conozcan de primera mano los daños provo-



Edificio dañado por el terremoto de febrero de 2010 en Valparaíso. Chile

El EEFIT quiere que los ingenieros sísmicos del Reino Unido conozcan de primera mano los daños provocados por terremotos y tsunamis para poder informar sobre el comportamiento de las estructuras de ingeniería civil y construcción bajo carga sísmica

cados por terremotos y tsunamis para poder informar sobre el comportamiento de las estructuras de ingeniería civil y construcción bajo carga sísmica. Para ello, envía a sus miembros en misiones a las zonas de desastre después de catástrofes importantes para observar los daños causados y sus efectos en el entorno natural y en las construcciones. Según el EEFIT, es esencial asegurarse de que se aprendan las lecciones y se obtengan los conocimientos fundamentales para mejorar la resistencia en el futuro. La Dra. Tiziana Rossetto nos habló de cómo la organización intenta aprender de las experiencias derivadas de estos eventos para mejorar la resistencia y el diseño sísmico de edificios en el futuro.

Solo llevamos cincuenta años recogiendo datos de calidad sobre estos eventos y con frecuencia éstos ocurren una vez cada siglo, por lo que hay muchas cosas que no sabemos sobre sus consecuencias en estructuras y materiales de construcción

Recogida de datos sobre el terreno

“La única forma de revisar el comportamiento real de los edificios, diseñados específicamente o no, es ir a ver los efectos de un terremoto después de que se haya producido. Aunque se trata de situaciones trágicas, constituyen un excelente banco de pruebas para el entorno urbanístico del que podemos aprender. Ver los efectos sobre el terreno siempre es diferente de la teoría abstracta y nos permite volver al Reino Unido con lecciones aprendidas tanto para la práctica de la ingeniería como a nivel académico”, explica la Dra. Rossetto, que también pertenece al departamento de ingeniería civil, medioambiental y geomática del *University College* de Londres.

Los datos recogidos por el EEFIT contribuyen a mejorar la comprensión del comportamiento estructural y permiten evaluar la idoneidad de los planes de diseño y las normativas actuales. “Estas investigaciones son vitales”, afirma la Dra. Rossetto, “porque la ingeniería sísmica es una disciplina joven y es fundamental saber más para llegar a comprender las incertidumbres que presentan estos eventos”.

“Solo llevamos 50 años recopilando datos de calidad de terremotos y tsunamis. Los terremotos fuertes tienen períodos de recurrencia que pueden abarcar siglos, por lo que



todavía hay muchas cosas que no sabemos sobre sus fuerzas y las consecuencias para las estructuras y los materiales de construcción bajo la vibración y las cargas dinámicas que generan”, añade.

Sostenibilidad económica del EEFIT

La organización está asociada con la Institución de Ingenieros Estructurales (IStructE), que le ha ofrecido su apoyo desde finales de la década de 1980, especialmente en las áreas administrativas. La organización sin ánimo de lucro, también se ha beneficiado de empresas patrocinadoras como *Willis Re*, *AIR Worldwide*



Palacio Presidencial de Puerto Príncipe derrumbado por el terremoto de agosto de 2010. Haití

A lo largo de los años, los informes de campo han ayudado a desarrollar los códigos de diseño sísmico, identificar los efectos de los procesos de licuefacción y han considerado el valor de las alertas de tsunami frente al diseño resistente a los tsunamis

Ltd, Aon Benfield y Risk Management Solutions (RMS), que le han prestado apoyo desde el sector del riesgo y los seguros en los últimos treinta años.

El Consejo de Investigación de Ingeniería y Ciencias Físicas (ESPRC) ha tratado de asegurar el futuro del EEFIT con la reciente concesión de una beca de investigación para realizar otras cinco misiones de reconocimiento de escenarios post-terremoto en los próximos cinco años. Los costes también se han sufragado mediante el pago de cuotas de los socios.

La afiliación corporativa cuesta 250 GBP y las empresas que deciden apoyar al EEFIT pueden designar a un miembro de su personal

para que participe en una misión. Los miembros proceden de una gran variedad de sectores, como el académico, la ingeniería civil, la ingeniería técnica, las ciencias sociales y la industria del riesgo y del reaseguro. La organización cuenta actualmente con unos 130 patrocinadores.

Aunque el principal objetivo de la organización es garantizar que los ingenieros y expertos del Reino Unido tengan la oportunidad de experimentar y estudiar terremotos y tsunamis, cuenta con miembros de todo el mundo y colabora con instituciones académicas internacionales, instituciones asociadas con IStrcutE y filiales en el extranjero de las empresas miembros para sus misiones.

Las misiones

“Estudiamos los daños y los efectos tanto en el entorno natural como en el urbanístico. Intentamos identificar las principales lecciones que se pueden aprender. Nos preguntamos por qué se han derrumbado los edificios y por qué no han soportado las cargas (si eran demasiado grandes o si las especificaciones del diseño eran incorrectas) y observamos otras características específicas que puedan dar lugar a nuevas investigaciones”, señala la Dra. Rossetto.

Las misiones del EEFIT en las zonas afectadas son relativamente breves, ya que duran aproximadamente una semana. Normalmente tienen lugar dos semanas después de un evento para que los participantes no interfieran con las operaciones de ayuda, pero están sobre el terreno antes de que comience la limpieza en serio.

El tamaño del grupo de cada misión depende de dónde ha tenido lugar el terremoto y de las dimensiones del suceso. En cada misión, los miembros realizan una evaluación técnica detallada del comportamiento de las estructuras, los cimientos, las obras de ingeniería civil y las plantas industriales de la región afectada; recogen datos geológicos y sismográficos, incluyendo los registros de movimientos fuertes, y evalúan la eficacia de los métodos de protección frente a terremotos, sin olvidar las reparaciones y los acondicionamientos, para establecer comparaciones entre el comportamiento real de las estructuras y las expectativas de los diseñadores.

La organización intenta asegurarse de que cada grupo dispone de un amplio abanico de conocimientos. Normalmente incluyen un sísmólogo, un ingeniero civil, expertos específicos, como ingenieros de puentes o nucleares, más recientemente un científico social y, con frecuencia, personas del sector del reaseguro que están más interesadas en los efectos y los daños genéricos. A menudo también se incorporan miembros jóvenes del EEFIT (estudiantes de doctorado o jóvenes ingenieros) para formar a la futura generación de expertos. Los participantes deben ser miembros del EEFIT, pero la presidenta explicó que muchos no miembros se presentan voluntarios y después se convierten en miembros con relativa facilidad.

Inspección de edificio en Italia afectado por el terremoto de L'Aquila. Italia. ©EEFIT 2009



Puede parecer que el acceso a las zonas catastróficas no es fácil para una ONG como el EEFIT, pero los homólogos del Instituto de Ingenieros Estructurales de todo el mundo ofrecen ayuda y apoyo para facilitar las expediciones. Con frecuencia los miembros de las misiones del EEFIT son elegidos porque tienen buenos contactos en los países que van a visitar. Muchas veces, sin embargo, la ayuda llega en forma de buena voluntad de los habitantes locales. Y por supuesto, hay veces en las que un paseo en un helicóptero Chinook de la fuerza aérea estadounidense puede resultar muy útil.

En el terremoto de 2005 en Cachemira (Pakistán), la misión del EEFIT llegó al corazón de la zona del desastre a bordo de los helicópteros del ejército que transportaban paquetes de ayuda para la población necesitada. También se desplazaron con las fuerzas armadas de Chile para supervisar las zonas inundadas por el tsunami ocurrido a raíz del terremoto de Maule.



Cooperación internacional

Muchos de los terremotos se producen en zonas en las que el nivel de desarrollo no es suficiente para financiar programas de investigación significativos, y el EEFIT ha desempeñado un papel importante en el apoyo que prestan los países desarrollados.

“Ha habido muchos beneficios significativos, por ejemplo la formación a través de observaciones de los efectos prácticos de los movimientos del terreno, el fomento de vínculos sólidos entre participantes en ejercicio y académicos, el establecimiento de vínculos internacionales y la recopilación de datos para la investigación en una gran variedad de temas relacionados con la ingeniería sísmica”, explica un artículo de la Institución de Ingenieros Civiles¹.

casi por igual entre la industria y el ámbito académico. Además de la formación de estos ingenieros, otro de sus logros importantes es la colaboración con otros equipos de campo internacionales, entre ellos grupos de Francia, Estados Unidos, Chile, Perú y Nueva Zelanda, para registrar los terremotos y desarrollar las respuestas adecuadas.

¹ Booth, E., Wilkinson, S., Spence, R. J. S., Free, M., ROSSETTO, T. (2011). *EEFIT: the UK Earthquake Engineering Field Investigation Team. Proceedings of the ICE: Forensic Engineering* 164(FE3), 117-123

El EEFIT lleva a cabo tres niveles de evaluaciones en todas las misiones. En el aspecto estructural, realiza evaluaciones rápidas durante las que se desplazan en vehículos, observando rápidamente el nivel general de los daños en una zona determinada. Después se realiza un estudio “a pie de calle” en el que el EEFIT investiga una zona, edificio por edificio, para asignar de forma expeditiva los daños a cada estructura. El tercer tipo es una inspección detallada de edificios concretos que tienen verdadero interés.

Desde sus comienzos, el EEFIT ha realizado misiones sobre el terreno en 29 zonas sísmicas y se puede acceder a los informes posteriores en Internet de forma gratuita. Las más recientes son la observación de los daños del terremoto de Chile en 2010 y los de Christchurch, Nueva Zelanda, y el norte de Japón en 2011.

En las misiones han participado más de un centenar de ingenieros británicos, repartidos

Los informes de campo

Quizás los informes son su aportación definitiva ya que, basándose en los hallazgos de las misiones, dan a conocer la investigación y los descubrimientos al resto de profesionales de la ingeniería sísmica de todo el mundo.

A lo largo de los años han ayudado a desarrollar los códigos de diseño sísmico, identificar los efectos de los procesos de licuefacción y han considerado el valor de las alertas de tsunami frente al diseño resistente a estos fenómenos. Las investigaciones geotécnicas de la organización tienen en cuenta si hay roturas de fallas y si éstas han llegado realmente a la superficie. También miden los desplazamientos y observan los deslizamientos de tierra y los fenómenos de licuefacción presentes en la zona afectada. La licuefacción es el proceso mediante el cual la tierra se convierte práctica-

mente en agua y pierde su resistencia, haciendo que las estructuras se hundan y vuelquen. Se produjo una gran cantidad de licuefacción tanto en el terremoto de Kocaeli en Turquía como en los de Christchurch, Nueva Zelanda.

Los informes recomiendan cambios en las prácticas de construcción que puedan mejorar la resistencia futura en una zona estudiada por una misión. "Por ejemplo", explica la Dra. Rossetto, "después del estudio del terremoto de Northridge, California, en 1994, los ingenieros descubrieron que los edificios de acero, que en aquel momento se consideraban muy resistentes a los terremotos, podían ser inseguros bajo carga sísmica si se construían utilizando determinados sistemas de anclajes".

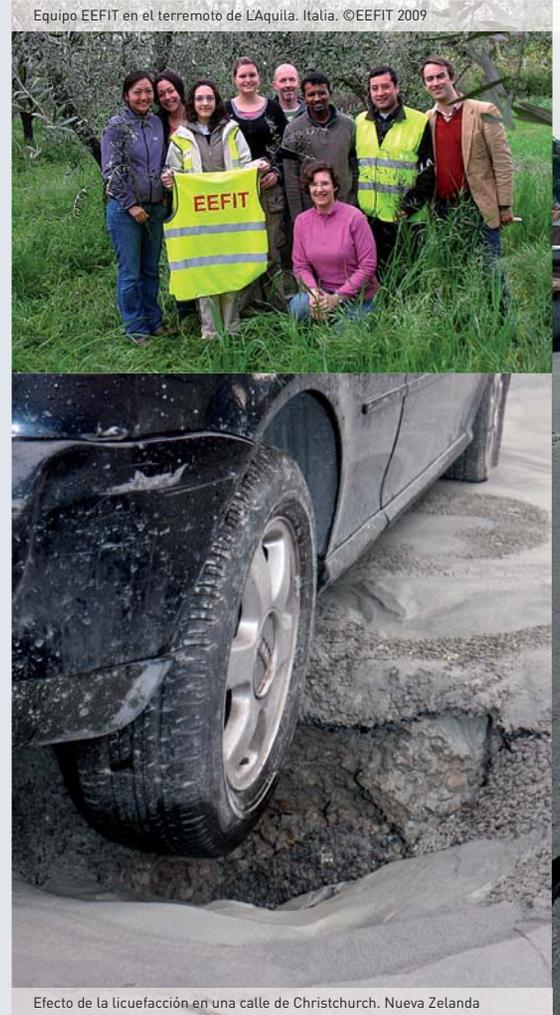
"Se detectaron algunos problemas en su construcción. Eso se ha tenido en cuenta en los códigos de prácticas sísmicas. No estamos solos, hay otros equipos que también están sobre el terreno y nosotros colaboramos con ellos para documentar lo que ha ocurrido y plantear el problema a la comunidad internacional en general", añade.

El EEFIT elabora "informes preliminares" en las dos semanas siguientes a cada misión en los que se exponen sus observaciones básicas. Anteriormente se realizaba después un informe completo, pero en los últimos años, este análisis profundo se ha publicado en revistas científicas, en forma de resúmenes más breves pero de "muy alta calidad".

Los beneficios de las nuevas tecnologías

El EEFIT es también uno de los miembros fundadores del *Virtual Disaster Viewer* (VDV), una plataforma web que permite comparar las imágenes de satélite anteriores y posteriores al terremoto y que ofrece imágenes georreferenciadas de los daños y las observaciones de campo.

Desde su participación en el desarrollo del VDV, la organización también ha empezado a utilizar esta tecnología para estudiar a distancia las zonas catastróficas. Esta práctica se inició con el terremoto de Wenchuan,



China, en 2008 y se ha utilizado en todos los terremotos visitados con una sofisticación cada vez mayor.

Esto permite a los miembros participar en más misiones al poder comparar las imágenes por satélite del antes y el después. Esta herramienta desarrollada por la empresa *Image Cat Ltd* puede ampliar las imágenes hasta el nivel de calle y más allá.

Los informes del EEFIT se encuentran en Internet y cualquier persona que tenga interés en el tema puede acceder a ellos. No obstante, en general, los destinatarios son ingenieros sísmicos y académicos de todo el mundo, que después filtran la información a una base de conocimientos más amplia. Finalmente, estos conocimientos se utilizan para prepararse mejor a los futuros eventos y para actualizar los códigos de construcción sísmica.



La licuefacción es el proceso mediante el cual la tierra se convierte prácticamente en agua y pierde su resistencia, haciendo que las estructuras se hundan y vuelquen. Se produjo una gran cantidad de licuefacción tanto en el terremoto de Kocaeli en Turquía como en los de Christchurch, Nueva Zelanda

Códigos de construcción sísmica

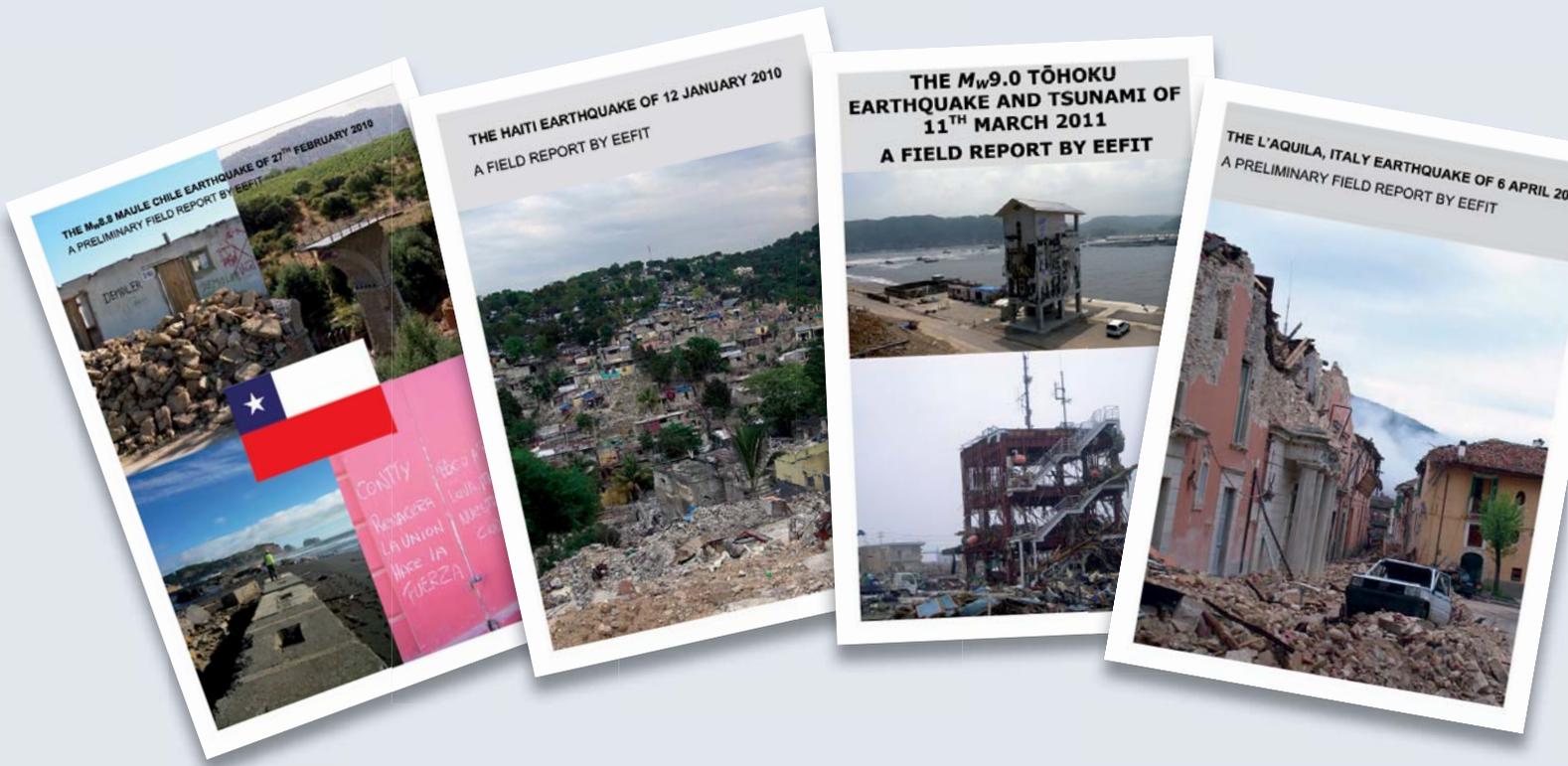
El EEFIT comenta y recomienda actualizaciones de los códigos de construcción sísmica, que son un conjunto de pautas normalmente obligatorias que indican cuál es el mejor diseño de una estructura para soportar las cargas y fuerzas producidas por un terremoto. Su objetivo es evitar los fallos catastróficos de construcción.

Los códigos de construcción antisísmicos modernos comenzaron a aparecer en los años setenta, sobre todo en los Estados Unidos y Europa, pero también en otras partes del mundo. Debido a la falta de datos, sin embargo, con frecuencia subestimaban los efectos de los temblores del suelo. La mayoría de los códigos de todo el mundo y los mapas de riesgo se actualizaron a mediados de los años ochenta y han seguido actualizándose a medida que se adquirían más conocimientos. Sin embargo, muchos edificios se han construido según

los códigos sísmicos previos o sin considerar ningún código. Por lo tanto, son deficientes teniendo en cuenta la información de la que se dispone actualmente.

Los Eurocódigos, entre otros, son el conjunto más moderno de pautas y forman parte de un lote que entró en vigor a comienzos de este siglo. Los códigos que se remontan a antes de este período están “un poco anticuados” y probablemente solo evitarán los daños de pequeños terremotos. “Muchas de estas revisiones se han realizado directamente después de grandes eventos, cuando se ponen de manifiesto las deficiencias en la construcción y el diseño”, explica la Dra. Rossetto.

Por ejemplo, el terremoto de Northridge, California, supuso cambios importantes en los códigos sísmicos estadounidenses. Y el terremoto de Chile en 2010 confirmó que las estructuras de mampostería de pequeño tamaño, que mu-



chas personas de la comunidad de ingenieros habían planteado como alternativa barata a la construcción de hormigón armado en los países en desarrollo, se comportaron “muy bien”.

“Los códigos han evolucionado al mismo tiempo que nuestros conocimientos y nuestras observaciones de los terremotos”, afirma la Dra. Rossetto. “Y el peligro sísmico no ha hecho más que aumentar. Las fuerzas son siempre más grandes de lo que pensábamos.”

A diferencia de los códigos de construcción normales, el diseño sísmico intenta en parte facilitar los daños en determinadas zonas de un edificio para evitar la muerte de sus ocupantes y el derrumbe total del edificio. Los daños no significan necesariamente que un edificio se haya comportado mal.

“Lo más importante es salvar vidas. Por eso diseñamos el edificio para que sufra daños pero en lugares en los que no va a suponer una amenaza para la vida. Por ejemplo, no querríamos que se produjesen daños en la parte superior o la inferior de las columnas verticales, por-

que entonces el piso se desplomaría. Por ese motivo intentamos diseñar para que los daños se produzcan entre las vigas, en los elementos horizontales, para que el edificio pueda oscilar pero siga manteniendo su resistencia vertical y no colapsen los techos ni los suelos”, explica la Dra. Rossetto.

“Con frecuencia, los países en desarrollo no disponen de los recursos necesarios para crear sus propios códigos sísmicos y los toman prestados de otros países. La desventaja obvia de esto es que es posible que no reflejen las prácticas de construcción en todos los países”, dice la Dra. Rossetto. “Los materiales de construcción y la mano de obra local no suelen alcanzar los niveles de calidad que establecen los códigos de los países desarrollados”, añade.

Según la presidenta del EEFIT, “la mano de obra poco cualificada es algo negativo para la resistencia de los edificios, aunque se diseñen según los códigos sísmicos”.

“Los dos principales efectos que desempeñan un papel fundamental en los daños producidos



por los terremotos, son la amplificación de los movimientos sísmicos del terreno (normalmente en suelos blandos) y la licuefacción a nivel del suelo”, explica. La probabilidad de ambos efectos debe evaluarse y tenerse en cuenta para la ubicación de las estructuras y su diseño.

Los efectos de los tsunamis

“Existen muy pocas normas en los códigos en lo que respecta al diseño para tsunamis”, dice la Dra. Rossetto. Como son poco frecuentes, no hay observaciones sobre el terreno y, con las enormes fuerzas que desarrollan, no suele ser económicamente viable construir para resistir grandes tsunamis.

Solo los edificios que se consideran de vital importancia deben construirse para soportar los tsunamis más grandes. Entre éstos se encuentran las estructuras que desempeñan un papel esencial en los momentos posteriores a la catástrofe, como las estructuras de defensa costera y las centrales nucleares. Las

centrales nucleares también deben construirse conforme a los códigos de diseño sísmico más estrictos.

En el reciente desastre de Japón, la Dra. Rossetto explica que los estudios del EEFIT y otras partes interesadas confirmaron que los daños causados por el tsunami fueron más graves que los efectos del terremoto.

Japón cuenta con las mejores defensas del mundo contra los tsunamis y, aunque ofrecieron alguna resistencia, fueron insuficientes para detener las inundaciones del tsunami. Un problema importante fue el hecho de que estuviesen construidas para una altura máxima de ola de seis a ocho metros, de acuerdo con el tamaño de los tsunamis anteriores. No estaban preparadas para un tsunami como el que finalmente se produjo.

“Aprendimos que las defensas pueden funcionar pero deben diseñarse y actualizarse adecuadamente de acuerdo con nuestros nuevos conocimientos. Por ejemplo, el alcalde de la ciudad de Fundai insistió en construir una

puerta para tsunamis de quince metros de altura y Fundai fue una de las pocas ciudades de la zona afectada que sobrevivieron indemnes”, señala la presidenta del EEFIT. Pero el coste es un problema importante.

Antes del evento, hubo mucha especulación y debate en relación con la eficacia de defensas blandas contra los tsunamis, por ejemplo las masas arboladas. “Se consideraba que suponían una ventaja en algunas zonas, pero no en otras”, explica la Dra. Rossetto, “así que sigue siendo una cuestión sin resolver que tendremos que investigar”.

La cotización del riesgo sísmico

“Creemos que los seguros pueden desempeñar un papel importante para promover eficazmente las medidas de reducción de daños por terremotos. Si las aseguradoras aplican políticas con una escala progresiva condicional, de modo que los edificios seguros obtengan un descuento si se reforman o se construyen según las normas del código, eso animaría a todo el mundo a cumplirlas, porque les compensaría a largo plazo con la reducción de los costes del seguro”, insiste la Dra. Rossetto.

En cierta medida las compañías de seguros lo hacen recompensando a quienes hacen esfuerzos de reducción de daños e imponiendo ciertas restricciones en la suscripción en zonas con alto riesgo sísmico. Pero no es fácil de cumplir en un mercado blando y, a menudo, los mejores esfuerzos se ven socavados porque algunas aseguradoras ofrecerán cobertura de todos modos debido a la naturaleza competitiva del mercado. Parece que la regulación sería la única forma de avanzar para garantizar que el precio del perfil de riesgo estándar se cumpla de forma general.

La Dra. Rossetto resalta que el conocimiento de las catástrofes y sus consecuencias sigue siendo limitado hasta la fecha en la comunidad de la ingeniería sísmica y científica. Por ejemplo, no sabemos dónde están todas las fallas sísmicas del mundo. Con frecuencia no es hasta que ocurre un evento cuando la comunidad aprende acerca del riesgo catastrófico y sus consecuencias.

Daños producidos por el terremoto de julio de 2011 en Christchurch. Nueva Zelanda





Fallas ocultas

“Hay una gran cantidad de fallas ocultas o *blind faults*, que no se han fracturado en los últimos cien años, pero nadie tiene memoria histórica de los terremotos que se han producido en determinadas zonas”, afirma. “La licuefacción imprevista que se produjo en Christchurch, causando daños incalculables, y la fractura de una falla desconocida confirman lo poco que sabemos del planeta”, añade la Dra. Rossetto.

Si se ha asentado una gran población en una zona cuya exposición a los terremotos se desconocía anteriormente, el resultado suele ser desastroso. Pero las nuevas tecnologías están ayudando a descubrir las zonas de riesgo. Por ejemplo, un grupo de expertos de las universidades de Oxford y Cambridge en el Reino Unido ha descubierto recientemente, utilizando sistemas de posicionamiento global (GPS), que Teherán se encuentra sobre una falla.

Para ser realistas

“La comunidad sismológica está muy lejos de poder predecir qué va a ocurrir o qué ha ocurrido, ya que todavía no sabemos lo suficiente sobre la estructura de la Tierra. Lo que podemos hacer es ofrecer recomendaciones teniendo en cuenta lo que sabemos sobre los terremotos que se produjeron en el pasado y la vulnerabilidad del entorno construido. Estos datos pueden darnos buenas indicaciones de si el riesgo en un lugar es alto o bajo”, concluye.

Para más información, le invitamos a consultar las siguientes páginas web:

EEFIT – Equipo de Investigación de Campo en Ingeniería Sísmica

<http://www.istructe.org/knowledge/EEFIT/Pages/default.aspx>

ESPRC – Consejo de Investigación en Ingeniería y Ciencias Físicas

<http://www.epsrc.ac.uk/Pages/default.aspx>

ISE – Institución de Ingenieros Estructurales

<http://www.istructe.org/Pages/default.aspx>

VDV – Virtual Disaster Viewer

www.virtualdisasterviewer.com/