

# GUÍA SOBRE TERREMOTOS – PARTE III

## Modelación sísmica para la industria del (rea)seguro

### Generalidades

Después de la Guía sobre Terremotos Parte I y II de SCOR, esta tercera edición se concentrará en desarrollar la comprensión de los elementos, las fortalezas y las limitaciones clave de los modelos sísmicos existentes utilizados por la industria hoy en día

También abordaremos lo que el futuro traerá en términos de investigación, datos y modelos que le permitirán a la industria suscribir el riesgo de terremoto con más confianza.

### Establecer el marco de un evento para representar el riesgo

Los eventos catastróficos son un desencadenante identificado que podría llevar a la insolvencia a una compañía con un desempeño de suscripción bajo, controles internos débiles o procesos inútiles (PACICC, 2013<sup>1</sup>).

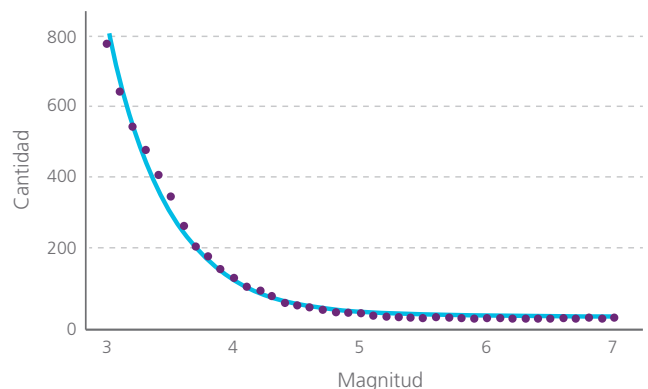
Existen varios ejemplos históricos en los que un desastre natural ha causado que los aseguradores fracasen. Después del terremoto de San Francisco de 1906, 12 compañías de seguros se declararon insolventes, 8 lo hicieron después del huracán Andrew en 1992 (7 locales y 1 extranjera), y luego del terremoto de Christchurch de 2011, 2 compañías de seguros quebraron (PACICC, 2013).

**MUCHOS ASEGURADORES HAN DESARROLLADO TÉCNICAS EFICACES PARA GESTIONAR EL RIESGO DE SOLVENCIA DE LOS DESASTRES NATURALES UTILIZANDO LOS BENEFICIOS DE LOS MODELOS PROBABILÍSTICOS.**

El análisis probabilístico del riesgo sísmico también ha mejorado en gran medida la asegurabilidad de los riesgos de catástrofes naturales, con el uso de este enfoque por parte del Banco Mundial para iniciar el Pool de Seguros Catastróficos de Turquía (TCIP por su sigla en inglés) y el Mecanismo de Seguros contra Riesgos Catastróficos del Caribe (CCRIF por su sigla en inglés), como solo dos ejemplos.

Los modelos catastróficos se basan en la modelación física de diferentes tipos de terremotos, como se describe en las Partes I y II de esta guía, y en el cálculo del daño que resultaría para un amplio rango de tipos de construcciones, tamaños y antigüedad.

Figura 1: Gráfica de la ley de Gutenberg-Richter



Fuente: Open Mind

La escala de la pérdida depende del valor de la exposición y la vulnerabilidad de la construcción, así como de la probabilidad del terremoto en sí.

Los modelos probabilísticos basados en eventos combinan un catálogo fuente de miles de posibles eventos, cada uno con una probabilidad de ocurrencia y magnitud, con los modelos de movimiento del terreno y las funciones de vulnerabilidad para producir evaluaciones de riesgo que son sensibles a ciertas ubicaciones o carteras de propiedades aseguradas. Los cálculos dan como resultado la curva de probabilidad de excedencia (PE). La probabilidad de un terremoto en un determinado lugar se estima como una función de su magnitud. La ley de Gutenberg– Richter expresa la relación entre la magnitud y el número de terremotos para una región y periodo de tiempo determinados, como se ilustra en la Figura 1.

1 - PACICC. 2013. Por qué fracasan los aseguradores: desastres y catástrofes naturales. Property and Casualty Insurance Compensation Corporation. Toronto, Canadá.

Por lo tanto, por cada 1.000 sismos de magnitud 3 que golpean una región, hay 100 sismos de magnitud 4, 10 sismos de magnitud 5, un sismo de magnitud 6 y así sucesivamente. Dado que los sistemas de fallas son de tamaño finito, la escala de Gutenberg-Richter no puede continuar a magnitudes arbitrariamente grandes en el extremo superior. En la página anterior, en algunas magnitudes de corte, la frecuencia del evento debe tender a cero más rápidamente que el incremento exponencial en magnitud. Esta magnitud máxima, la cual depende de la geometría y la tectónica del sistema de fallas, puede ser difícil de estimar de forma precisa, como lo ilustra el evento de Tōhoku de 2011, descrito anteriormente en la Parte II de esta guía.

El siguiente paso en el proceso es calcular las sacudidas del suelo en cada punto de la cuadrícula que cubre la región impactada para cada evento dentro del catálogo de eventos estocásticos. La sacudida del suelo en cualquier punto es el resultado de múltiples factores, tales como la magnitud del temblor, la distancia desde la ruptura de la falla, la geología subsuperficial y la influencia adicional del tipo de suelo en el lugar, conocida como amplificación del suelo.

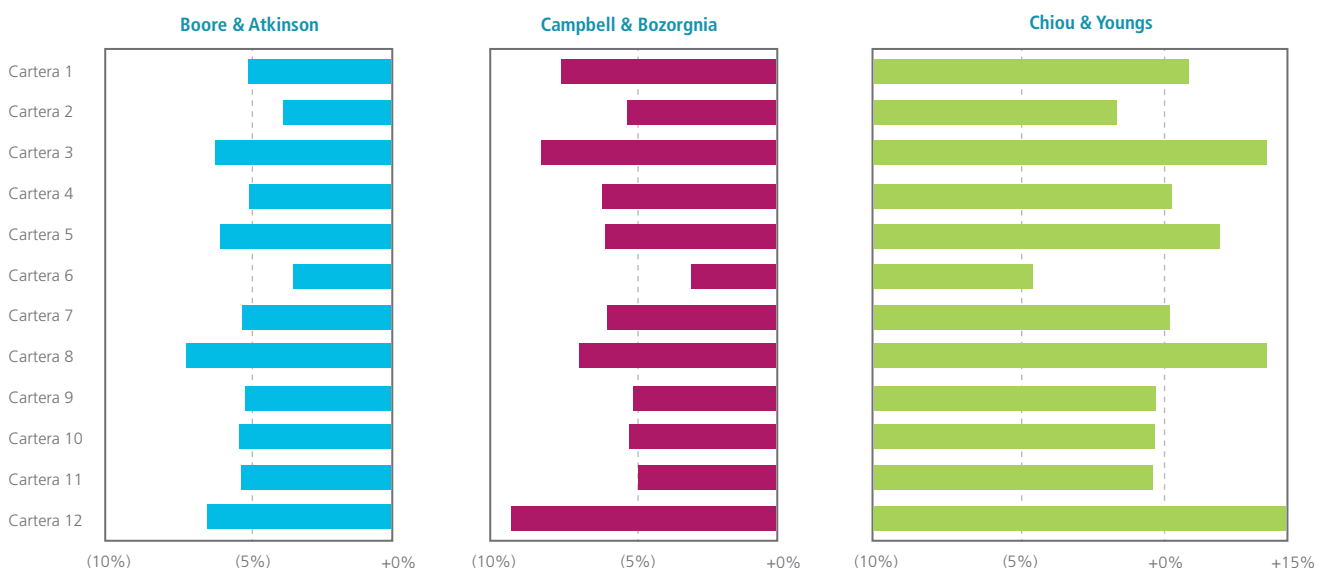
Las relaciones de atenuación se utilizan para calcular la disminución del movimiento del terreno con la distancia desde la fuente del terremoto, dependiendo de la magnitud del terremoto, la geología subsuperficial y el tipo de suelo. Las relaciones de atenuación tienen múltiples parámetros, se desarrollan a partir de análisis estadísticos de las observaciones obtenidas en regiones geomorfológicas similares y son específicos de la región.

Las relaciones para las áreas con el mayor número de observaciones serán las más confiables. Incluso aún en los Estados Unidos, donde se tiene un conjunto muy rico de datos históricos de terremotos al cual recurrir, se han derivado diferentes relaciones de atenuación a partir de los mismos datos, lo que refleja las brechas que todavía existen en los datos y las incertidumbres que se mantienen.

**El proyecto de la Nueva Generación de Atenuación (NGA)** fue un programa de investigación colaborativa que terminó en 2008, cuyo objetivo era desarrollar relaciones de atenuación del movimiento del terreno para el oeste de Estados Unidos y otras regiones tectónicas superficiales activas del mundo, con base en la gran cantidad de datos nuevos que se recogieron de terremotos de los 10 últimos años. Se desarrollaron 5 conjuntos de relaciones de atenuación actualizadas por parte de equipos que trabajan independientemente.

Todos los equipos individuales tienen experiencia previa en el desarrollo de relaciones de atenuación, todos tuvieron acceso a la misma base de datos integral y actualizada de movimientos del terreno, y tuvieron la libertad de identificar partes de la base de datos, ya sea para incluirlas o excluirlas del proceso de desarrollo. Sin embargo, cada una de las relaciones de atenuación produce diferentes resultados, como se muestra en la Figura 2, lo que demuestra la incertidumbre que existe aun cuando los datos están disponibles. En la elaboración de los mapas de riesgo sísmico, las relaciones se ponderaron con igual peso, por lo que no es posible decir que uno es más preciso que otro.

Figura 2: Variación porcentual de las pérdidas de carteras modeladas con tres diferentes relaciones de atenuación de movimiento del terreno: las cuales o aumentan los resultados de pérdidas (Chiu & Youngs) o disminuyen a diferentes niveles (Boore & Atkinson/Campbell & Bozorgnia).



Source: RMS



## La responsabilidad de los efectos del suelo, las lecciones de Ciudad de México 1985

El terremoto de México de 1985 ilustró de forma dramática un fenómeno particular el cual ahora se entiende bien: esto es, que es posible que los movimientos del terreno sean más altos a mayores distancias de la fuente de un terremoto como consecuencia de efectos locales del lugar.

El arte Azteca representa una ciudad construida en una pequeña isla en medio de un gran lago. Posteriormente este lago se secó permitiendo el desarrollo y el crecimiento de la ciudad: convirtiéndose en Ciudad de México. En 1985 un terremoto de 8 Mw ocurrió a 350 kilómetros de Ciudad de México y 100 segundos después las ondas sísmicas golpearon la ciudad.

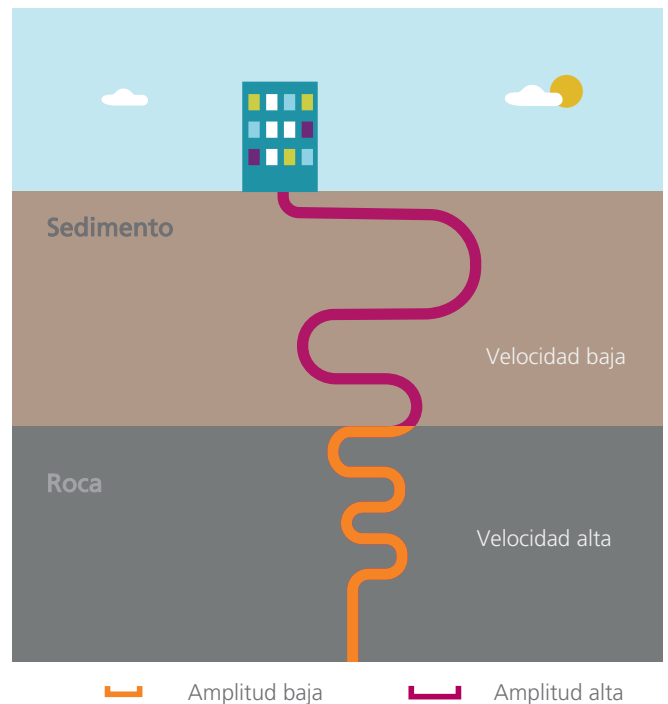
**LOS REGISTROS MUESTRAN QUE EL MOVIMIENTO DEL TERRENO EN LA PERIFERIA DE LA CIUDAD, CONSTRUIDA SOBRE ROCAS VOLCÁNICAS, ERA UN DÉCIMO DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO DEL CENTRO DE LA CIUDAD, CONSTRUIDO SOBRE SEDIMENTOS DE ARCILLA DEL ANTIGUO LAGO.**

En el centro de la ciudad, las ondas sísmicas con una frecuencia de 0.5 Hz se amplificaron tanto que los edificios altos de 20 pisos vibraron en fase con el movimiento del terreno, antes de colapsar después de 10 o 20 segundos. Dichas amplificaciones ocurrieron en cuencas sedimentarias las cuales atrapan y amplifican los movimientos del suelo entre las rocas duras inferiores y el suelo sedimentario, como se muestra en la Figura 3.

Otras ciudades construidas sobre cuencas sedimentarias incluyen Tokio, Seattle, Los Ángeles, partes del área de la bahía de San Francisco y Katmandú. La mayoría de los modelos catastróficos en sus estimaciones de los valores del movimiento del terreno incluyen el efecto de la amplificación del suelo: aunque puede ser una fuente de diferencias significativas entre las salidas del modelo.

La precisión y la resolución de los datos del suelo utilizados en la elaboración de un modelo pueden ser otra razón clave para las diferencias entre la salida del modelo y los resultados. Por ejemplo, dos modelos sísmicos diferentes podrían utilizar el mismo catálogo histórico de terremotos, los mismos mapas de riesgo sísmico y las funciones de atenuación por ejemplo del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por su sigla en inglés), pero utilizar diferentes bases de datos de resolución de suelos.

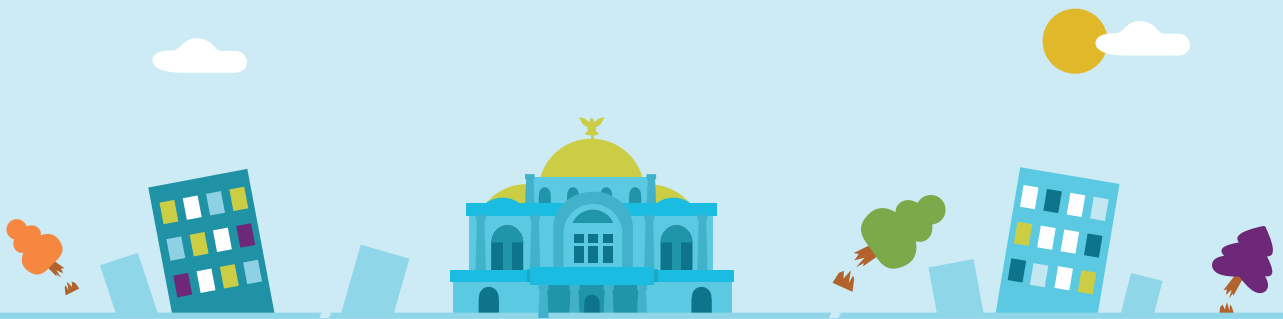
Figura 3: Ilustración del aumento de la amplitud de onda el cual ocurre con la transición de roca de alta velocidad a sedimento de baja velocidad.



Fuente: Geoscience Australia

Además, mientras la resolución horizontal podría ser relativamente alta, podría faltar la información sobre las capas de suelo subsuperficiales. Por ejemplo, en el terremoto de Christchurch de 2011, los lentes de arena licuables escondidos en la subsuperficie no estaban identificados en los mapas de suelos disponibles. **Este tipo de incertidumbre puede impactar significativamente los cálculos de pérdida de nivel de la ubicación,** y tener un impacto en toda la cartera.

Las funciones de vulnerabilidad se aplican al cálculo del cociente de daños para un amplio rango de tipos de construcciones y ocupaciones para cualquier nivel determinado de riesgo, las cuales tienen en cuenta factores como la edad del edificio, su altura, su tipo de construcción y la presencia de cualesquier factores de modificación de daños específicos para el edificio. Por ejemplo, si un edificio de ladrillo está o no reforzado es un determinante clave de su respuesta en un terremoto: la prevalencia de las construcciones de ladrillo sin reforzar a nivel mundial son una gran preocupación dada su alta propensión a colapsar en los terremotos.



Otro concepto clave en la ingeniería sísmica y la vulnerabilidad es si el edificio es o no “dúctil”: las construcciones altamente dúctiles retienen elasticidad y flexibilidad durante las sacudidas, mientras que las construcciones no dúctiles son más frágiles y vulnerables al colapso. Las construcciones con “pisos suaves” también son altamente propensas a fallar: pisos suaves significa que existen grandes espacios abiertos o aberturas en la planta baja, tales como paneles de vidrio de altura completa (p.ej. fachadas de almacenes) o estacionamientos con aberturas hacia la calle. La disminución de la integridad de la estructura de estas construcciones las hace vulnerables al colapso en los terremotos.

La interacción de la frecuencia de las vibraciones del movimiento del terreno y las características del edificio hará que en efecto en el mismo terremoto las construcciones altas experimenten una intensidad diferente que las construcciones bajas. La resonancia de una construcción tiene lugar cuando el periodo natural del edificio coincide con la resonancia de la onda sísmica entrante. Las sacudidas de alta frecuencia afectan más a las estructuras bajas y rígidas. Por el contrario, las ondas sísmicas de periodo largo de baja frecuencia afectan principalmente a las construcciones altas.

En particular, existen más de 100 de las llamadas “mesas vibratorias” en el mundo: las cuales consisten en una plataforma móvil sobre la cual se construye un modelo a escala o incluso una construcción de tamaño real, y se simulan las condiciones representativas de los movimientos del terreno, como se ilustra en la Figura 4. Para conocer algunos buenos ejemplos de las tablas vibratorias en acción, visite el **Centro de Investigación de Ingeniería Sísmica del Pacífico** (PEER por su sigla en inglés) en la Universidad de California, en Berkeley, la Academia China de Investigación de Construcción, en Beijing, o el Laboratorio de ‘E-Defense’ de NIED en Hyogo, Japón.

Otra consideración en la comprensión y la modelación del comportamiento de construcciones en los terremotos es el beneficio sísmico que resulta de los códigos de diseño para la carga del viento, la cual, por ejemplo, se menciona con frecuencia que es el caso de Hong Kong. Las construcciones altas diseñadas y construidas de conformidad con los reglamentos de carga del viento tienen una mayor capacidad inherente para resistir las sacudidas del terreno de todas las frecuencias.

### ¿Sabía qué?

La aceleración espectral ( $S_a$ ) es en esencia la medida de la aceleración máxima que una construcción experimenta y depende de la altura de la construcción.



La modelación de la aceleración espectral capturará esta interacción y proporcionará un diferenciador más preciso del daño de la construcción que la modelación de la intensidad o del pico de la aceleración del terreno, si se combina con información detallada sobre las características de la construcción, en particular la altura y el material de construcción.

Dada la baja frecuencia de los terremotos destructivos existe una relativa falta de datos de reclamos para calibrar las funciones de vulnerabilidad en comparación con, por ejemplo, los huracanes que golpean la costa del Golfo de EE.UU. y Florida.

Por lo tanto, para evitar esto, en el desarrollo de las funciones de vulnerabilidad los estudios de ingeniería anteriores y posteriores al desastre se utilizan ampliamente. Existen muchos centros de investigación dedicados concentrados en entender el comportamiento estructural de las construcciones en su respuesta a los terremotos.

Figura 4: Ilustración de una mesa vibratoria de modelos a escala



Fuente: Universidad de Nevada, Las Vegas



$M_L = \log_{10} A + 1,73 \log_{10}(\Delta) - 0,83$

## Incertidumbres existentes y limitaciones del modelo

Dado que los modelos catastróficos se han integrado más en el proceso de negocio, la confianza en ellos ha aumentado, sin embargo, debemos ser conscientes de las limitaciones de la modelación y las incertidumbres, de forma que podamos ofrecer soluciones de transferencia de riesgo adecuadas que no dejen al titular del riesgo expuesto.

Los modelos catastróficos sísmicos actuales ofrecen una perspectiva sobre el riesgo, que excluye precursores, réplicas y enjambres de eventos. Esto es una consecuencia directa de la metodología utilizada en los estudios de riesgo sísmico la cual asume que los eventos son independientes.

Esto traduce la inteligencia comercial en dificultades en los programas de fijación de precio como el agregado anual de reaseguro o las restituciones donde la frecuencia de los eventos dentro de un periodo de tiempo especificado es importante, o por evento de XOL dado que la probabilidad de un primer evento en el siguiente año del contrato se eleva significativamente.

La secuencia de Emilia en 2012 en Italia, la secuencia de Christchurch en 2011 en Nueva Zelanda y la secuencia de Nuevo Madrid entre 1810 y 1811 en EE.UU. siguen sin tener un análogo en ningún software de modelación al momento de escribir este artículo, aunque las versiones futuras de los modelos deben empezar a abordar esta cuestión.

Existen algunas complejidades específicas en la modelación de múltiples acontecimientos que han dado lugar a esta situación. En primer lugar, está la imprevisibilidad de las réplicas y los precursores, y en segundo lugar la falta de correlaciones conocidas.

---

**CIENTÍFICAMENTE SABEMOS QUE LAS RÉPLICAS SIGUEN A LOS TERREMOTOS, PERO LA CIENCIA DETRÁS DE CONOCER CON PRECISIÓN DÓNDE Y CUÁNDO OCURRIRÁN ESTA LEJOS DE SER PROBABLE.**

---

Por lo tanto, las réplicas necesitan ser modeladas estocásticamente: lo cual es cada vez es más factible a medida que los incrementos en potencia computacional permiten **el cálculo de una multitud de combinaciones posibles**, no obstante, entregan resultados de análisis en escalas de tiempo de uso práctico para el negocio. Otra cuestión es la modelación de los daños de las réplicas.

El daño sufrido por una región debido a un choque principal significa que las estructuras más débiles ya habrán colapsado y el daño incremental no es tan alto como se habría esperado para esa magnitud de terremoto sola.

Sin embargo, por otra parte, las construcciones que sobreviven al primer terremoto se pueden haber debilitado, y por lo tanto son más vulnerables a las réplicas, pero normalmente este es un factor más pequeño que el primero.

Se mantienen pendientes algunas cuestiones sobre los mecanismos de la sismicidad en sí. Las series de grandes terremotos desde 2004 han planteado preguntas y han motivado la investigación activa sobre si dichos grandes terremotos pueden desencadenar otros más lejanos en sistemas de fallas aparentemente completamente separadas, aunque ninguna explicación física o pruebas estadísticas han podido encontrar un vínculo entre estos últimos grandes eventos (Shearer, 2011<sup>2</sup>; SCOR, 2013<sup>3</sup>). La investigación sobre este tema está en curso en la comunidad científica.

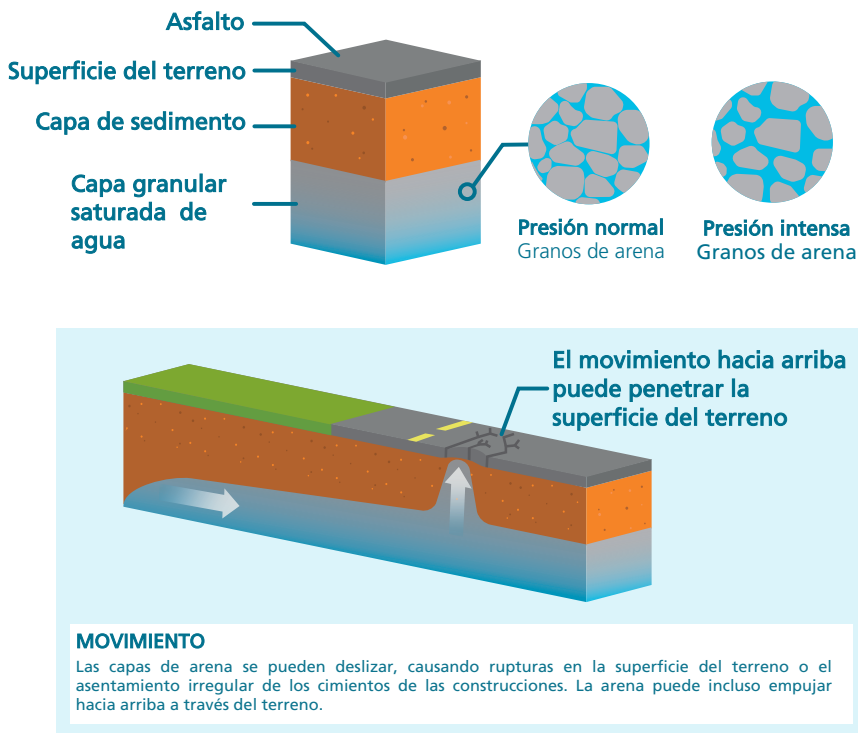
Muchos modelos sísmicos disponibles explican la dependencia del tiempo en las principales fallas individuales, como en la falla de San Andrés y la falla septentrional de Anatolia, como se describe en la Parte II de esta guía. El impacto sobre las pérdidas de los supuestos de la dependencia del tiempo versus el punto de vista de la independencia del tiempo se puede probar en muchos modelos, como una forma de probar la varianza sobre los resultados de pérdidas para cualquier cartera en particular, y el usuario debe recordar que los estimados dependientes del tiempo también vienen con incertidumbre asociada, con frecuencia sin cuantificar.

La mayoría de los modelos disponibles para el uso de la industria incorporan el impacto de los factores agravantes a nivel local como las condiciones del suelo y la licuefacción, como se ilustra en la Figura 5 (ver la siguiente página). Sin embargo, durante el evento de Christchurch en 2011 algunas áreas, en particular los suburbios orientales, fueron objeto de un nivel de licuefacción más allá de la experiencia anterior, debido a la combinación específica del tipo de suelo (incluida la presencia de lentes de arena en el fondo), la saturación (nivel de humedad) del suelo, y la frecuencia de los movimientos del terremoto. Esta "ultra" licuefacción no se modeló adecuadamente, y hay otras partes del mundo que también podrían ser objeto de este nivel de licuefacción agravada.

2 - Shearer P. M., Stark P. B. 2011. Global risk of big earthquakes has not recently increased. PNAS 109 (3): 717–721.

3 - SCOR. 2013. Are great earthquakes clustered? SCOR Papers #23.

Figura 5: Ilustración de la licuefacción del suelo y sus consecuencias



- La licuefacción es un fenómeno en el cual las capas arenosas saturadas de agua de la tierra actúan como líquidos debido a la presión creada por los terremotos.
- La fuerza de un terremoto aumenta la presión del agua en estas capas arenosas saturadas de agua de la tierra, lo que a su vez reduce la fricción entre los granos de arena.
- La reducción de la fricción permite que los granos de arena se muevan más libremente, por lo tanto, bajo una presión extrema esta capa de arena se comporta como un líquido.
- El movimiento y deslizamiento resultantes de las capas arenosas puede causar fisuras en la superficie del terreno y desestabilizar los cimientos de la construcción.

Fuente: California Watch

Otra fuente de brecha del modelo, revelada a lo largo de más de 10 años en eventos como los terremotos de Sumatra-Islas Andáman de 2004, Maule de 2010 y Tōhoku de 2011, ha sido la del modelo de tsunami de campo lejano. Actualmente, algunos modelos están disponibles y están siendo implementados constantemente a nivel mundial, pero los usuarios del modelo deben tener claro cuáles regiones son propensas a grandes tsunamis y si el conjunto del modelo catastrófico captura o no adecuadamente este riesgo.

En los modelos catastrófico actuales, la modelación de la vulnerabilidad no toma en cuenta la influencia de la duración del terremoto. En los terremotos de subducción tipo thrust, la sacudida del terreno puede durar más de 3 minutos; pero en la mayoría de los eventos M6-7 normalmente será menor a 1 minuto. Las construcciones necesitan una capacidad mejorada de deformación de manera dúctil durante un periodo de tiempo más largo en los eventos de mayor duración. Sin embargo, la modelación de la duración del evento y la respuesta de vulnerabilidad a un nivel tan detallado en 10.000 eventos simulados supera la capacidad del cualesquier modelos catastrófico y plataformas actuales.

La adaptación de las funciones de vulnerabilidad a las prácticas de construcción locales y el nivel en el cual los códigos de construcción están implementados, y más importante aún si estos se aplican de forma efectiva, es importante: pero este último es difícil de saber.

El profesor Roger Bilham utiliza las medidas de la riqueza y la corrupción, como el Índice de Percepción de Corrupción de Transparencia Internacional, para identificar los países que tienen niveles de normas de construcción por encima o por debajo de los que se esperaría con base solo en su riqueza (Bilham & Ambraseys 2011<sup>4</sup>). También es importante señalar que los códigos de construcción están diseñados para evitar la pérdida de vidas, no para prevenir todos los daños a las construcciones.

4 - Bilham R & Ambraseys N. 2011. Corruption kills. Nature 469: 153–155.

Por lo tanto, después de un terremoto las construcciones pueden continuar en pie y su comportamiento estar acorde con el código de diseño, pero desde el punto de vista del seguro pueden ser dadas de baja. Un problema adicional es que muchas propiedades se **construyeron antes de la existencia de los códigos de construcción**, aunque en algunos países se han realizado inversiones considerables para actualizar las propiedades con mejoras estructurales para así cumplir con las normas de los códigos de construcción más recientes. Por ejemplo, en Estambul, la toma de conciencia acerca de la alta probabilidad de que la región sea impactada por un terremoto de al menos magnitud 7, ha dado lugar a la adaptación o reconstrucción de 1.086 edificios públicos a través de un programa de preparación para desastres con el apoyo del Grupo del Banco Mundial y el Fondo Mundial para la Reducción y Recuperación de Desastres. Esto toma tiempo, por ejemplo, se espera que la adaptación del inventario de construcciones de Singapur tome décadas para reflejar completamente los códigos de construcción mejorados introducidos en el año 2013. Estos se formularon al reconocer el riesgo de terremotos de campo lejano de fuentes como la fosa de la Sonda o la zona de falla de Sumatra, **en combinación con el rápido crecimiento de los valores asegurados altos concentrados en un área muy pequeña**, gran parte de la cual es de elevación media a alta y de suelos blandos y de relleno.

Conocer la edad de la propiedad asegurada es por lo tanto un determinante importante de la pérdida potencial, así como lo es conocer si las construcciones más antiguas se han sometido a adaptaciones sísmicas de acuerdo con los códigos de diseño de construcción más recientes. Esto puede explicarse en muchos modelos a través de modificadores secundarios que en consecuencia modificarán la vulnerabilidad .

## Perspectivas para la modelación y la gestión del riesgo sísmico

**Aunque hasta la fecha una gran proporción del daño sufrido por terremotos a nivel mundial no está asegurada, las nuevas iniciativas están encaminadas a ampliar la cobertura para los terremotos en muchas partes del mundo (Informe Global de Infraseguro de Lloyd's, 2012<sup>5</sup>).**

Muchas organizaciones internacionales, como las Naciones Unidas, cada vez más reconocen los beneficios del seguro catastrófico para brindar incentivos para la mitigación del riesgo *ex ante* mediante señales de precios, tales como deducibles reducidos o tasas mejoradas para estructuras antisísmicas, junto con un acceso rápido a fondos *ex post* para reparación, reconstrucción y recuperación, aliviando la carga tributaria sobre los contribuyentes, los gobiernos y la comunidad internacional de donantes.

Al utilizar en los modelos catastróficos la característica de construcción "año de construcción", hay que ser consciente de los desfases de tiempo debido a la duración de muchos proyectos de construcción. Por ejemplo, ¿el desfase de tiempo del año de construcción es el año en que se aprobó la planeación o el año en que se terminó la construcción? La fecha de terminación puede ser el año en que se introdujo el código de construcción, pero la construcción pudo haber sido diseñada y aprobada en un año anterior, cuando el código de construcción no estaba vigente. Algunos modelos sísmicos se construyen con un desfase de tiempo de un (1) año en la aplicación de los códigos de construcción con el fin de tomar esto en cuenta, al menos parcialmente.

Por último, la interrupción del negocio contingente y los factores agravantes como la hora del día en que tuvo lugar la ocurrencia, la cual determina dónde están las personas y por lo tanto el número de víctimas que podría haber para la modelación de la compensación por riesgos laborales, o una propulsión eólica fuerte que haga más intenso un incendio posterior, no están incluidos en los modelos probabilísticos que se utilizan actualmente.

Las cadenas de suministros globalizadas crean nuevas fuentes de pérdidas que también están fuera de los modelos actuales: Toyota indicó que en el terremoto y tsunami de Tōhoku de 2011 perdió US\$ 1.200 millones en ingresos de productos debido a la escasez de partes de los proveedores afectados, lo que provocó que se dejaran de fabricar 150.000 vehículos Toyota en EE.UU. y se redujera la producción de India en el 70% y en China en el 50%.

El conocimiento científico y de ingeniería del riesgo sísmico continúa evolucionando: después de eventos sísmicos destructivos, las colaboraciones en ingeniería sísmica y las organizaciones como el Instituto de Investigación de Ingeniería Sísmica (EERI por su sigla en inglés) en los EE.UU, y el Equipo de Investigación de Campo en Ingeniería Sísmica (EEFIT por su sigla en inglés) en Europa realizan investigaciones de campo y elaboran informes sobre el comportamiento de las estructuras de ingeniería civil y de construcciones expuestas a carga sísmica para la comunidad de ingeniería, local e internacional. Estos equipos de investigación normalmente están compuestos por ingenieros académicos, ingenieros de la industria y sismólogos, y los resultados con frecuencia alimentan los desarrollos y actualizaciones del modelo catastrófico, así como los códigos de diseño y las respuestas generales de la sociedad.

5 - Informe Mundial de Infraseguro de Lloyd's. Octubre 2012. Centre for Economics and Business Research Ltd. London.

Mirando hacia el futuro, el incremento de la potencia computacional actualmente permite la modelación de tsunamis de campo lejano junto con los modelos sísmicos, con los primeros modelos entregados en el año 2013 y un crecimiento estable de la cobertura a nivel mundial. Los modelos para clústeres sísmicos también están en el horizonte y se esperan los primeros para el año 2016, además los resultados de los nuevos estudios incorporarán la posibilidad de terremotos mayores a M9 sobre fallas que anteriormente se consideraban que eran incapaces de producir eventos de tal magnitud.

El Modelo Sísmico Mundial (GEM por su sigla en inglés), el cual se inició en el año 2006, está entregando un conocimiento mejorado y consistente del riesgo sísmico, junto con los recursos y las aplicaciones para hacer que esta información se divulgue ampliamente para facilitar el proceso de toma de decisiones para la gestión y mitigación del riesgo. El GEM es una iniciativa de colaboración entre múltiples socios y actores públicos y privados de todo el mundo.

## Resumen

Estas últimas iniciativas de modelación junto con una comprensión profunda de los temas discutidos en las tres partes de esta guía permitirán la transferencia y la suscripción del riesgo de terremoto con un mayor conocimiento por parte de la industria del (rea)seguro: facilitando la meta de aumentar la cobertura de la industria del riesgo de desastres a nivel mundial.

Su plataforma OpenQuake se lanzó en enero de 2015 y puede descargarse desde su página web, junto con una base de datos global de los terremotos históricos y otros datos y recursos sobre la amenaza y el riesgo sísmicos.

Otro desarrollo reciente es el **marco de modelación de pérdidas OASIS**, una plataforma sin ánimo de lucro de código abierto para la modelación catastrófica y el conjunto de normas relacionadas, financiada por la industria del (rea)seguro. A través de la plataforma OASIS un gran número de organizaciones, modeladores, académicos, entidades públicas y otros podrán entregar y compartir datos, modelos e información con la industria del (rea)seguro y entre ellos, sin los costos que normalmente están involucrados en el desarrollo de una plataforma de entrega. La primera versión de la plataforma se lanzó en 2015, a través de la cual hasta la fecha se han entregado a la industria nuevos modelos.

El surgimiento de nuevas asociaciones público-privadas después de los acuerdos globales en 2015, tales como el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y COP21, permitirán que se compartan el conocimiento y la experiencia de la industria de (rea)seguros catastrófica de forma más amplia con los gobiernos y las comunidades, como base para un enfoque más integral y eficaz de la gestión del riesgo de desastres en los próximos años y décadas. **La modelación y evaluación del riesgo continuará estando en el centro de este futuro.**



### PAUL NUNN

Jefe de Modelación de Riesgos y Peligros Naturales Globales  
SCOR Global P&C  
[pnunn@scor.com](mailto:pnunn@scor.com)

Para obtener más información, por favor comuníquese con nuestro equipo

Dr. Kirsten MITCHELL-WALLACE, [kmitchell-wallace@scor.com](mailto:kmitchell-wallace@scor.com)

George COOPER, [gcooper@scor.com](mailto:gcooper@scor.com)

Dr. Ismaël RIEDEL, [iriedel@scor.com](mailto:iriedel@scor.com)

SCOR reconoce la valiosa colaboración de Claire SOUCH

### POR FAVOR VISÍTENOS EN SCOR.COM

SCOR Global P&C  
5, avenue Kléber  
75795 Paris Cedex 16  
Francia  
[scorglobalpc@scor.com](mailto:scorglobalpc@scor.com)

PARA OBTENER LA COLECCIÓN COMPLETA DE BOLETINES TÉCNICOS POR FAVOR PÓNGASE EN CONTACTO CON [SCORGLOBALPC@SCOR.COM](mailto:SCORGLOBALPC@SCOR.COM)

Editor: SCOR Global P&C Strategy & Development  
ISSN: 1967-2136

Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse en forma alguna excepto previa autorización del editor. SCOR ha hecho todos los esfuerzos razonables para asegurar que la información proporcionada a través de estas publicaciones sea exacta al momento de incluirla y no asume ninguna responsabilidad por cualquier inexactitud y omisión.

© Julio 2016 - Diseño y Producción: Periscope