



SISTEMA EXPERTO PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES EN LA INFRAESTRUCTURA DE MÉXICO

Benjamín Huerta Garnica⁽¹⁾, Mario G. Ordaz Schroeder^(1,2), Octavio Hinojoza Gabriel⁽¹⁾, Eduardo Reinoso Angulo^(1,2), Miguel A. Jaimes Téllez⁽²⁾

¹ ERN-Evaluación de Riesgos Naturales, Vito Alessio Robles No.179, Col. Hda. de Gpe. Chimalistac, México, D.F, CP. 01050
benjamin_huerta@ern.com.mx; octavio_hinojoza@ern.com.mx

² Instituto de Ingeniería UNAM, Ciudad Universitaria, Circuito Interior, Coyoacán 04510, México, DF,
MOrdazS@iingen.unam.mx; EReinosoA@iingen.unam.mx; MJaimesT@iingen.unam.mx

RESUMEN

El objetivo fundamental de este trabajo es mostrar las características de una herramienta que realiza evaluaciones de riesgo como apoyo a la estrategia de gestión financiera del FONDEN, el sistema también permite realizar estimaciones de escenarios postulados, incluyendo eventos históricos y potenciales, con la finalidad de que las autoridades del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) puedan contar con información para el análisis del riesgo, diseño de planes de acción y toma de decisiones previas a la ocurrencia de un fenómeno.

ABSTRACT

The aim of this paper is to show the characteristics of a tool of risk assessments to support the financial management strategy FONDEN, the system also allows for estimating the postulates scenarios, including historical events and potential, with the aim that the authorities of the National System of Civil Protection (SINAPROC) may have information for risk analysis, design action plans and decisions leading up to the occurrence of a phenomenon.

ANTECEDENTES

El modelado del riesgo derivado de las catástrofes tiene sus orígenes tanto en el seguro de daños como en la ciencia de las amenazas naturales. El entendimiento de la naturaleza y el impacto de las amenazas naturales se desarrollaron a mediados del siglo XX con la medición de la intensidad de las amenazas, tal como la magnitud de un terremoto establecida por Richter y Gutenberg en la década de los años treinta o la categoría de un huracán propuesta por Saffir y Simpson en 1969.

Hasta mediados de la década de los años ochenta, la evaluación de las coberturas de seguro y reaseguro para eventos catastróficos se realizaba a través de diversos tipos de metodologías, en las que el riesgo catastrófico se estimaba de manera empírica a través de estimaciones burdas o de cálculos promedio de pérdidas pasadas. Tales procedimientos no consideraban las diferencias entre la amenaza de algunas zonas a otras, lo corto de los registros históricos de pérdidas catastróficas, los cambios en la densidad de inmuebles y el incremento del valor de las estructuras y sus contenidos.

La modelación de pérdidas a través de herramientas que reproduzcan los efectos de los fenómenos naturales en las estructuras y valores asegurados, es hasta el momento la mejor opción para evaluar el riesgo ante desastres naturales, por ello, los gobiernos y compañías de seguros emplean sistemas de cómputo para conocer, con bases técnicas, cuál es el nivel de pérdida máxima probable (PML por sus siglas en inglés) durante un fenómeno natural, y cuál debe ser el valor que se debe cobrar a los asegurados para establecer así un precio justo para todos los involucrados en la transferencia de riesgo.

Desde hace más de 15 años se han desarrollado herramientas de cómputo que permiten estimar las pérdidas ante diferentes fenómenos naturales. Las capacidades de estos modelos han permitido su empleo en México como una herramienta para la regulación del mercado (Ordaz *et al.*, 1999, Ordaz, 2000, Reinoso *et al.*, 2006), por ello, la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas de la Secretaría de Hacienda, quien es la autoridad regulatoria en este ramo, obliga el uso de estos sistemas a todas las compañías de seguro con cobertura de riesgos catastróficos para garantizar que tendrán fondos expeditos y suficientes para poder hacer frente a las responsabilidades que han adquirido con los asegurados en caso de que un evento extremo se presente (Huerta *et al.*, 2007).

También se han tenido experiencias con los gobiernos de varios países latinoamericanos donde los resultados se emplean con el propósito de implementar medidas de prevención y mitigación, planes de emergencia o para establecer mecanismos financieros de transferencia del riesgo ante una catástrofe con diferentes organismos y empresas de aseguramiento (Huerta *et al.*, 2008).

INTRODUCCIÓN

México, debido a su ubicación geográfica, condiciones climáticas y geológicas, así como a problemas de asentamientos humanos en zonas de alto riesgo, es vulnerable a la presencia de fenómenos naturales. Algunos de estos fenómenos han provocado severos daños a la infraestructura del país, por lo que, se deben canalizar importantes recursos económicos para atender, en un primer momento, la situación de emergencia y, posteriormente, para resarcir los daños y restablecer las condiciones de normalidad social y económica en las regiones afectadas.

A partir de 2007, el Comité Técnico del FONDEN ha conducido varios estudios para hacer una mejor evaluación del riesgo de desastres naturales en México (Banco Mundial, 2012a), uno de los proyectos fundamentales para cumplir este objetivo fue el trabajo denominando "Integración, análisis y medición de riesgo de sismo, inundación y ciclón tropical en México para establecer los mecanismos financieros eficientes de protección al patrimonio del fideicomiso FONDEN del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)", esta iniciativa se basó en tres componentes:

- 1) Recolección de información
- 2) Modelos de amenaza y vulnerabilidad
- 3) Modelación financiera

En cuanto al punto 1 y 2 se ha desarrollado un extenso trabajo para obtener información de la infraestructura del país, de los principales fenómenos naturales a la que está expuesta y la forma en que puede ser afectada (UNAM, Instituto de Ingeniería, 2008). En las últimas versiones de este proyecto se emplea la información más reciente para la modelación de las amenazas naturales, entre ellas: Sismo, Tsunami, Deslizamiento, Licuación, Erupción Volcánica, Ciclón tropical, Inundación, Incendio forestal, Sequía, Tornado, Granizo, entre otras, las cuales fueron desarrolladas por grupos de expertos de diferentes instituciones. También se han actualizado las bases de datos de la principal infraestructura del país y sus respectivas vulnerabilidades, con el propósito de realizar evaluaciones de riesgo con la información más completa.

La herramienta encargada de la evaluación de riesgo o modelación financiera, motivo de este trabajo, se denomina R-FONDEN y sirve para llevar a cabo la transferencia del riesgo de la infraestructura pública e identificar escenarios críticos.

Estimar el riesgo de desastres significa estimar el daño en las diferentes poblaciones y activos expuestos en lugares de interés calculando su vulnerabilidad ante fenómenos (naturales o antropogénicos) específicos y obtener la probabilidad y la intensidad con que estos fenómenos lleguen a ocurrir. A través de la combinación de estos parámetros, es posible obtener un valor cuantitativo de los activos en riesgo, expresado en términos económicos o número de muertos o heridos, para un peligro o amenaza (ver figura 1). Para ello, se requieren datos de entrada confiables, definidos también en términos cuantitativos para los diferentes factores de riesgo: peligro, exposición y vulnerabilidad.

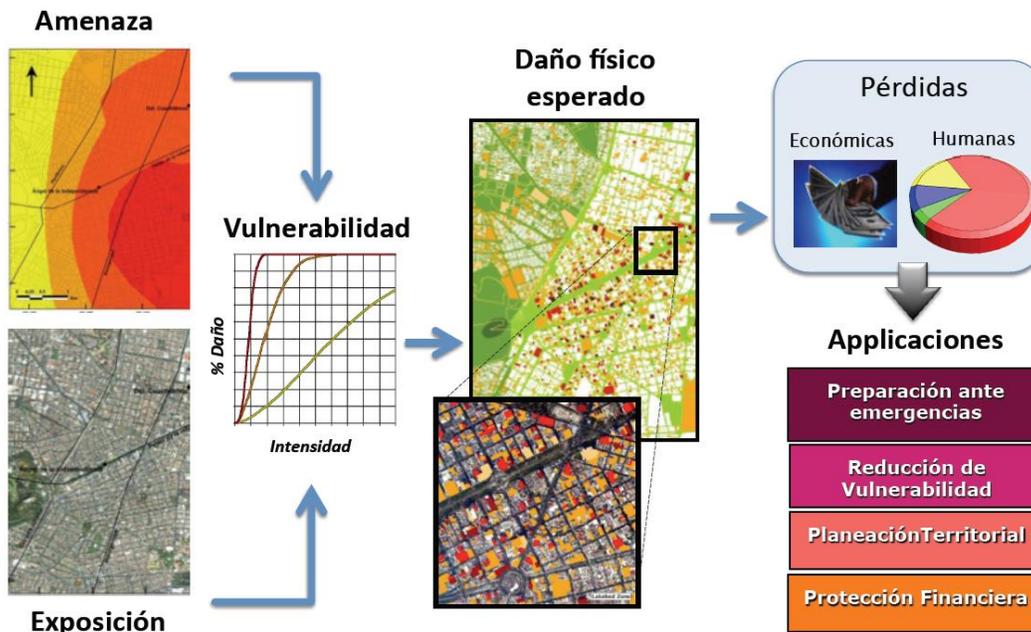


Figura 1 Pasos para el análisis de riesgos y sus aplicaciones, (Reinoso et al., 2012)

SISTEMA EXPERTO PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO

Los componentes para el cálculo de riesgo anteriormente listados se han descrito a profundidad en varios artículos que complementan este trabajo (Jaimes *et al.*, 2008, Jaimes *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2012), por ello, aquí nos enfocaremos a la descripción del sistema experto de evaluación de riesgo desde el punto de vista de su uso y principales aplicaciones.

Descripción general del sistema

La aplicación está diseñada para que sea operada como una herramienta de escritorio la cual podrá ser ejecutada por uno o varios usuarios con la flexibilidad de agregar o modificar información de exposición y vulnerabilidad en cada evaluación y seleccionar sólo las amenazas que sean de interés. La importancia de esta herramienta es analizar, para cada caso particular de bienes expuestos, el riesgo en términos monetarios, tanto para los inmuebles como para el conjunto de ellos, el escenario más desfavorable de acuerdo a cierto criterio y la evaluación de escenarios postulados. Los resultados están sustentados por modelos confiables, lo que permite optimizar recursos sobre las zonas y bienes con mayor riesgo.

Esta herramienta contiene una interface gráfica para el sistema operativo Windows y permite mostrar la localización de las exposiciones, amenazas y zonas de agrupación que se emplean en dicha evaluación. La presente aplicación se ha diseñado para que los usuarios interactúen con ella y les resulte fácil encontrar y utilizar las funciones del programa, de tal manera que los usuarios encuentren opciones muy sencillas para obtener los resultados de las evaluaciones, de forma que sólo tienen que elegir las exposiciones, amenazas y funciones de vulnerabilidad, para después comenzar el cálculo de la evaluación sin necesidad de complicados cuadros de diálogo. Para ello se han previsto diferentes botones y pantallas con los que se pueden realizar los principales procesos de la evaluación del riesgo. En la Figura 2 se muestra la ventana principal del sistema.

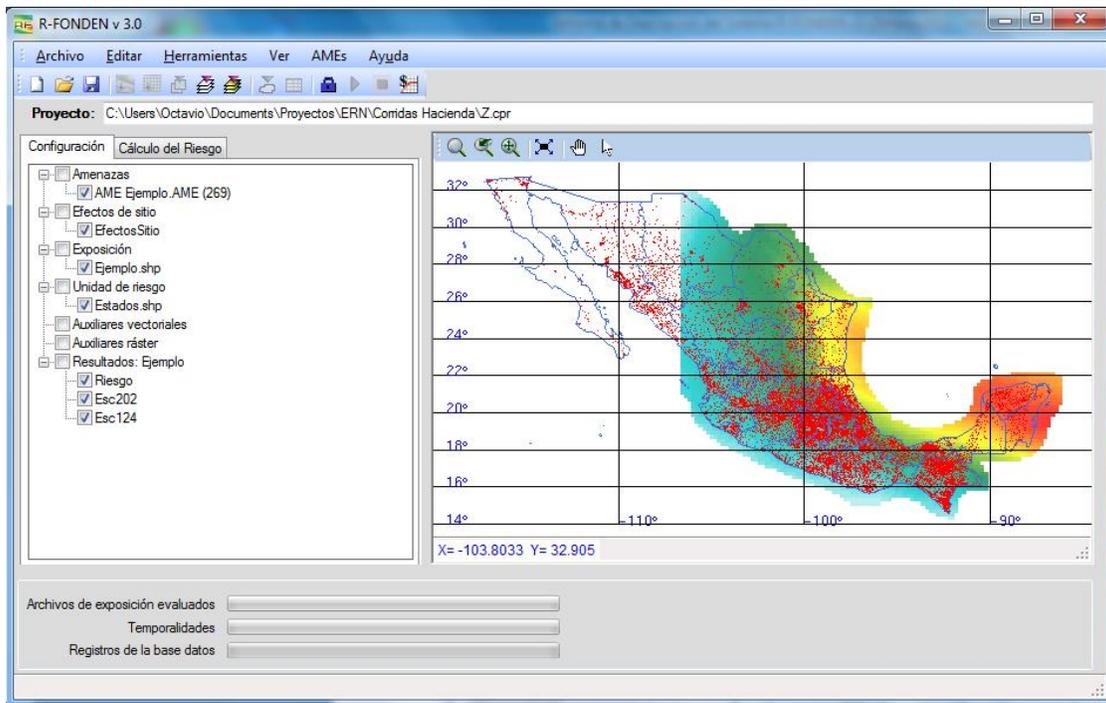


Figura 2 Pantalla principal del sistema R-FONDEN

En la parte superior de la ventana principal del sistema se encuentran la barra de menú y la barra de herramientas, esta última son accesos directos a algunas de las opciones de la barra de menú. Al lado izquierdo de esta ventana se encuentra un grupo de controles de *Configuración* que tiene la finalidad de definir los elementos del proyecto para posteriormente comenzar la evaluación.

En la parte central de la ventana se encuentra el *área de dibujo*, en esta área, se visualizan todos los elementos que el usuario agregue a su proyecto (exposición, amenaza, mapas, etc.) contenidos en la ficha *Configuración*. El grupo de controles ubicado en la parte inferior izquierda de la ventana principal, tiene la finalidad de mostrar el avance del cálculo de riesgo.

Creación de un proyecto

Toda la información para manipular el sistema se encuentra en la barra de herramientas donde además de los procesos comunes de Windows se tienen los necesarios para alimentar y operar una evaluación de riesgo a través de los íconos del sistema que se indican en la Figura 3.



Figura 3 Funciones principales del sistema R-FONDEN



También se pueden usar las opciones del menú *Editar* que permiten al usuario *Agregar* o *Eliminar* archivos de Amenazas, Funciones de Vulnerabilidad, Exposiciones, entre otros, esto se logra a través de los sub-menús correspondientes. El sistema sólo permite abrir un proyecto a la vez, por lo tanto cada que el usuario genere uno nuevo o abra uno existente el sistema automáticamente cerrará el proyecto que tiene en turno.

Amenaza

Un archivo del tipo *.AME describe una amenaza natural mediante un cierto número de escenarios, cada uno con una frecuencia anual de ocurrencia y una distribución espacial de todas las medidas de intensidad que se consideren relevantes (Huerta *et al.*, 2008). La forma más simple es mediante un AME Normal que contiene mallas que indican los valores de intensidad en cada uno de sus puntos y que es muy utilizado en amenazas que tienen una afectación regional como Viento o Lluvia. Sin embargo, no existe una sola manera de definir este archivo, cuando se requieren definir intensidades en sitios particulares como zonas de inundación donde se requiere una mayor resolución en las áreas afectadas, como las zonas costeras o a las márgenes de ríos, se han propuesto otros tipos de archivos tales como listas de puntos denominados AME Lineal o AME Disperso o la opción de diferentes mallas empalmadas en un AME Anidado para que esas sean más eficientes que las tradicionales (ver figura 4).

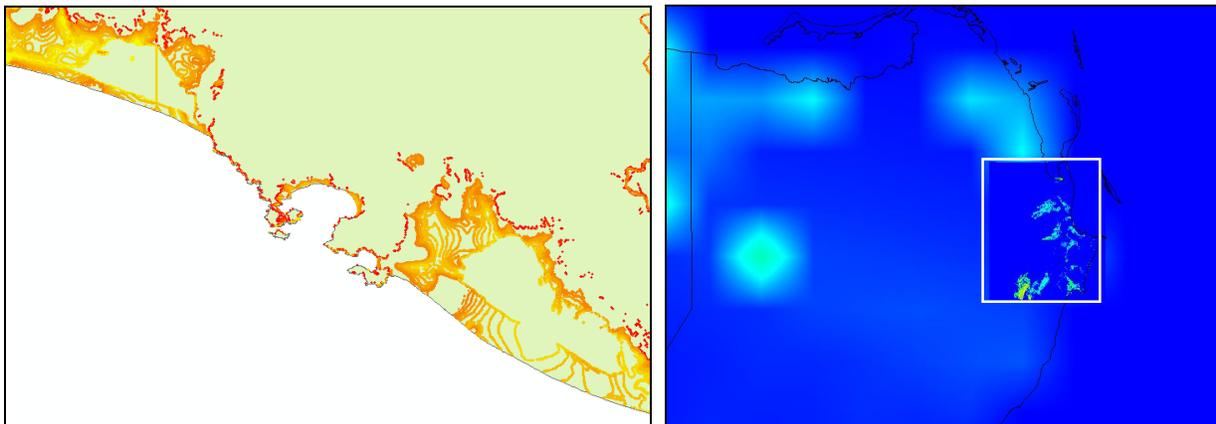


Figura 4 Ejemplos de archivos de amenaza usados, izquierda AME Disperso y derecha AME Anidado

En resumen el sistema permitirá incluir los archivos AME en diferentes formatos para cada uno de los peligros considerados y en cada uno de ellos asignar un catálogo de tipos estructurales que debe contener todos los tipos indicados en las bases de datos. Si dentro de la base de datos alguna de las claves para definir el tipo estructural no está o es incorrecta, el sistema no podrá evaluar dicho inmueble.

Para evaluaciones por amenaza de Sismo, el sistema permite la inclusión de archivos de efectos de sitio a través de dos archivos, uno *.grd que contenga las características de los periodos del suelo y otro con el mismo nombre pero con extensión *.ft que contienen los datos de amplificación del suelo necesarios para la determinación de estos efectos (Huerta *et al.*, 2011).

Exposición

Para que los bienes expuestos puedan ser incluidos al proyecto y posteriormente evaluados, se debe utilizar un archivo tipo Shape (Huerta *et al.*, 2008), el cual tienen la información georeferenciada de cada componente y también contienen el archivo *.dbf asociado a las bases de datos que debe contar con los siguientes campos:

- VALFIS: Es el valor físico del inmueble.
- VALHUM: Es el número de personas en el inmueble.
- SE_SISMO, SE_VIENTO, SE_MAREA, SE_INUNDA, ETC.: Tipo de función de vulnerabilidad del bien expuesto para cada uno de los peligros.

En el sistema se podrán cargar varias bases de datos de exposición que deben corresponder a la infraestructura o población expuesta, mismas que pueden verse afectada por una amenaza determinada, por ello, se deberá definir el catálogo que consideré todas las funciones de vulnerabilidad indicadas en esas bases.

Visualización de archivos

En la sección *Configuración*, de la pantalla principal del sistema, se observarán todos los elementos que el usuario ha agregado a su proyecto (ver figura 2), la finalidad principal de esta ficha, es que el usuario configure su proyecto antes de comenzar con la evaluación. Para que un elemento agregado sea tomado en cuenta en el proceso del cálculo de riesgo, la casilla de verificación que se encuentra al lado izquierdo de cada elemento deberá estar activada, en caso contrario el cálculo de riesgo omitirá dichos elementos.

Evaluación de un proyecto

En la ficha que se encuentra al lado derecho de la pestaña de *Configuración*, se puede seleccionar el tipo de cálculo de riesgo del proyecto (completa o para un solo escenario). Para realizar el cálculo de un solo escenario, el usuario deberá seleccionar la *Amenaza* que contiene el escenario, después seleccionará el escenario en cuestión de la lista de escenarios que se muestra en el grupo de controles de la Figura 5. El sistema también muestra información adicional empleada en los cálculos como son: el número de *Intensidad*, *Momento* y la *Frecuencia* (no es necesario configurar esta información en los cálculos).

Figura 5 Ficha para definir tipo de cálculo del sistema R-FONDEN

Al presionar en el botón  (Calcular Riesgo) en la barra de herramientas (ver figura 3), iniciará la evaluación tomando en cuenta la configuración del proyecto, es decir, el programa realizará la evaluación con los archivos ingresados y el tipo de cálculo seleccionado en la opción de la ficha *Cálculo del Riesgo*. Al dar inicio la evaluación, el programa mostrará el avance del cálculo en las barras progresivas en la parte inferior de la ventana principal (ver figura 2).

En una evaluación completa, se realiza los cálculos necesarios para todos los escenarios de las amenazas seleccionadas y para cada uno de los archivos de exposición activados. En la evaluación por escenario solo se toma en cuenta el dato seleccionado.

Temporalidades

Esta ventana permite al usuario configurar la forma en que desea que las amenazas sean evaluadas al momento de calcular el riesgo. Una temporalidad es un momento de tiempo en que puede ocurrir una o varias amenazas de



manera simultánea. El usuario puede definir tantas temporalidades como crea necesarias, sin embargo debe configurarlas lo más apegado a la realidad.

En la Figura 6, se muestran tres temporalidades posibles para seis amenazas, las primeras tres amenazas que son Viento, Marea e Inundación se indican como verdaderas en la primer columna de temporalidades y falso en las siguientes dos columnas, esto significa que para la temporalidad 1 de este ejemplo se considerará en el cálculo del riesgo que las amenazas de Huracán ocurren en el mismo momento de tiempo, y que en la segunda temporalidad ocurre la amenaza de Sismo con Tsunami, la amenaza de Volcán ocurre de manera independiente en la tercera temporalidad.

Amenaza	Temporalidad	Temporalidad	Temporalidad
Viento	True	False	False
Marea	True	False	False
Inundación	True	False	False
Sismo	False	True	False
Tsunami	False	True	False
Volcán	False	False	True

Figura 6 Ventana de temporalidades para seis amenazas evaluadas

Cada que el usuario agrega una amenaza al proyecto, se genera una nueva temporalidad conteniendo sólo a esa amenaza, de esta manera no es necesario que el usuario modifique la configuración de las temporalidades si no lo requiere.

RESULTADOS

Para calcular las pérdidas asociadas a eventos determinados, la relación media de daño obtenida de la función de vulnerabilidad se convierte en pérdida económica multiplicándola por el valor de reposición del componente afectado por la amenaza. Esta operación se repite para cada uno de los bienes expuestos y para cada uno de los eventos analizados. Posteriormente las pérdidas se van agregando, siguiendo una aritmética adecuada para funciones de densidad de probabilidad, según lo requerido. En trabajos previos se ha detallado con mayor profundidad este tipo de cálculos (UNAM, Instituto de Ingeniería, 2006, UNAM, Instituto de Ingeniería, 2008)

Como resultado de la evaluación se obtienen las principales medidas del riesgo en términos económicos que se describen a continuación:

É Pérdida anual esperada (P_{AE}): Este resultado es una medida del riesgo que permite a las entidades encargadas de la toma de decisiones, contar con información esencial para identificar los inmuebles o regiones críticas. Se calcula como el promedio de las pérdidas esperadas para un determinado evento por la probabilidad anual de ocurrencia del mismo. En la Figura 7 se ejemplifica la obtención de la P_{AE} para el peligro de huracán en una exposición dada, las líneas verticales representan pérdida por frecuencia de cada evento y su escala es la izquierda de ese gráfico, la línea ascendente irregular es el acumulado y la pendiente de la línea recta punteada representa la P_{AE} , estos dos últimas líneas tienen su escala a la derecha. Entre mayor sea este valor significa que la exposición es afectada por eventos más grandes y numerosos, por ello se considera una buena medida del riesgo.

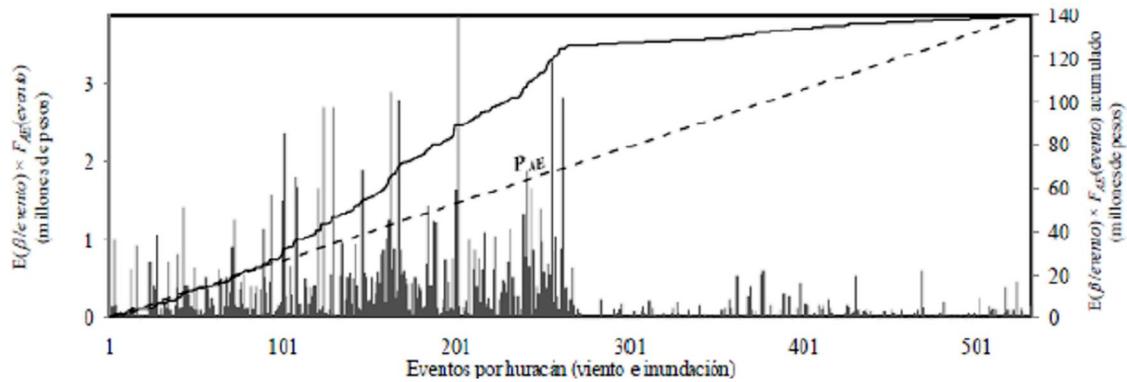


Figura 7 Ejemplo gráfico de la obtención de la Pérdida Anual Esperada (presentaciones SHCP)

É Pérdidas para el escenario crítico: De igual forma se podrá obtener la pérdida para el escenario más desfavorable o un evento determinado, indicando para cada inmueble y para regiones predefinidas el valor promedio de la pérdida que ocurriría ante ese escenario (ver figura 8), esta información es útil para conocer lo que podría suceder si se repite ese evento con los inmuebles, infraestructura y población actual y así prever las medidas inmediatas que deberían tomarse. Este resultado ha dado la idea para desarrollar sistemas de estimación temprana de pérdida ante eventos que están ocurriendo en el momento mismo con afectación en el territorio mexicano (Hinojosa *et al.*, 2011, Huerta *et al.*, 2012, Hinojosa *et al.*, 2013).

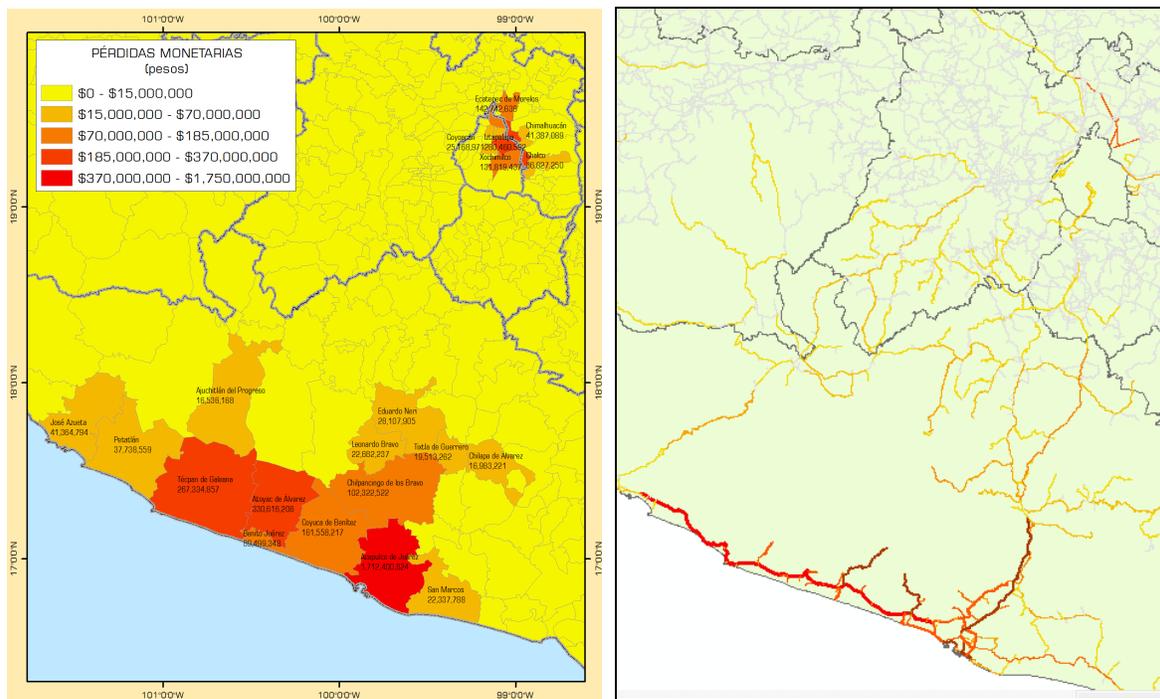


Figura 8 Ejemplificación de pérdidas monetarias ante la ocurrencia de un sismo postulado en la brecha de Guerrero, a la izquierda daño en viviendas agrupado por municipio y a la derecha daño por cada tramo carretero.

É Pérdida Máxima Probable (Probable Maximum Loss, PML): Representa el valor de pérdida global en el conjunto de bienes expuestos para una tasa de excedencia dada. Dependiendo de la capacidad de la entidad para manejar el riesgo, se puede optar por gestionar pérdidas fijando un determinado periodo de retorno (Huerta *et al.*, 2008), en la Figura 9 se muestra la forma de estas curvas en la parte central de la imagen.



Módulo Actuarial

El sistema R-FONDEN contiene un módulo actuarial que permite la consideración de capas de responsabilidad y simulación de eventos a partir de las curvas de PML (ver figura 9). Ello permite obtener sobre la curva de PML la repercusión de retener o ceder parte del riesgo que se ha calculado en los diferentes niveles de pérdida. Esta herramienta es particularmente útil si analizamos cómo funcionan los esquemas de reaseguro de las diferentes dependencias y como se integran de manera conjunta al esquema del FONDEN (ver figura 10).

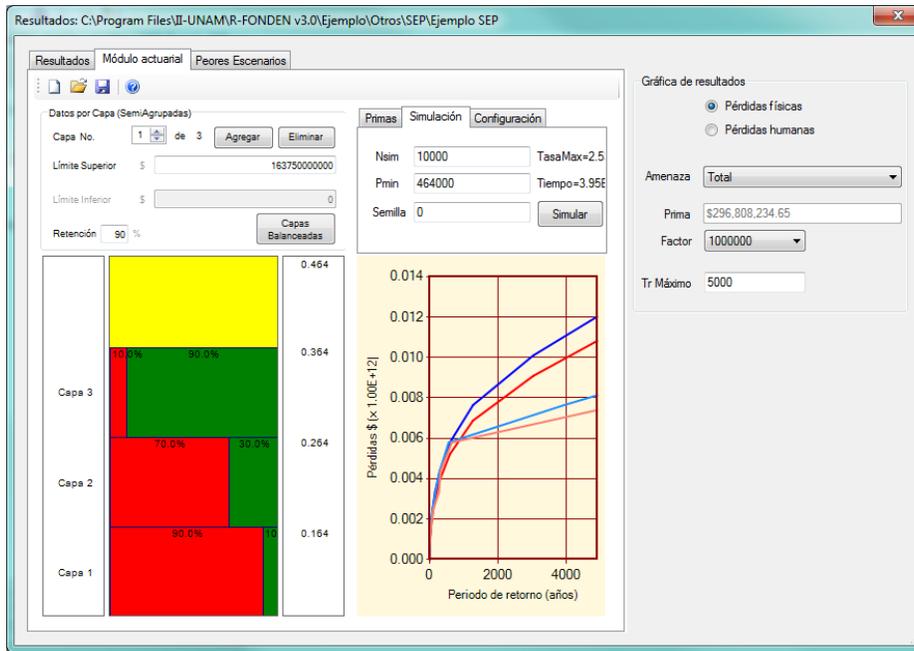


Figura 9 Pantalla del módulo actuarial del sistema y sobre ella una figura de transferencia de riesgo del FONDEN

Para fines de conjuntar análisis de varias evaluaciones, esta herramienta permite realizar simulaciones de varias exposiciones con los mismos tiempos de ocurrencia en que se generan los eventos. De esta manera permite proporcionar información para analizar esquemas de reaseguro globales para las dependencias del Gobierno Federal, tomando en cuenta sus esquemas de aseguramiento independientes. En la Figura 10 se muestra de manera gráfica dos esquemas de transferencia de riesgo, a la izquierda un esquema que incluye aseguramiento por dependencia (SSA, SCT, SEP, etc.) integrado al aseguramiento global del FONDEN y a la derecha un esquema donde solo se muestran diversas capas de aseguramiento del FONDEN, ambos esquemas pueden modelarse con la herramienta actuarial.

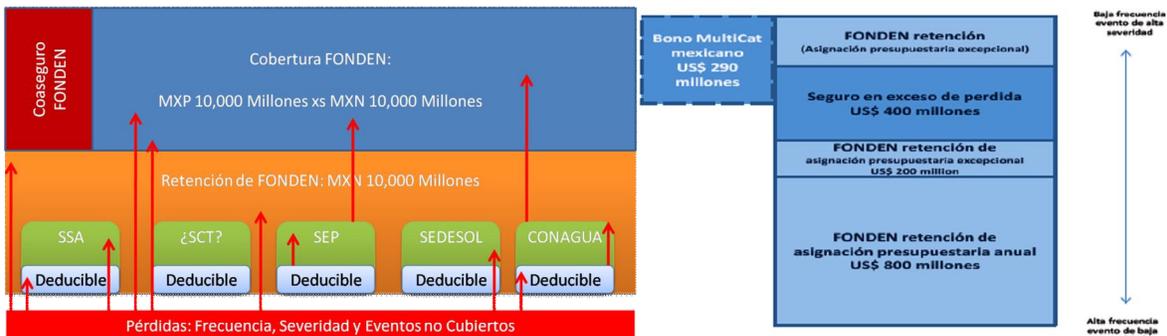


Figura 10 Ejemplos de esquemas de transferencia de riesgo del FONDEN (presentaciones SHCP)

CONCLUSIONES

Los sistemas de cómputo que se han desarrollado en México desde 1996 se encuentran entre los más avanzados del mundo, y han sido punta de lanza en Latinoamérica y el Caribe en el estudio, análisis y aplicación de modelos para eventos catastróficos, cuyo nivel de desempeño y resultados los coloca sólo a niveles de Estados Unidos. Los modelos que emplean contienen los avances más recientes en la estimación del peligro y vulnerabilidad de las construcciones, y del cálculo mismo del riesgo. Estas herramientas han sido elaboradas tradicionalmente por ingenieros ya que tienen la capacidad de desarrollar modelos sobre la ocurrencia de los fenómenos y su impacto en las edificaciones e infraestructura, estimar los costos asociados y realizar programas de cómputo capaces de hacer los cálculos de manera rápida y con resultados adecuados.

El sistema de cómputo cumple con las siguientes características:

- Emplea la información más reciente para la modelación de las amenazas
- Permite la actualización de bases de datos y sus vulnerabilidades
- Realiza evaluaciones de riesgo para identificar escenarios críticos
- Consulta de manera práctica la información de exposición y riesgo
- Obtiene índices de severidad con el objetivo de clasificar zonas de riesgo

La herramienta ha sido empleada para mejorar el aseguramiento de las dependencias federales mediante una toma de decisiones informada sobre el riesgo de desastres y aseguramiento del FONDEN, pero también proporciona información importante y poderosa que sirve como base para diseñar e implementar estrategias que ayuden a los gobiernos de los países, estados o municipios a llevar a cabo programas de reducción de la vulnerabilidad, planeación territorial, planes de respuesta y preparación para el caso de emergencias o programas de reconstrucción, de tal forma que sus capacidades de respuesta ante la ocurrencia de un fenómeno natural no se vean excedidas.

AGRADECIMIENTO

Se agradece el apoyo económico de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para la realización de la **SEGUNDA Y TERCERA ETAPA DEL PROYECTO SISTEMA DE CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS, CONTROL DE RECURSOS Y ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL FONDEN** que ha permitido la realización de los sistemas de cuantificación de pérdidas, control de recursos y análisis de riesgo para el FONDEN.

REFERENCIAS

Banco Mundial (2012a). FONDEN: El Fondo de Desastres Naturales de México ó una reseña

ERN Evaluación de Riesgos Naturales, América Latina (2009), *“Evaluación Probabilística de Riesgos para América Central”*, Banco Mundial, ONU/EIRD, CEPREDENAC.

Hinojoza O., Ordaz M.G., Huerta B., Reinoso E. y Jaimes M.A. (2011), *“Sistema para el monitoreo automático y evaluación de riesgo de huracanes en la República Mexicana”*, *XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Aguascalientes, Aguascalientes.

Hinojoza O., Ordaz M.G., Huerta B. y Jaimes M.A. (2013), *“Sistema automático de estimación temprana de daños por sismo y tsunami en la República Mexicana”*, *XIX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Boca del Río, Veracruz. (En estas memorias)

Huerta B., Ordaz M.G., Reinoso E., Avelar F., Torres M., Zeballos A., Osuna E., Martínez I. y Hernández G. (2007), *“Sistema experto para la evaluación de pérdidas por riesgos hidrometeorológicos en México”*, *XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero.



Huerta B., Ordaz, M.G. y Avelar C.E. (2008), "Sistema para la evaluación de riesgos naturales en América Central", *XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Veracruz, Veracruz.

Huerta B., Ordaz, M.G., y Reinoso, E. (2011). Propuesta de formato estándar para estudios de microzonificación sísmica y la experiencia de su aplicación en sistemas computacionales. *XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Aguascalientes, Aguascalientes

Huerta B., Ordaz, M.G. y Hinojoza O. (2012), "Sistema de estimación temprana de daños por tsunami local en la zona de subducción del Pacífico Mexicano", *XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Acapulco, Guerrero.

Jaimes, M.A., Reinoso, E., Huerta, B. y Zeballos, A. (2008). "Estimación de pérdidas en viviendas en pobreza patrimonial por sismo, inundación y ciclón tropical en la República Mexicana", *XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Veracruz, Veracruz.

Jaimes M.A., Reinoso, E., Ordaz, M.G., Huerta B., Avelar C.E. y Niño M. (2009), "Mapas de pérdidas en la infraestructura en México ante sismos y huracanes", *XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Puebla, Puebla.

Ordaz, M.G., Miranda E., Reinoso E. y Mendoza C. (1999). "Sistema experto para la evaluación de pérdidas por sismo en México", *XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Morelia-México, **13(5)**, pp 982-991.

Ordaz, M.G. (2000). "Metodología para la evaluación del riesgo sísmico enfocada a la gerencia de seguros para terremoto", Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.

Reinoso E., Ordaz M.G., Huerta B., Zeballos A., Avelar C.E. y Hernández J.J. (2006), "Metodología para el cálculo de pérdidas en edificios y naves industriales ante fenómenos hidrometeorológicos ocurridos en México", *XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Puerto Vallarta, Jalisco.

Reinoso E., Ordaz M.G., Jaimes M.A., Huerta B., Avelar C.E. y Martínez J.F. (2009), "Riesgo de las escuelas en México ante sismo y huracanes", *Revista Ingeniería Civil No. 482* junio, CICM.

Reinoso E., Ordaz M.G., Jaimes M.A., Niño M. y Huerta B. (2012), "Modelos de ingeniería para estimación de pérdidas por fenómenos naturales", *Revista Thrive, volumen 1 número 2*

UNAM, Instituto de Ingeniería (2006) "Estudio metodológico sobre la estimación del valor de las pérdidas originadas por eventos hidrometeorológicos", CNSF

UNAM, Instituto de Ingeniería (2008) "Integración, análisis y medición de riesgo de sismo, inundación y ciclón tropical en México para establecer los mecanismos financieros eficientes de protección al patrimonio del fideicomiso FONDEN del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)".