

Programa Séneca. Fase I: Simulación de los efectos de un terremoto

MARÍA TERESA PISERRA DE CASTRO

MAPFRE RE

JOSÉ BOBADILLA SANCHO

ITSEMAP FUEGO

Pretender modelizar la ocurrencia de catástrofes naturales puede resultar presuntuoso, pero cuando están involucradas vidas humanas, sus asentamientos y un gran volumen de valores económicos se presentan como un reto atractivo.

En el marco de los convenios de colaboración entre ITSEMAP FUEGO y MAPFRE RE se está desarrollando un programa informático denominado SÉNECA, cuyos objetivos son la Simulación de Eventos Naturales en España y el Control de Acumulación Catastrófica. Ambas actividades se complementan para aportar a la gestión de empresas aseguradoras y reaseguradoras un asesoramiento en la cobertura de fenómenos de la naturaleza.

Introducción

El impacto y trascendencia de las catástrofes naturales es de tal magnitud en muchos casos, que es capaz de interrumpir el desarrollo normal de la vida en los centros neurálgicos de un país o llevar a la quiebra a una parte del sector asegurador que no ha sabido prever lo que puede suceder. Tanto la aleatoriedad de ocurrencia de los fenómenos naturales como la gran amplitud de los períodos de recurrencia, favorecen la infravaloración del potencial de una catástrofe natural y generan una sensación de confianza en los propios recursos ante una situación de emergencia.

Cuando ocurre un evento natural que puede afectar a una gran extensión geográfica, son tantos los factores que habría que tener en cuenta, que jamás se puede predecir exactamente el lugar y el momento de ocurrencia, ni tampoco las consecuencias del mismo. Se trata de un sistema muy complejo dependiente de múltiples variables cuyo comportamiento es difícil de modelizar.

Si es verdad que las predicciones se hacen y se cumplen, también es cierto que desde hace décadas se habla del famoso «big one» en la falla de San Andrés o una repetición del terremoto de Great Kanto de 1923 en Japón, cuyas consecuencias desestabilizarían la economía mundial. A pesar de que desde hace millones de años se producen terremotos en el sistema de la falla de San Andrés (California), en cuyos alrededores se asien-

tan urbes tan importantes como San Francisco y Los Ángeles, será prácticamente imposible que los ingenieros proyecten la totalidad de las estructuras resistentes a todas las vibraciones producidas por un terremoto con epicentro cercano. Así se ha comprobado después del terremoto del 17 de enero de 1994 con epicentro en el Valle de San Fernando, al norte de la ciudad de Los Ángeles, ya que estructuras desplomadas como consecuencia del terremoto de 1971 han vuelto a sufrir importantes daños. Esta última catástrofe natural ha sido clasificada como la más costosa de la historia de los Estados Unidos de América, aunque los expertos dicen que no es el «big one».

Del mismo modo, el huracán Andrew (1992) sorprendió a científicos y habitantes de la península de Florida, tanto por la fuerza de sus vientos como por las consecuencias económicas que ha dejado a su paso. Ha sido calificado por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration U.S.A.) como el huracán que ha causado mayores pérdidas económicas en el período de 1990 a 1992 en EE.UU. y el tercer huracán en intensidad para el mismo período, superado solamente por el FL Keys de 1935 y el Camille de 1969. A pesar de que existían antecedentes de fenómenos recientes aún más intensos, el perjuicio económico de los huracanes va en aumento debido principalmente a:

- Incremento de la población mundial, sobre todo alrededor de las ciudades.
- Industrialización de zonas de alta peligrosidad natural.
- Aumento del nivel de vida y elevada concentración de valores.
- Incremento de la demanda de aseguramiento frente a peligros naturales.
- Deterioro del medio ambiente.

Los cinco factores anteriores, junto con una serie de circunstancias meteorológicas especiales, completaron un «escenario» de siniestros en la Europa del norte durante los meses de enero y febrero de 1990. Una sucesión de ocho tormentas de invierno, denominadas Daria, Herfa, Judith, Nana, Otilie, Polly, Vivian y Wiebke, azotaron extensas áreas

de Europa del norte con vientos de fuerza 12 (viento huracanado de más de 118 km/h en la escala de Beaufort) y rachas máximas de 185 km/h. En esta ocasión, la temperatura del mar del Norte era 3º C superior a lo habitual para esta época del año, por lo que la entrada del frente Polar se producía de forma mucho más violenta. Generó una serie de vórtices que desarrollaron tormentas de gran potencial de penetración en zonas de Europa que no suelen ser afectadas por este tipo de fenómenos atmosféricos. De nuevo, el comportamiento y las consecuencias del fenómeno sorprendió a los afectados y al resto del mundo, aunque ya existían registros históricos similares: la tormenta Capella en 1976 y la tormenta de octubre de 1987 en Gran Bretaña y Francia.

Esta imprevisibilidad en el comportamiento de los fenómenos naturales llevó a limitar las pretensiones del proyecto SÉNECA. Así, las premisas que se asumieron inicialmente fueron las siguientes:

- Modelizar la simulación de los efectos de terremotos en España al contar con bibliografía accesible, por ser un país de peligrosidad sísmica moderada y además tener la posibilidad de contactar con expertos locales.
- Idear un modelo sencillo de simulación de los efectos de terremotos que solicite datos de entrada fácilmente disponibles prescindiendo de considerar un elevado número de variables.
- El objetivo de simular los efectos de terremotos es conocer los efectos sobre los más de 8.000 términos municipales de España y sobre las posibles carteras de seguros cuyas acumulaciones catastróficas hayan sido previamente calculadas por el programa.

Desarrollo del modelo

Caracterización del terremoto

Un terremoto puede ser caracterizado por los siguientes parámetros.

- **Magnitud** o medida física y objetiva de la energía liberada durante las vibraciones producidas por el terremoto. Se mide generalmente en la escala de Richter.

- **Intensidad** o medida subjetiva del impacto de un terremoto sobre las edificaciones. La escala más utilizada es la de Mercalli Modificada (M.M. 1931). Lo más habitual es considerar la intensidad VI como umbral de daños en edificios. Según esta escala, la intensidad VI corresponde a daños por terremoto en marcos de ventanas, rotura de cristales, grietas en escayolas, etc.

- **Localización** por medio de coordenadas geográficas y el nombre de una población o el código postal, por ejemplo.

- **Profundidad** del hipocentro o foco sísmico.

- **Hora origen** en que se ha producido el terremoto.

Aunque también se puede hablar de la geometría de la falla fuente del terremoto, despla-

miento medio de los bloques de falla: momento sísmico, aceleración del movimiento, esfuerzo medio y deformación media, entre otros. Sin embargo, los datos que suelen estar más disponibles son: magnitud, intensidad epicentral, localización, profundidad y hora origen.

Para la entrada de datos del modelo matemático se planteó escoger entre definir el terremoto por su magnitud y profundidad o por la intensidad epicentral. Las ventajas e inconvenientes de su manejo podrían ser las siguientes:

- Si se define el terremoto por su **magnitud y profundidad**, sería posible simular los efectos de un terremoto real en el programa informático al poco tiempo de ocurrir, una vez conocido el dato de la magnitud. En este caso, el programa necesitaría fórmulas de conversión de magnitud a intensidad, puesto que la intensidad es la expresión de los efectos del sismo, objetivo principal del programa.

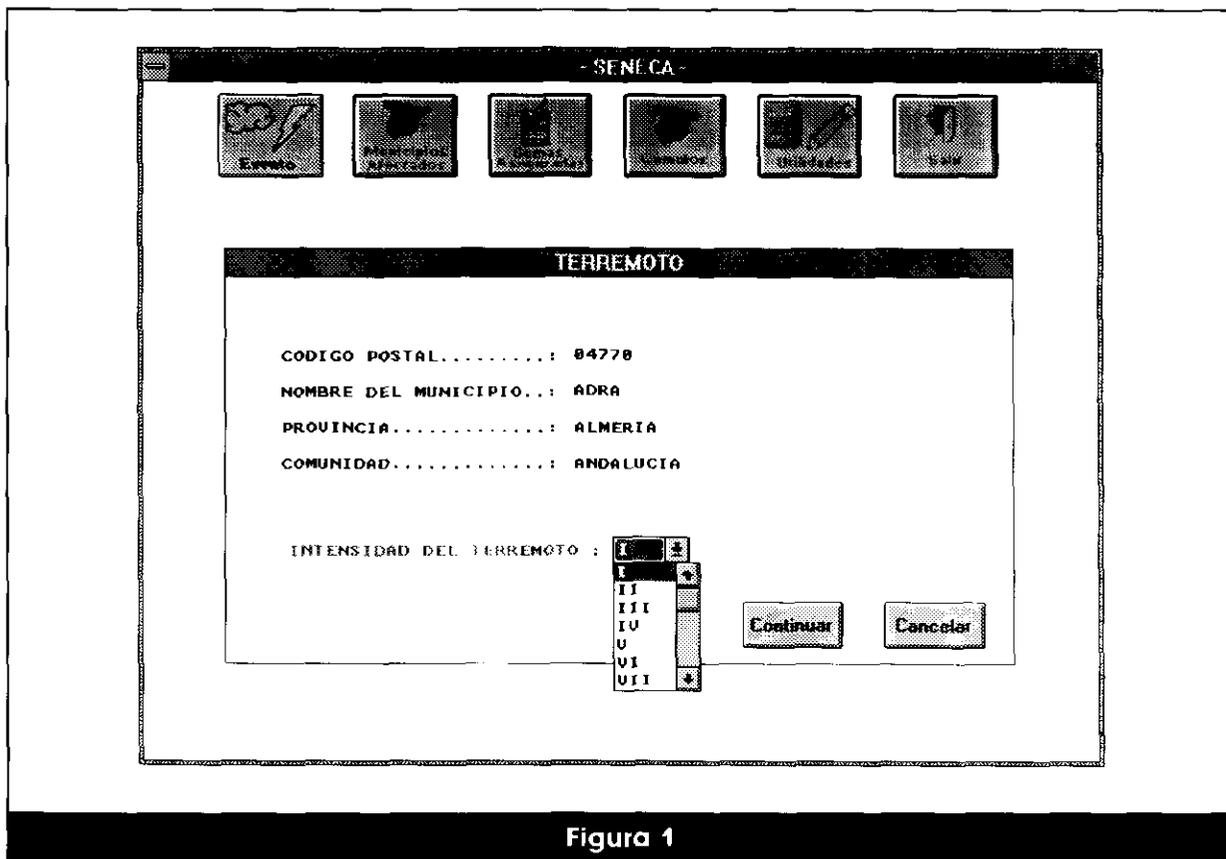


Figura 1

- SENECA -








EVENTO

• EVENTO: • COMUNIDAD:

• PROVINCIA: • SUBZONA:

• ZONA SISMICA:

Orden MUNICIPIOS Orden C.POSTAL

CODIGO POSTAL	MUNICIPIO
04510	ABLA
04520	ABRUCENA
04770	ADRA
04857	ALBANCHEZ
04531	ALBOLODUY
04800	ALBOX
04480	ALCOLEA
04897	ALCONTAR

Figura 2

Sin embargo, el catálogo sísmico con datos instrumentales es incompleto y muy corto, por lo que muchos sismos no tienen asignada una magnitud. Existe, además, una cierta inhomogeneidad en los datos que contiene por no haber sido medido con instrumental exactamente igual o según las mismas escalas. Por otra parte, no hay que olvidar el alto grado de incertidumbre a la hora de determinar la profundidad del hipocentro, ya que depende de la densidad y proximidad de las estaciones de registro, por lo que siempre arrastrará un margen de error.

En resumen, dado el nivel de fiabilidad que aportan los datos de entrada y, en consecuencia, los de salida, se buscaron otras alternativas.

- Si se pretende simular los efectos de terremotos históricos, normalmente se contará con el dato de intensidad. Si, por el contrario, se desea simular los efectos de un terremoto reciente y real, la distribución de intensidades de un terremoto se recibirá con posterioridad al de magnitud, pero es

muy probable que rápidamente se obtenga el dato de **intensidad epicentral** (figura 1) si se ha producido daños catalogables como de intensidad VI. La intensidad epicentral se puede considerar como máxima intensidad de un terremoto excepto en los casos en que las condiciones locales (tipo de subsuelo, construcción) agraven los daños por amplificación de las ondas (Ciudad de México, 1985). En los casos en que el epicentro se sitúa bajo el mar, no es posible conocer la intensidad epicentral, pues, por definición, habla de los efectos en personas, estructuras y paisajes, circunstancias que no se dan en el mar. La solución es considerar la intensidad máxima medida en algún punto costero (evitando localizaciones especiales con condiciones agravantes).

Ante las ventajas e inconvenientes de ambas alternativas, se decidió definir un terreno dentro del programa de simulación de los efectos por medio de la intensidad epicentral.

Localización del terremoto

Teniendo en cuenta la interconexión que se va a realizar entre la simulación de los efectos de un terremoto con cartera de pólizas con cobertura de los riesgos de la naturaleza, o al menos de terremoto, es evidente que la localización geográfica de cada uno de los «riesgos», en el sentido asegurador, es a través del código postal. Se dispone, además, de un fichero que interrelaciona los códigos postales, los nombres de las cabezas de los términos municipales y los códigos de los términos municipales, por lo tanto, se puede ubicar el epicentro del terremoto, como forma más precisa, con el **código postal** (figura 2).

Zonas sismogénicas

Una vez caracterizado el terremoto por medio de la intensidad epicentral y ubicado el epicentro geográficamente, hay que conocer el comportamiento del temblor en el área circundante afectada. Dependiendo del ambiente geotectónico de su localización, la transmisión de las ondas se atenuará en relación con la distancia de distinta forma. Se entiende por **atenuación** la disminución de la amplitud de las ondas sísmicas a medida que se propagan desde la fuente sismogénica. Dicho fenómeno se produce por la dispersión y absorción de la energía de las ondas al atravesar los diferentes tipos de rocas.

En el estudio del riesgo sísmico es una práctica habitual el definir las llamadas zonas sismogénicas. Se denomina **zona sismogénica** a la representación en la superficie de la Tierra de un volumen de litosfera¹ cuyos terremotos se pueden asociar a un mismo proceso tectónico. Esto quiere decir que el proceso de generación o de recurrencia de sismos en ellas es espacial y temporalmente homogéneo. No tiene por qué existir una única zonación o división en estas zonas, sino que pueden estar justificadas por diferentes criterios geológicos, geofísicos, tectónicos o sísmicos (Martín Martín, 1981).

El objetivo de un mapa de zonas sismogénicas es delimitar regiones donde el comportamiento de los terremotos a grandes rasgos sea homogé-

neo y de la misma forma, obtener resultados también homogéneos. El interés del programa se centra en la atenuación de los terremotos, y para ello se acudió a la tesis *Riesgos Sísmicos en la Península Ibérica* de A. J. Martín Martín (1984) donde se definen las zonas que aparecen en la figura 3 a las cuales se les ha adscrito las siguientes **curvas de atenuación** que propone el autor:

• GENERAL

— Terremotos grandes:

$$I_e - I = 12,55 + 3,53 \cdot \ln(R - 25)$$

— Terremotos pequeños:

$$I_e - I = 5,23 + 2,21 \cdot \ln(R - 5)$$

• ZONA SUR

— Terremotos grandes:

$$I_e - I = 11,23 + 3,10 \cdot \ln(R - 25)$$

• ZONA SURESTE

— Terremotos grandes:

$$I_e - I = 15,51 + 4,40 \cdot \ln(R - 25)$$

— Terremotos pequeños:

$$I_e - I = 5,92 + 2,61 \cdot \ln(R - 5)$$

• ZONA AZORES-GIBRALTAR

— Terremotos grandes:

$$I_e - I = 21,41 + 4,02 \cdot \ln R$$

1. **Zona Sur:** abarca las provincias de Jaén, Granada, Almería, parte de Málaga y parte de Córdoba.
2. **Zona Sureste:** abarca las provincias de Murcia, Alicante y parte de Valencia.
3. **Zona General:** abarca el resto de la Península, junto con los archipiélagos Balear y Canario.
4. **Zona Azores:** se trata de un área de epicentros marinos, cerca de las islas del mismo nombre, donde se producen terremotos fuertes con efectos en la Península Ibérica.

Curvas de atenuación

Un terremoto es una liberación de energía en forma de ondas, resultado de la ruptura del equilibrio de esfuerzos en la capa más externa de la Tierra. La energía se propaga en forma de onda

¹ **Litosfera:** Capa más externa de la Tierra, rígida, que abarca la corteza, los continentes y, en general, las placas.



Figura 3. Zonas con curvas de atenuación específicas

a partir del hipocentro, que se supone puntual, en todas las direcciones hasta que se disipa o atenúa totalmente. La atenuación de la energía es proporcional a la distancia y se expresa matemáticamente por medio de las **curvas de atenuación**. Martín Martín ha asignado a cada una de las zonas anteriormente enumeradas una curva de atenuación de la forma:

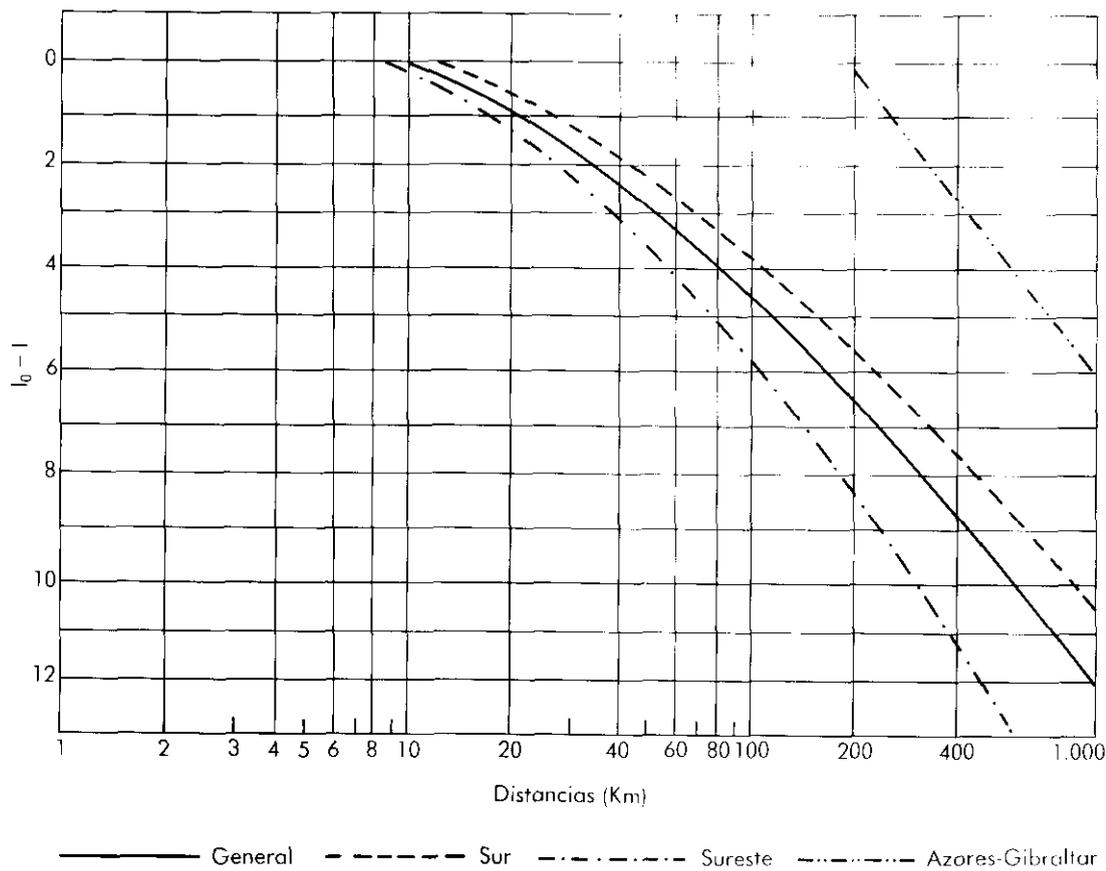
$$I_e - I = a_1 + a_2 \cdot \ln(R + R_0)$$

donde I_e es la Intensidad epicentral e I es la Intensidad en un punto dado a una distancia R epicentral. Los valores que se dan a R_0 son 0, 5, 10, 20, etc., y sirven para mejorar el ajuste de la curva de atenuación con el fin de recoger en cierto modo la incertidumbre de la localización de la profundidad del epicentro, a_1 y a_2 son cons-

tantes para cada una de las zonas y tamaño de los terremotos.

En el apartado anterior aparecen las curvas aplicadas para cada una de las zonas y tamaño de terremotos, donde se consideran terremotos grandes aquellos de intensidad mayor o igual a VIII y pequeños los de intensidad menor o igual a VII. En las figuras 4 y 5 se proyecta en ordenadas la disminución de grados de intensidad ($I_0 - I$), y en abscisas, la distancia en kilómetros. En la figura 6 de terremotos grandes se puede observar que aquellos producidos en la llamada Zona Sureste se atenúan antes que los producidos en la Zona Sur, quedando la Zona General entre ambas curvas.

Para las tres zonas se supone que no hay atenuación del terremoto antes de los 9-13 kilómetros, es decir, se mantiene el poder destructor del mismo en un área de radio entre 9 y 13 kilómetros según la zona. Respecto a los terremotos genera-



A. J. Martín Martín, 1984

Figura 4. Curvas de atenuación (terremotos I - VIII).

dos en la Zona Azores-Gibraltar no se considera que existe atenuación hasta los 200 kilómetros de distancia, y a partir de entonces, se atenúa con una pendiente similar al resto de las zonas. Los 200 kilómetros es la distancia aproximada del epicentro teórico al continente, porque no se puede conocer el comportamiento del terremoto respecto a intensidades en la corteza oceánica. Las curvas de atenuación de intensidad están diseñadas a partir de su relación con la distancia; como en el mar no hay valores de intensidad hasta que se llega a la costa, los primeros valores aparecen a 200 kilómetros de Azores, donde hay algún reflejo o constancia de daños.

En la figura 5, de terremotos pequeños, se con-

sidera que empieza a existir la atenuación a partir de unos 5-6 kilómetros, siendo de nuevo en la Zona Sureste donde se atenúan más rápidamente que en la llamada Zona General.

Isosistas

Las isosistas son curvas que engloban puntos de igual intensidad observada trazadas por interpolación, y de este modelo considera que son circulares y concéntricas con el epicentro del terremoto. En la realidad, las isosistas son irregulares, pero para las consideraciones y objetivos del presente proyecto se asumen como circulares. Las desviaciones

provocadas por la presencia de fallas, lineaciones u otros accidentes tectónicos se obviarán.

Funcionamiento del modelo en el programa SÉNECA

El programa trabaja sobre la base geográfica de un mapa de España y una base de datos con los más de 8.000 nombres de términos municipales, estando este último interrelacionado con los códigos postales. De la misma forma, los términos municipales están asociados a sus coordenadas geográficas y a la zona sísmogénica correspondiente. El proceso de simulación

de los efectos de terremotos seguiría la siguiente rutina:

1. **Localización del epicentro** (fig. 2): término municipal o código postal donde se simula el epicentro de un terremoto o se repite la localización de un terremoto histórico. Automáticamente, se localiza la zona sísmogénica a la que corresponde dicho término municipal. Dada la distribución de la sísmicidad en la Península Ibérica y sus alrededores, no se puede olvidar que se pueden sentir los efectos de terremotos con epicentro en la zona de la falla Azores-Gibraltar. Se ha optado por crear una zona ficticia «Azores» para poder ubicar en ella un epicentro, aunque los efectos sólo se reflejarán en la península en forma de intensidades a través de la correspondiente curva de atenuación.

2. **Caracterización del terremoto** (fig. 1): se fija en la escala de intensidades, de I a XII,

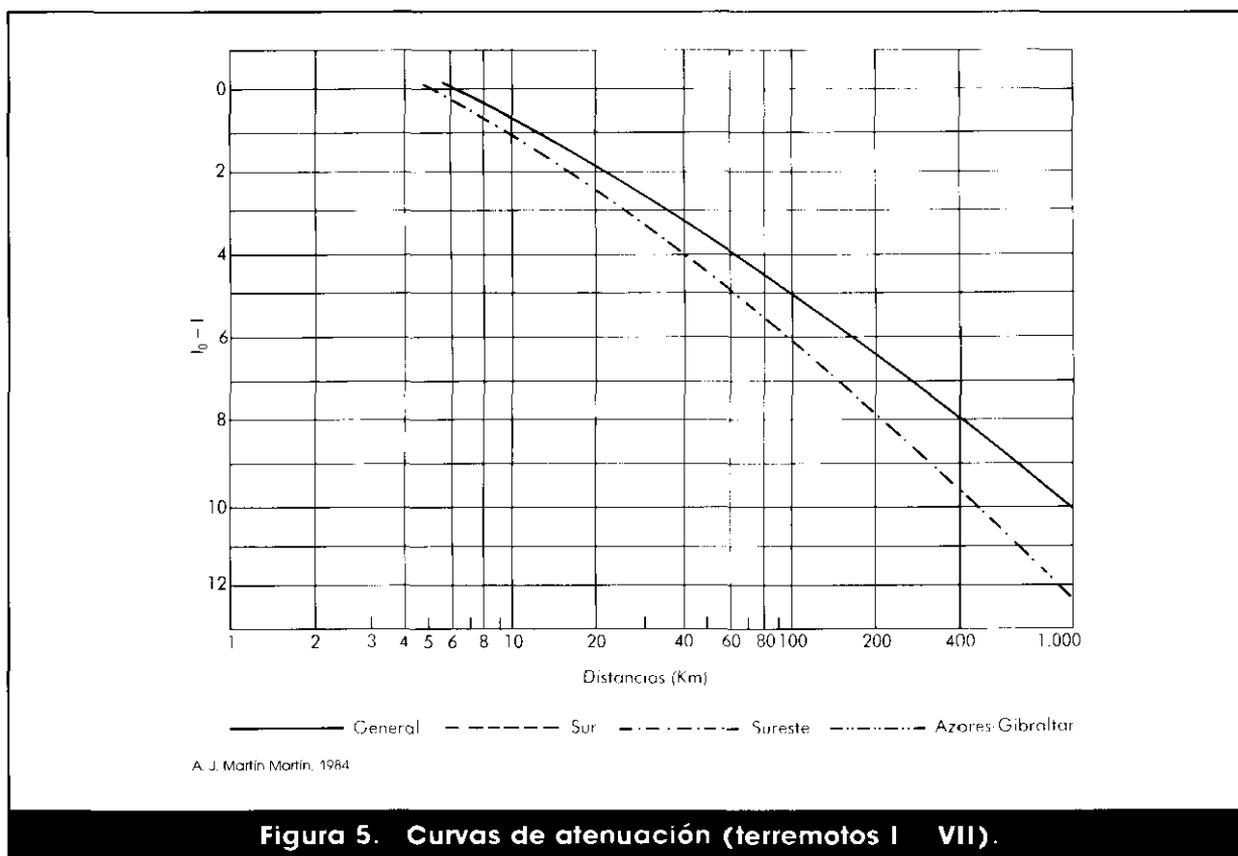


Figura 5. Curvas de atenuación (terremotos I - VII).

la intensidad epicentral. Este valor será la máxima intensidad del terremoto, que coincide con el epicentro.

3. **Cálculo de intensidades en los términos municipales circundantes** (fig. 6): se aplican las fórmulas de las curvas de atenuación. En función de la zona sismogénica y de la distancia, la intensidad irá decreciendo. En la realidad, existen casos de amplificaciones locales de la intensidad debidas a condicionantes particulares de una zona (tipo de suelo, topografía). En un mapa se expresarían como isletas delimitadas por isosistas de grado superior al área circundante.

4. **Salida gráfica** (fig. 7): En un mapa del área Íbero-Magrebí se proyectan los puntos afectados con distintas intensidades en varios colores, que, siguiendo una escala de tonos, sugieren la atenuación de la energía sísmica con la distancia a partir del epicentro.

Control de acumulación catastrófica

Demostrado el carácter catastrófico del seguro de terremoto, es evidente que la industria aseguradora mundial no es capaz de enfrentarse a las consecuencias de tal fenómeno natural, considerándolo como un ramo individual, por lo que lo más habitual es que la cobertura de terremoto, o de forma más extensiva, de los riesgos de la naturaleza, se ofrezca como una opción junto con la cobertura de incendio. Así, la demanda de suscripción de cobertura de terremoto será alta en aquellos países donde esté disponible y en aquellas zonas especialmente expuestas.

- SÉNICA

EVENTO: TERREMOTO COMUNIDAD:

PROVINCIA: SISTEMA:

ZONA SISMICA:

ORDEN: Por MUNICIPIOS

MUNICIPIOS AFECTADOS		
C. POSTAL	MUNICIPIO	INTENSIDAD
84778	ADRA	EPICENTRO
18132	ACRON	II
18828	ALAMEDILLA	I
84857	ALBANCHEZ	I
23538	ALBANCHEZ DE UBEDA	I
84531	ALBOLODUY	III
18228	ALBOLOTE	II
18788	ALBONDON	IV

Figura 6

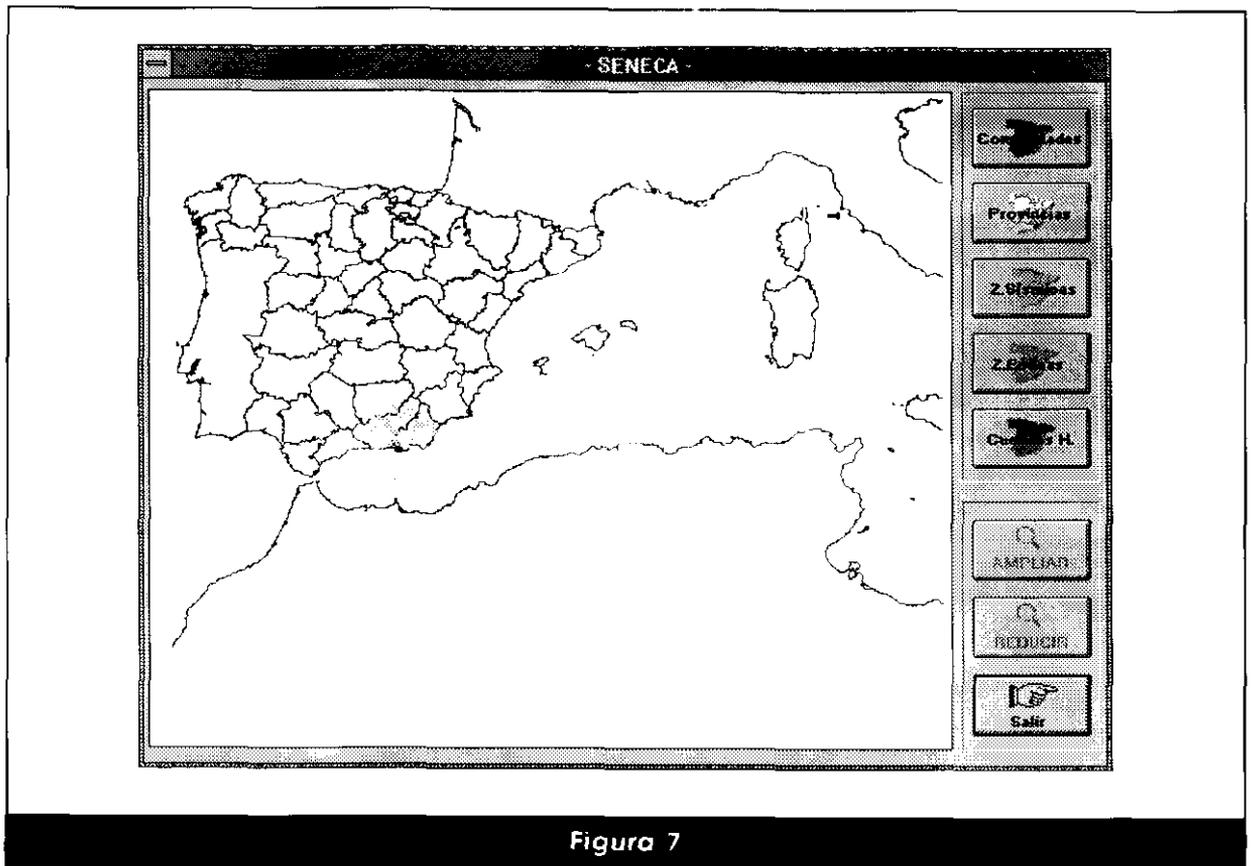


Figura 7

A medida que se realiza la suscripción, se produce lo que se denomina «cúmulo», es decir, un conjunto de pólizas que por un mismo evento o siniestro pudieran ser afectadas a la vez.

El control de acumulación catastrófica es una actividad típica del seguro y reaseguro que consiste en el cálculo y actualización de los cúmulos formados por las sumas aseguradas ubicadas en una zona expuesta a un peligro natural. Es absolutamente necesario que tanto el asegurador como el reasegurador sea consciente de su exposición catastrófica en todo momento, para lo cual debe contar con un método de procesamiento de datos adecuado a la variedad de información que recibe y debe asimilar.

La compañía aseguradora manejará un buen número de pólizas, con una o varias localizaciones del riesgo, con diferentes tipos de riesgo, con sumas aseguradas según intereses, además de los casos

especiales de deducibles, primeros riesgos y otros. La herramienta más adecuada en la actualidad son los programas informáticos, que, alimentados por los datos originales de las pólizas, permiten la explotación de los mismos de forma global y/o seleccionada. La compañía reaseguradora, por su parte, manejará un buen número de contratos de reaseguro, sin olvidar la acumulación aportada por el negocio facultativo y de exceso de pérdida.

En resumen, el control de acumulación catastrófica sigue un modelo básico de entrada de datos en el que los objetos fundamentales son (figura 8):

- la localización de los riesgos con sus sumas aseguradas correspondientes;
- la discriminación entre tipos de riesgos (sencillo o industrial) y el desglose de las sumas aseguradas según intereses (edificios, contenidos, pérdida de beneficios);
- la distribución del reaseguro.

- SENECA -

PAIS: ESPAÑA MONEDA: PESETA
 CODIGO POSTAL: 28925 PROVINCIA: MADRID
 MUNICIPIO: ALCORCON
 NUMERO DE POLIZA: 1 F. CANCEL:
 VIGENCIA DE: 08-02-94 a 08-02-95 COBERTURA: TERRENTO
 SUBZONA: SUBZONA 1
 SUMA ASEGURABLE TOTAL (NUESTRA): 15000
 NUESTRA PARTICIPACION (%): 100
 NUESTRA SUMA ASEGURABLE: 15000
 REASEGURO: SENCILLO
 Tipo de Riesgo: Sencillo Industrial Familiar Catastrófico Comercial

Nº/ SUMA ASEGURABLE X TIPO RIESGO			Nº/ SUMA ASEGURADA		
EDIF.	0	0	EDIFICIOS	0	7500
CONT.	0	0	CONTENIDOS	0	7500
P. D.	0	0	P. D.	0	0
TOTAL	0	0	TOTAL	0	15000

Añadir Modificar Borrar Cancelar + - E Borrar Cancel Salir

Figura 8

El diseño de la entrada de datos en el programa SENECA se ha realizado en función de la disponibilidad y variedad de información que incluye una póliza, sin dejar de incorporar los datos fundamentales.

La salida de información está estructurada de forma que se pueda escoger entre diferentes alternativas. Así, para solicitar los cúmulos catastróficos, se presentarán las siguientes opciones (figura 9):

- **Ámbito geográfico.** Se delimitará la extensión geográfica que soportará los cúmulos solicitados: Todo el país, comunidades autónomas, provincias, código postal, término municipal o zona de control de acumulación por terremoto.

- **Tipo de riesgos.** Se especificará el tipo de riesgo (sencillo, industrial o total) del que se quiere conocer la acumulación en la zona previamente delimitada.

- **Reaseguro.** Se fijará el cúmulo que se quiere

conocer bruto, es decir, el sumatorio de todos los riesgos suscritos a: cien por cien, la retención propia, o la acumulación de cierto contrato. Todo ello para la zona geográfica delimitada y el tipo de riesgo especificado.

Conexión entre la simulación de los efectos de terremotos y el control de acumulación

Desde la perspectiva aseguradora es de vital importancia el relacionar la simulación de los efectos de eventos naturales (hasta ahora terremotos) con el control de acumulación catastrófica en un

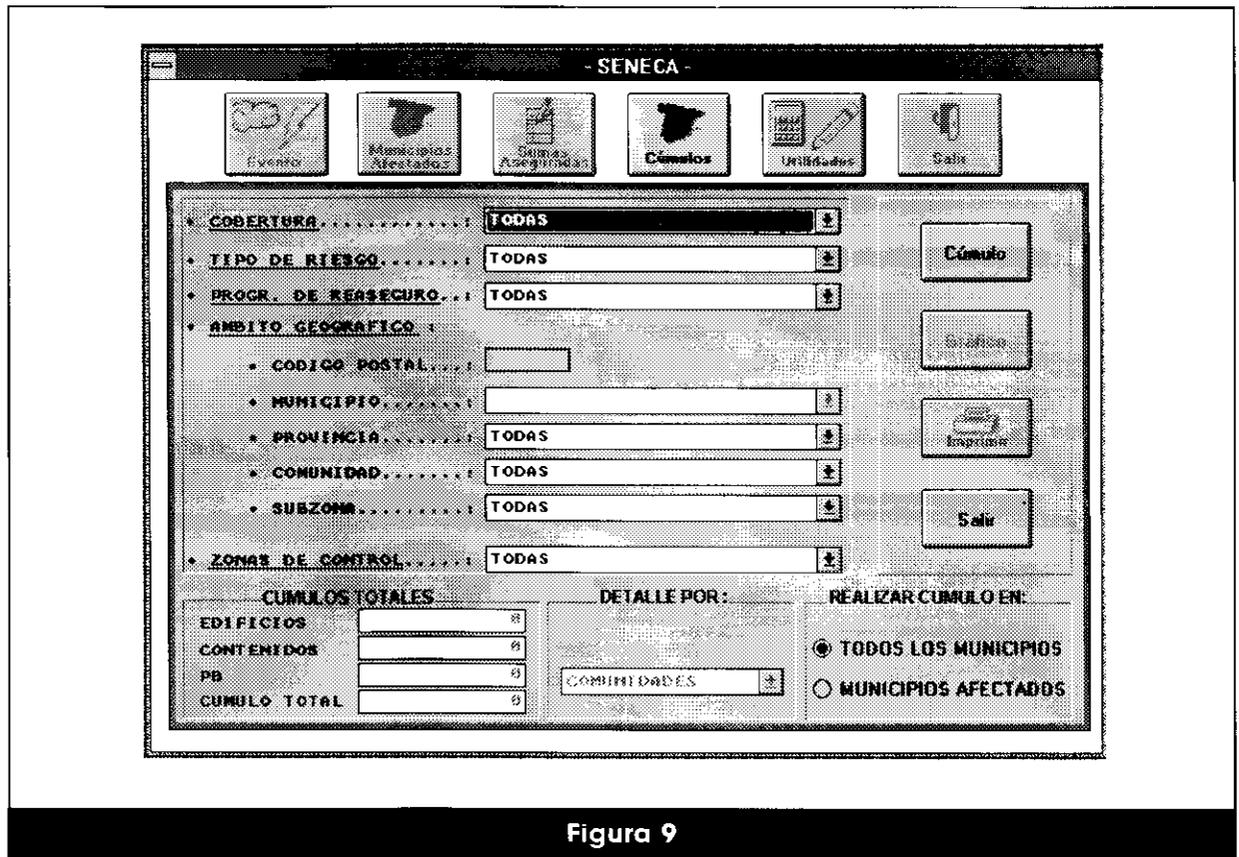


Figura 9

programa informático. Se ha pretendido crear un sistema sencillo que permita valorar y cuantificar con anterioridad el impacto de un terremoto ya predicho o clasificado como de cierto período de retorno, sobre los términos municipales de España y sobre una cartera de pólizas concreta, cuya acumulación calcula el programa. De la misma forma, SENECA permite repetir los efectos, sobre la misma base geográfica y cartera de pólizas, de un terremoto histórico de impacto conocido.

Para averiguar hasta donde han llegado los efectos del terremoto simulado y con qué grado de intensidad han sido afectados los términos municipales, se puede consultar tanto dicho listado como el mapa donde se proyectan en diferentes colores las distintas intensidades sobre cada municipio.

Futuras aplicaciones

La fase I del programa SENECA consiste en la simulación de los efectos de terremotos en España, pero la simulación de los efectos de eventos relacionados con vientos fuertes, así como inundaciones, también en España, ya está en marcha como fase II.

Por otra parte, se pretende universalizar los modelos, de forma que sean exportables a otros países. Así, sustituyendo la base geográfica y adaptando algunos detalles a las circunstancias particulares de cada país, el programa SENECA funcionará igualmente.

Bibliografía

HERBERT, P.; JARRELL, J. y MAYFIELD, M.: *The deadliest, costliest, and most intense United States hurricanes of this century (and other frequently requested hurricane facts)*. Ed. N.O.A.A. U.S. National Weather Service, National Hurricane Center, Coral Gables, Florida, 1993. 41 págs.

MARTÍN MARTÍN, A. J.: *Riesgo sísmico en la Península*

Iberica. Tesis Doctoral. I.G.N., Madrid: 1984. 2 tomos

MÜNCHENER RÜCK.: *El seguro y reaseguro del riesgo de terremoto*. Ed. Münchener Rück, Munich, 1991. 69 págs.

MÜNCHENER RÜCK.: *Winter storms in Europe*. Ed. Münchener Rück, Munich, 1993. 55 págs.