

Aproximación a un estudio sobre el riesgo sísmico en España

Barranco, L. ⁽¹⁾; Vara ⁽¹⁾, M. ; Pascual, G. ⁽¹⁾; Jiménez, M.A. ⁽²⁾

⁽¹⁾ *Dirección General de Protección Civil.*

⁽²⁾ *Delegación del Gobierno en Madrid.*

Resumen

En el año 2002, la Dirección General de Protección Civil edita en CD-ROM la aplicación informática Simulación de Escenarios Sísmicos (S.E.S. 2002), realizada en colaboración con el Instituto Geográfico Nacional. Basándose en la metodología allí empleada y en las posibilidades de los Sistemas de Información Geográfica, en esta comunicación se presenta un estudio de análisis global del riesgo sísmico en España, que incluye una serie de mapas y tablas que ilustran los resultados. Han sido calculados los daños en cada municipio de España que se espera produzcan los terremotos para un periodo de retorno de 500 o 1000 años. Se ha expresado el riesgo sísmico como daños a las viviendas y a sus ocupantes. Se comprueba la gran influencia que tiene la distribución espacial de estos elementos en los resultados sobre el riesgo. Los valores obtenidos de riesgo son datos esperados y por lo tanto, meramente estadísticos. Permiten comparar unas zonas con otras y hacer previsiones del daño medio a largo plazo. No obstante, conviene señalar que los daños ocasionados por un fuerte terremoto (superior a los valores de los mapas de peligrosidad sísmica) podrían ser muy superiores a los que representan los valores medios.

Introducción

En general, casi todos los análisis que se han realizado sobre el riesgo sísmico en alguna zona de España se han llevado a cabo con bastante detalle. Estos son los casos de Alcoy (ITGE, 1990), Lorca (ITGE, 1992), Alicante (Delgado et al, 1996) o Barcelona (Barbat et al, 1996), entre otros. Ese detalle conlleva un cierto coste económico que choca con la relajación social que existe al respecto, debido a que el último terremoto catastrófico en España ocurrió hace más de 100 años (1884); además, se han centrado en analizar la peligrosidad sísmica, variando considerablemente la metodología empleada. En pocos casos se ha profundizado en la vulnerabilidad y en el cálculo de daños (Martín, 1983; Martín et al, 1986; Martín, 1989). Solamente en los casos de Cataluña y Barcelona se han realizado estudios integrales que son la base del Análisis del Riesgo de los Planes Especiales de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico de la Comunidad Autónoma de Cataluña y de Barcelona (Chávez, 1998; Cid et al, 1999; Roca et al, 1999).

Además, la expansión de los sistemas de información geográfica ha posibilitado que se elaboren programas de simulación de daños. Es el caso de la aplicación informática SES2002 (DGPC, 2002; Barranco et al, 2001), editada en CD ROM y cuyo objetivo es la simulación de daños producidos en España por terremotos. Con una filosofía similar, MAPFRE había realizado años antes el programa Séneca para simular los efectos de un terremoto en las carteras de seguros (Piserra y Bobadilla, 1994). Experiencias similares ya se han realizado en diferentes países: EE.UU. (FEMA, 1999), Portugal (Sousa Oliveira, 1998; País et al, 2002), Italia, Ecuador (Yépez, 2001), Turquía, etc.

Metodología

En este trabajo, el riesgo sísmico representa la esperanza matemática de la media y es el resultado de aplicar para cada municipio la fórmula siguiente:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligrosidad} * \text{Valor} * \text{Vulnerabilidad}$$

La peligrosidad sísmica se ha cuantificado a partir de los valores dados para cada municipio de España por la Norma de Construcción Sismorresistente Española (NCSE-94), acorde con el mapa que se incluye como anexo I en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico (BOE de 25 de mayo de 1995). Sólo se ha elegido un valor para caracterizar la población de cada municipio de España: el número de habitantes de derecho, dato obtenido del Instituto Nacional de Estadística.

El parque edificatorio se ha clasificado en cuatro periodos respondiendo a la evolución histórica de la construcción y al progreso de la Normativa Legal y Técnica que ha supuesto hitos importantes en el control y seguridad frente al sismo de las estructuras.

Consecuentemente, atendiendo a las características de la construcción señaladas y a la edad de las edificaciones, el parque edificado de España se ha agrupado en las clases de vulnerabilidad de la EMS-98 de acuerdo al siguiente cuadro:

<i>Año Construcción</i>	<i>Residencial</i>
Antes de 1950	35A + 65B
1950 – 1975	15A + 65B + 20C
1975 – 1995	7A + 20B + 58C + 15D
Desde 1996	5A + 10B + 50C + 20D + 15E

Tabla 1. Clasificación de las edificaciones en clases de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad de las construcciones se ha caracterizado a a partir de una interpretación de la EMS-98, tomando valores intermedios para las definiciones de cantidad: pocas (0-15%) 8%, muchas (15-55%) 35%, la mayoría (55-100%) 80% y supone que los daños de las definiciones son acumulativos.

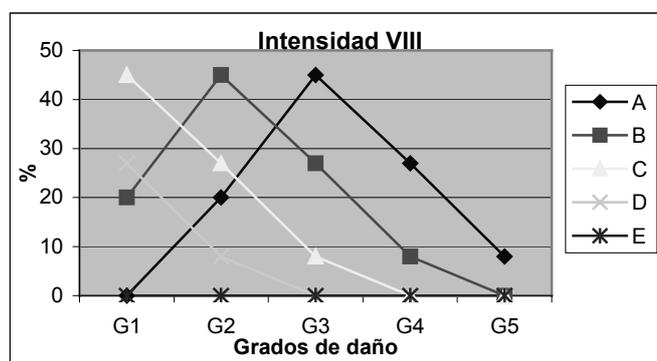


Figura 1. Vulnerabilidad de viviendas expresada en % de edificios dañados según los grados y clasificación de daños y tipología (A-E) de la EMS para la intensidad sísmica VIII. G1: daño leve, G2: daño moderado, G3: daño grave, G4: daño muy grave, G5: destrucción / colapso.

Con relación a la población, se han elaborado fórmulas simplificadas a partir de Tiedemann (1992), Gülkan (1992) y Coburn et al, (1992), Coburn et al (1995):

- n° muertos = $0,30 \times G5 \times$ Ocupación media
- n° heridos = $6,0 \times n^{\circ}$ muertos

Cálculo y representación de datos.

Los cálculos se han realizado utilizando la aplicación SES 2002, adaptando previamente la programación en Visual Basic de este GIS específico que utiliza librerías MapObjects 2.1. La utilización de SES ha facilitado especialmente el uso de las matrices de vulnerabilidad. Para la representación y la gestión se ha utilizado ArcGIS 8 y access 2000.

Consecuentemente, se han podido realizar las tareas de un SIG convencional:

- Representación de capas de información en formatos estándar. Añadir, quitar, seleccionar, visualizar o no, cambiar propiedades de visualización, etc. Muchas de las capas se prepararon previamente en ArcView 3.2a (.shp).
- Zoom (alejar, acercar, a una capa seleccionada, anterior (es), extensión completa).
- Tratamiento de leyenda.
- Selección y obtención en pantalla de datos sobre elementos individuales de una capa.
- Poner etiquetas, ver topónimos.
- Exportación.
- Emisión de informes.
- Impresión, etc

Los datos cartográficos de las unidades territoriales (límites municipales, comarcales, provinciales y autonómicos), y de otros elementos de interés, se han obtenido de la cartografía BCN 200.000 y de la BCN 1.000.000 del Instituto Geográfico Nacional.

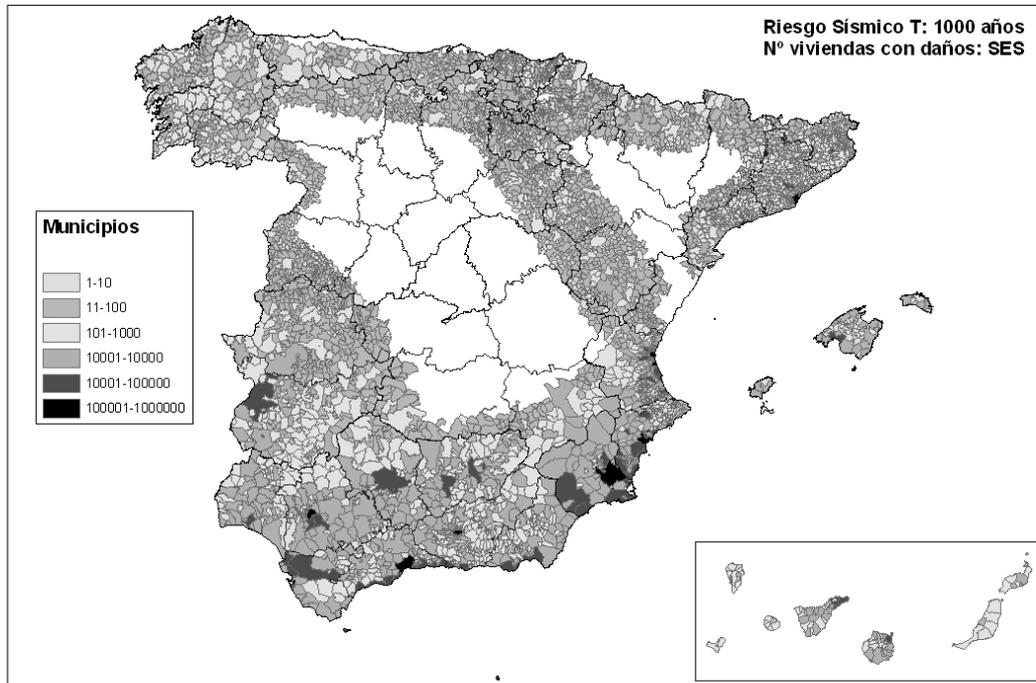
Resultados.

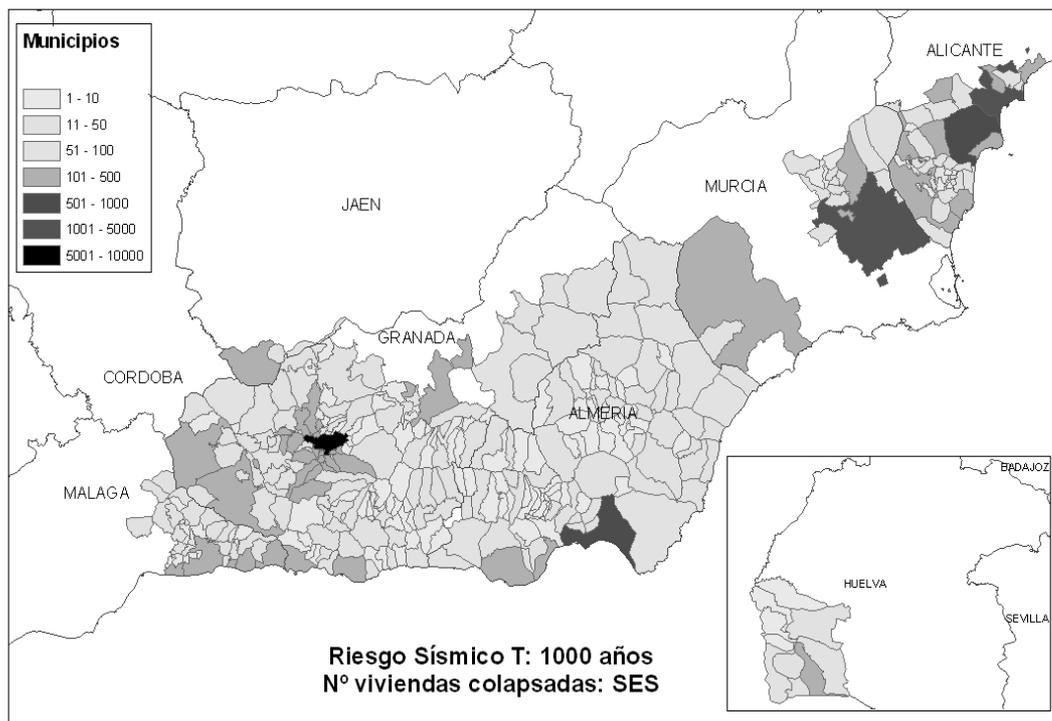
Debido a los valores de peligrosidad aportados en este estudio, el riesgo viene expresado como los daños esperados para un periodo de 1000 años (probabilidad del 63%).

La distribución espacial del riesgo refleja los dos condicionantes más representativos: la peligrosidad y la distribución de los elementos en riesgo (binomio viviendas-población). La consabida concentración de la población en la costa y en las grandes ciudades del interior supone un aumento considerable del riesgo en esas zonas, especialmente en la costa mediterránea y en el sur de España, donde los niveles de peligrosidad sísmica son más altos.

Los municipios con valores más altos de viviendas dañadas para un periodo de retorno de 1000 años son los municipios con mayor población del sur, levante y la costa catalana: Valencia, Sevilla, Alicante, Barcelona, Murcia, Málaga, Granada, Córdoba, Almería, etc.

El riesgo también se ha representado como estimación del número de viviendas colapsadas por municipio para cada uno de esos dos periodos de retorno. Esos valores son más indicativos del grado de daños ya que, tal como se indica en la metodología, están directamente relacionados con los daños a la población. De ese modo, el municipio con más riesgo sería Granada, seguido por los grandes municipios de Granada, Málaga, Alicante, Murcia y Almería.





Referencias.

- Barbat, A.H.; Yépez, F; Canas, J.A. (1996).- Damage scenarios simulation for seismic risk assessment in urban zones. *Earthquake Spectra*, 12 (3): 371-394.
- Barranco, L.M.; Izquierdo, A. (2001).- Estimación de daños producidos en España por terremotos. *Protección Civil*, 10. 14-26.
- Cid, J. et al. (1999).- Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Barcelona. *Informe 030299 del Ayuntamiento de Barcelona*. Servicio de Protección Civil. 69 pp.
- Coburn, A. & Spence, R. (1995).- *Earthquake Protection*. Ed.: Wiley. 355 pp.
- Coburn, A.; Spence, R.; Pomonis, A. (1992).- Factors determining human casualty levels in earthquakes: mortality prediction in building collapse. *Proceedings of the X World Conference on Earthquake Engineering. Madrid (España)*, 10. 5989-5994.
- Chávez, J. (1998). Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico a escala regional: Aplicación a Cataluña. *Tesis Doctoral*. Universidad Politécnica de Cataluña. 343 pp.
- Delgado, J.; Giner, J.J.; Jáuregui, P.J.; Estévez, A y López Casado, C. (1996).- Generación automática de mapas de daños sismoinducidos. *Geogaceta*, 20 (5). 1170-1171.
- DGPC (2002).- Simulación de escenarios sísmicos SES 2002. CD Rom. DGPC (ed).
- FEMA (1999).- Hazus. CD Rom. FEMA (ed).

- Gülkan, P. & Sucuoglu, H. (1992).- Earthquake vulnerability, loss and risk assessment in Turkey. *Proceedings of the X World Conference on Earthquake Engineering. Madrid (España), 1*. 539-543.
- ITGE (1990).- Estudio de riesgos naturales en la ciudad de Alcoy. 214 pp.
- ITGE (1992).- Estudio de peligrosidad y vulnerabilidad sísmica en Lorca y su término municipal. 143 pp.
- Martín, A.J. (1983).- *Riesgo sísmico en la Península Ibérica*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Martín, A.J. y García Yagüe, A. (1986).- Estimación, para su aplicación a Protección Civil, de los daños que un terremoto catastrófico ocasionaría en Andalucía. IGN nº 17.
- Martín, A.J. (1989).- Probabilistic seismic hazard analysis and damage assessment in Andalusia (Spain). *Tectonophysics, 167*: 235-244.
- País, I.; Mota de Sá, F.; Sousa Oliveira, C. (2000).- The use of Geographic Information Technologies in Emergency Management Systems. Application to Seismic Risk Management the City of Lisbon. *2ª Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica*: 701-702.
- Piserra, M.T. y Bobadilla, J. (1994).- Programa Séneca. Fase I: simulación de los efectos de un terremoto. Gerencia de riesgos año XI, nº 45. Fundación MAPFRE estudios.
- Roca, A.; Goula, X. y Susagna, T. (1999). Zonación sísmica a diferentes escalas. Microzonación. *Física de la Tierra, 11*, pág. 206-236.
- Sousa Oliveira, C. (1998).- Impacto sísmico sobre a Área Metropolitana de Lisboa. Elementos para a sua Dicussao. *Protecção Civil, 14*: 2-11.
- Tiedemann, H (1992).- *Earthquakes and Volcanic Eruptions*. Swiss Re. 951 pp
- Yépez, F. (2001).- Sistema automático de cálculo de la vulnerabilidad y riesgo sísmico. Rismic V.1.0. *2º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sísmica. DGPC. Madrid*.