

EVALUACIÓN UNIFICADA DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA ALREDEDOR DE LA FRONTERA ENTRE FRANCIA Y ESPAÑA

R. Secanell^{*}, J. Irizarry^{**}, T. Susagna^{**}, C. Martín^{*}, X. Goula^{**}, P. Combes^{*} y J. Fleta^{**}
Geoter-International, Espace 890, 890 Route Nationale 96, 13360 Roquevaire, Francia.
*** Institut Cartogràfic de Catalunya, Parc de Monjuïc, S/N, Barcelona, España.*

ramon.secanell@geoter.fr

RESUMEN

Recientemente se ha realizado la revisión de la zonación sísmica de Francia (Martin et al., 2002) y el proyecto europeo RISK-UE (Irizarry et al, 2002) con sendas evaluaciones de la peligrosidad sísmica en términos de valores espectrales de aceleración. Ambos estudios reflejaron diferencias en los niveles de aceleración obtenidos a ambos lados de la frontera, mostrando así la necesidad de un esfuerzo internacional para unificar los datos y los procesos de la evaluación de la peligrosidad sísmica. En este sentido, se han dado algunos pasos iniciales: se ha desarrollado un nuevo catálogo unificado, se ha realizado una zonación sismotectónica unificada en la cual los parámetros de la ley de Gutenberg Richter fueron redefinidos y, finalmente, se realizó una evaluación probabilista de la peligrosidad sísmica prestando especial atención a la ley de la atenuación usada en la región. Los resultados preliminares muestran la peligrosidad sísmica unificada en forma de mapas de la región presentada en términos de aceleración para diferentes períodos de retorno y valores espectrales.

Palabras clave: peligrosidad sísmica, probabilista, atenuación, Francia, España.

SUMMARY

Recently, the revision of the seismic zonation of France (Martin et al., 2002) and the European project RISK-UE (Irizarry et al, 2002) were carried out, both with seismic hazard assessment in terms of spectral acceleration. Both studies show differences in the acceleration level around the border between both countries, showing the necessity of an international effort to unify the data and the processes used in the seismic hazard assessment. In this sense, some initial efforts have been already done. A new unified catalogue has been developed, a unified seismotectonic zonation has been made where the Gutenberg Richter parameters have been redefined and, finally, a seismic hazard assessment was done taking special care in the attenuation law used in the region. The preliminary results show the unified seismic hazard assessment in the form of maps of the studied region in terms of acceleration for different return periods and spectral periods.

Keywords: seismic hazard, probabilistic, attenuation, French, Spain.

Introducción

El análisis de las últimas zonaciones sísmicas nacionales, a un lado y otro de las fronteras europeas indica una gran heterogeneidad entre ellas, factor que provocará una gran problemática con la entrada en vigor, sobre el horizonte del 2004,

de las reglas de construcción parasísmica europeas (Eurocódigo 8). Esta heterogeneidad puede ser observada, en particular, en la frontera franco-española, comparando las últimas zonaciones sísmicas realizadas en las normas sismoresistentes de ambos países. La figura 1, muestra las diferencias existentes en la actualidad entre la zonación sísmica española y francesa.

Así pues parece oportuno realizar un esfuerzo de homogeneización de datos y métodos a fin de obtener evaluaciones coherentes de ambos lados de la frontera.

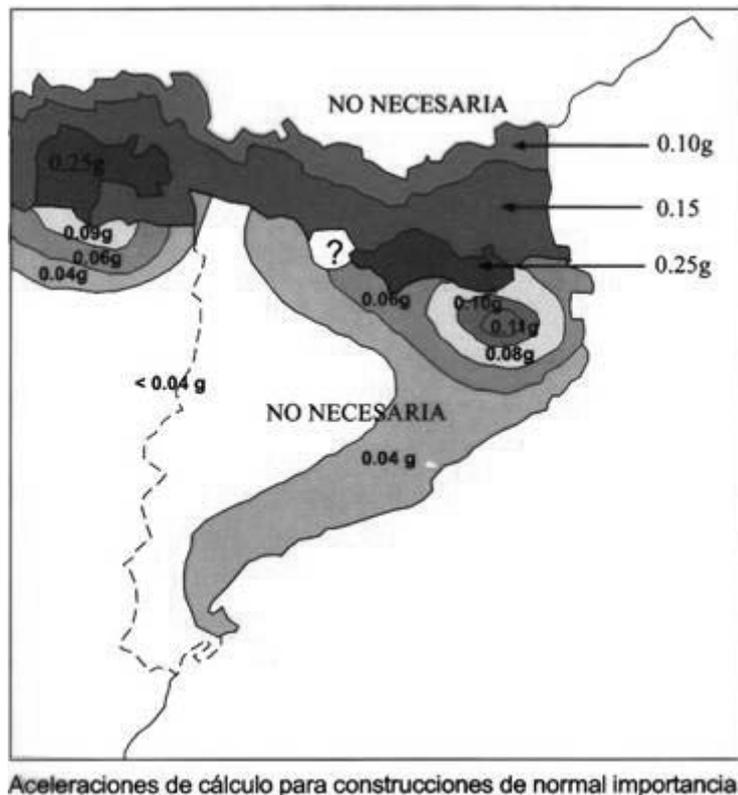


Fig C1-31 1 : Comparación de las aceleraciones del suelo entre las zonaciones sísmicas de Francia y España.

Por otra parte, las evaluaciones de riesgo, expresadas en términos de pérdidas económicas y humanas para la definición de medidas preventivas y de organización de la seguridad civil, necesitan que los movimientos sísmicos a partir de los cuales se realizan los estudios de vulnerabilidad, sean realistas y físicamente coherentes a ambos lados de las fronteras territoriales.

Objetivos

A tenor de la problemática puesta de manifiesto en el punto anterior, los trabajos realizados hasta ahora y los que están previstos realizar tienen dos objetivos principales:

La unificación de la evaluación de la peligrosidad sísmica en la región fronteriza de los Pirineos, para una aplicación coherente de la reglamentación sísmica a un lado y otro de la frontera (Eurocódigo y reglas nacionales, Planes de prevención de riesgos y Planes de emergencia sísmica).

La caracterización de los movimientos sísmicos realistas y coherentes a la escala de la duración de la vida de las edificaciones, para la realización futura de las evaluaciones de riesgo y de escenarios de pérdidas.

Para llevarlos a cabo, se ha elaborado un método (Martin et al, 2002) para producir mapas de peligrosidad sísmica, en términos de aceleración espectral (entre 0 y 2.5 segundos).

A esta escala regional se trata de resolver los problemas científicos puestos en evidencia por las evaluaciones realizadas a escala nacional, y más en particular sobre:

- La coherencia de los datos de sismicidad;
- La definición de una magnitud homogénea;
- La diversidad de las interpretaciones y modelos sismotectónicos;
- La definición de una ley de atenuación adaptada a la zona de estudio;
- La consideración de las opiniones de los diferentes expertos sobre los modelos y parámetros de entrada a los programas de cálculo;
- La propagación de las incertidumbres epistémicas y aleatorias.

Desarrollo del trabajo

Los primeros trabajos realizados han mostrado que un esfuerzo considerable de homogeneización de los datos de entrada era necesario, y debía, en particular, tratar los datos de sismicidad y de movimientos fuertes.

Catálogos de sismicidad

Para este estudio, un nuevo catálogo sísmico preliminar ha sido confeccionado comparando los catálogos ya existentes a un lado y otro de la frontera. En primer lugar se han comparado los catálogos macrosísmicos de ambos lados de la frontera (Martin et al, 2002, Susagna et al, 1999). El origen de estos catálogos está entre los años 1100 y 1400.

Se ha calculado una relación magnitud-intensidad para pasar los datos macrosísmicos a magnitud local. Para hallar esta relación se han utilizado todos los datos para los cuales se dispone de magnitud e intensidad. La ecuación hallada (figura 2) permite asignar magnitudes de los terremotos de los cuales se dispone únicamente de los datos de intensidad. De esta forma, se ha construido un catálogo histórico con datos de intensidad y magnitud.

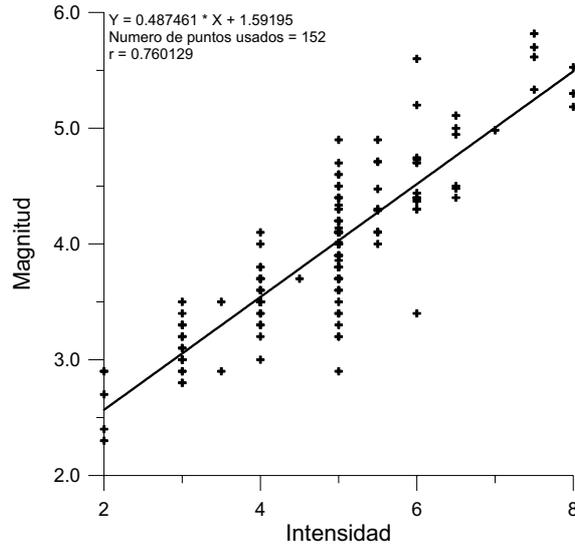


Fig C1-31 2 : Relación intensidad-magnitud obtenida a partir de la comparación de los catálogos español y francés.

El catálogo histórico ha sido completado con los datos de sismicidad instrumental. Después de varios análisis realizados, el catálogo LDG (1962-1999) ha sido utilizado para completar los datos entre las latitudes 42°-44° . Para las latitudes comprendidas entre 41° y 42° se ha utilizado el catálogo SGC (1984-1999).

A modo de test de control del catálogo obtenido, se ha realizado un ajuste de la ley de Gutenberg Richter al catálogo histórico por un lado, y un ajuste del mismo tipo al catálogo instrumental por otro, considerando los periodos de completitud adecuados para cada magnitud. La comparación entre ambos ajustes se presenta en la figura 3. Se puede observar que ambos ajustes presentan características similares. La sismicidad histórica, por tanto, parece tener aproximadamente la misma tasa de ocurrencia que la sismicidad instrumental y da homogeneidad al catálogo construido.

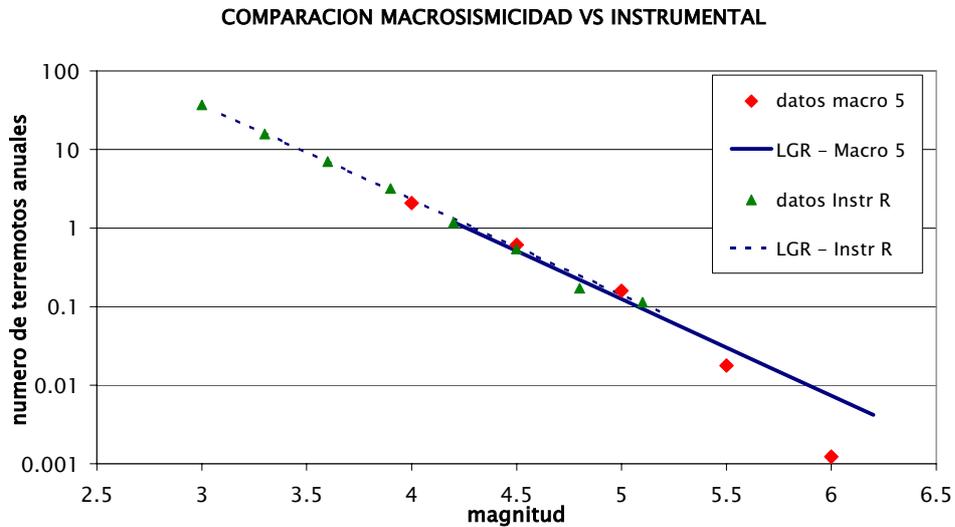


Fig C1-31 3 : Comparación de los ajustes de la ley de Gutenberg Richter a la sismicidad histórica e instrumental.

Zonación sismotectónica

Se ha consensuado una zonación sismotectónica que tenga en cuenta las características básicas de las principales zonaciones sismotectónicas ya existentes a ambos lados de la frontera (Martin et al, 2002; Secanell, 1999). La zonación finalmente retenida se muestra en la figura 4.

Seismotectonic zonation of the Transpyrenean Zone (ICC / GeoTer, 2002)

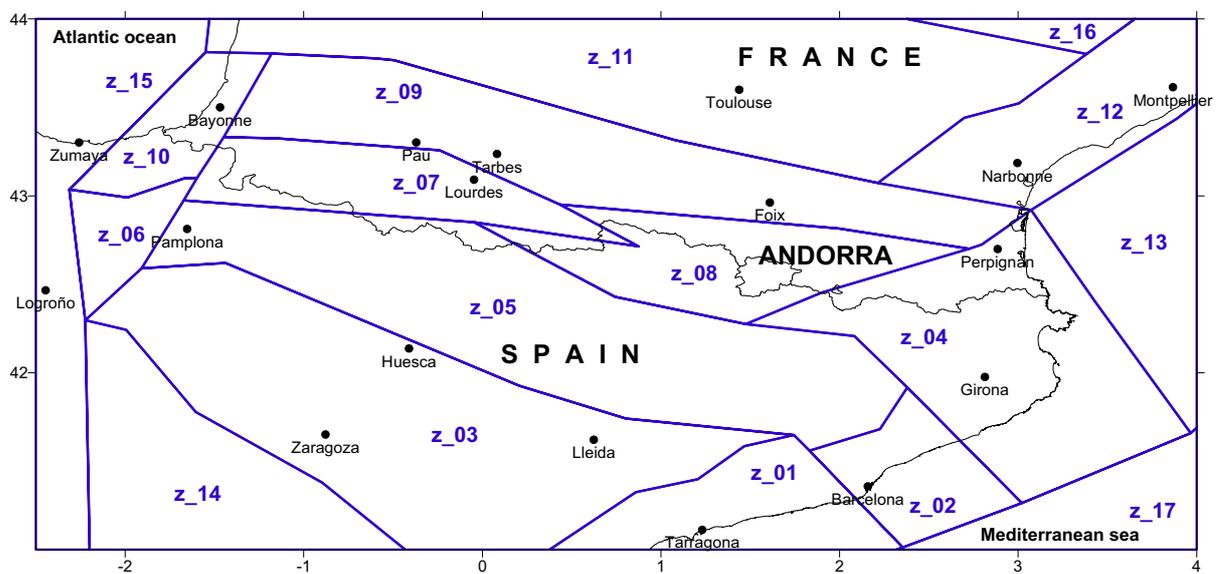


Fig C1-31 4 : Zonación sismotectónica de la región fronteriza franco-española.

Cálculo de la peligrosidad sísmica

El cálculo de la peligrosidad sísmica se ha realizado, en esta fase preliminar, mediante un método probabilista zonificado clásico. El programa de cálculo utilizado ha sido CRISIS (Ordaz et al., 1999), que ha sido ya ampliamente utilizado en diversos estudios a escala europea como en el proyecto RISK UE o en la revisión de la zonación sísmica de Francia (Martin et al., 2002). El método de cálculo de este programa está basado en el proceso seguido por Cornell (1968).

Para su ejecución se han calculado los parámetros de la ley de Gutenberg Richter de las diferentes zonas fuente de la figura 4 mediante el método de máxima verosimilitud de Weichter (1980). Las profundidades y magnitudes máximas de cada zona fuente han sido consensuadas entre aquellas existentes a ambos lados de la frontera.

No existen actualmente en la región registros acelerométricos suficientes para definir una ley de atenuación espectral adaptada a la región en un rango de magnitudes suficientemente amplio. Ello obliga al uso de leyes de atenuación r , utilizadas ampliamente a nivel europeo y definidas en forma espectral. Entre las más

utilizadas, hemos retenido para este estudio las leyes de atenuación de Ambraseys et al. (1996) y la desarrollada en Francia (IRSN, 2001). Hay que señalar que ambas leyes de atenuación están definidas para magnitud, M_s , mientras que el catálogo utilizado está definido en ML. Existen en la literatura diferentes publicaciones que relacionan distintas escalas de magnitud. Para pasar de ML a M_s se han utilizado las relaciones propuestas por Dufumier (2002) y Nicolas (2000). La aceleración final obtenida es muy sensible a la relación ML- M_s utilizada, tal y como otros estudios han mostrado (Martin et al., 2002). La relación utilizada en este estudio es la de Nicolas (2000).

Los mapas de peligrosidad sísmica obtenidos se han mostrado sensibles a la ley de atenuación utilizada. Este es otro de los parámetros más influyentes en los cálculos de peligrosidad sísmica.

Las figuras 5 y 6 muestran, por ejemplo, los mapas de peligrosidad sísmica obtenidos en términos de la aceleración del suelo para periodo espectral cero, PGA, y un periodo de retorno de 475 años obtenidos con las leyes de atenuación de Ambraseys et al. (1996) y IRSN (2001).

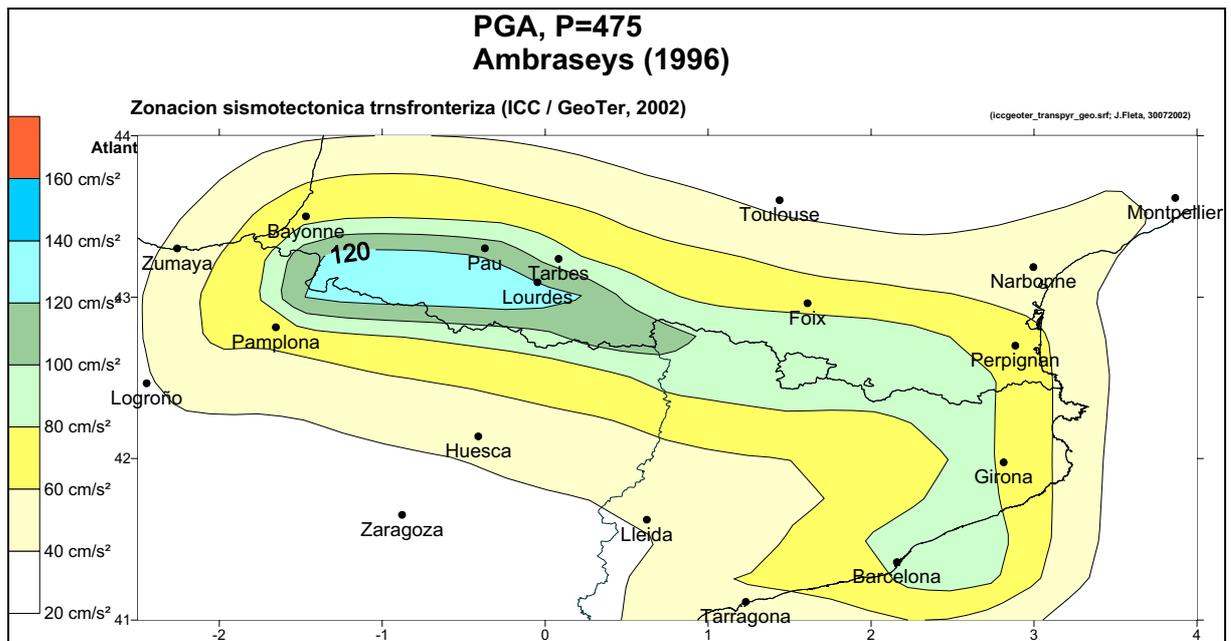


Fig C1-30 5 : Mapa de peligrosidad sísmica de la región fronteriza franco-española obtenida con la ley de atenuación de Ambraseys et al. (1996) .

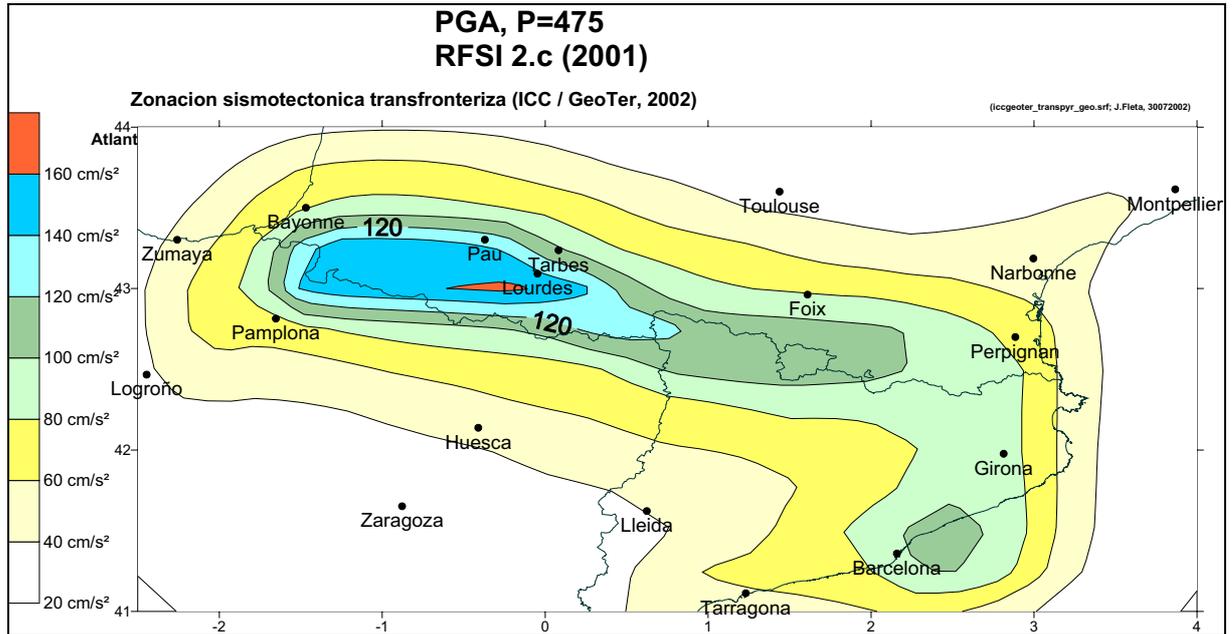


Fig C1-31 6 : Mapa de peligrosidad sísmica de la región fronteriza franco-española obtenida con la ley de atenuación IRSN (2001) .

Conclusiones

Todos los resultados presentados en este escrito han de considerarse como resultados preliminares de un trabajo interfronterizo en curso sobre la homogenización del cálculo de la peligrosidad sísmica. Sin embargo, esos resultados muestran con claridad la problemática encontrada en las fronteras a nivel europeo. Los trabajos que se desarrollaran en el futuro irán en la dirección de evaluar la peligrosidad sísmica interfronteriza a escala regional y, sobretodo, las incertidumbres existentes y su propagación dentro de los modelos que conducen a la definición de los movimientos sísmicos utilizables para fines reglamentarios o dentro de la óptica de los planes de emergencia sísmicos. El estado del arte actual en materia de evaluación sísmica otorga una gran importancia a la identificación de las incertidumbres y a su propagación dentro de los modelos.

Partiendo del hecho de las grandes incertidumbres existentes sobre los datos geológicos y sísmicos, varios modelos de cálculo de la peligrosidad sísmica son científicamente posibles. De hecho, no es extraño que las opiniones y interpretaciones de diferentes expertos diverjan, y que las evaluaciones realizadas independientemente por equipos especializados difieran en proporciones que pueden llegar a ser significativas tal y como estos resultados preliminares demuestran. Para que la evaluación a realizar en el futuro sea lo más robusta posible conviene:

Tener en cuenta las divergencias existentes y los fundamentos que las sostienen.

Considerar todas las hipótesis formuladas y las incertidumbres que llevan asociadas.

Propagar estos diferentes modelos y sus incertidumbres en los programas de



cálculo, para obtener la peligrosidad sísmica en forma de parámetros estadísticos (valores medios y medianos, desviaciones estándar y percentiles).

Para ello, los modelos deberán considerar dos tipos de incertidumbres:

Las incertidumbres epistémicas, que hacen referencia a las lagunas en el conocimiento cuando la comprensión científica no es perfecta. Dentro de estas podríamos citar a los diversos métodos de cálculo de la peligrosidad sísmica: zonificados (Cornell, 1968) y no zonificados (Woo, 1996), los diversos modelos sismotectónicos científicamente posibles y las diferentes leyes de atenuación a utilizar.

Las incertidumbres que tienen un carácter aleatorio. Dentro de estas podríamos considerar las incertidumbres existentes en la determinación de la magnitud de los terremotos, en los parámetros de la ley de Gutenberg Richter, en la profundidad focal de los terremotos y en la magnitud máxima posible a considerar en una zona sismotectónica.

Su propagación será efectuada con la ayuda de un método probabilista que permita establecer la variabilidad en la localización, la talla, la fecha de ocurrencia de los terremotos futuros y de los movimientos sísmicos buscados. Los modelos se apoyarán en técnicas por árbol lógico y de Montecarlo.

Referencias

- € Ambraseys N. N., Simpson K. A. and Bommer J. J. (1996), "Prediction of horizontal response spectra in Europe. Earthquake Engineering and Structural Dynamics", Vol. 25, pp. 371-400.
- € Cornell, C. A. (1968), "Engineering Seismic Risk Analysis". Bull. Seismol. Soc. Am. Vol. 58, p. 1583-1606.
- € Dufumier, H., (2002), Synthesis of magnitude and focal mechanism computations for the M₀4.5 earthquakes in France for the period 1995-2000. Journal of Seismology 6, p 163-181.
- € Irizarry, J, Goula, X. y Susagna, T., (2002), "Seismic hazard assessment for Barcelona city in terms of spectral values". 3ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Valencia, 4-8 febrero 2002, 4pp
- € LDG (1962-1999). "Boletines sísmicos". Laboratoire de Détection et de Géophysique. Paris.
- € Martin C., Combes Ph., Secanell R., Lignon G., Firavanti A., Carbon D., Monge O. and Grellet B., (2002), "Revision du zonage sismique de la France". Etude probabiliste. Rapport GEOTER GTR/MATE/0701-150.
- € Nicolas M., (2000), "Relation entre magnitude Ms et ML(LDG) pour les séismes localisés en France métropolitaine" V1.0. Rapport CEA/DIF/DASE/LDG/ DO 145.
- € Ordaz M, Aguilar A, Arboleda J.,(1999), "Program for computing seismic hazard", CRISIS99-18 Ver.1.018. UNAM University.
- € IRSN (2001), .RFS I.2.c. Règles fondamentales de surêté n° 2001-01.
- € Secanell, R., (1999), "Avaluació de la perillositat sísmica a Catalunya : Anàlisi de sensibilitat per a diferents models d'ocurrència i paràmetres sísmics". Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. 335 pp

Ponencias del 2º Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica

- € SGC (1984-1999), "Butlletins Sismològics". Servei Geològic de Catalunya. Barcelona.
- € Susagna, T. y Goula, X., (1999), " Catàleg de sismicitat", Atlas sísmic de Catalunya, Vol1, 436 pp.
- € Weichert, D.H., (1980), "Estimation of the earthquake recurrence parameters for unequal observational periods for different magnitudes". Bull. Seismol .Soc. Am., Vol 70, p. 1337-1346.
- € Woo, G., (1996), "Kernel estimation methods for seismic hazard area source modeling". Bull. Seismol .Soc. Am.,vol 86, n°2, p 353-362.