



# **SISRISK: UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTION DEL RIESGO SÍSMICO**

**Xavier Goula ( Institut Geològic de Catalunya)**

**Ramon Secanell ( GEOTER, España)**

Jornada Técnica sobre las últimas novedades sobre los riesgos Sísmicos, Volcánicos y Tsunamis, y Protección Civil en España, Madrid, Enero 2009

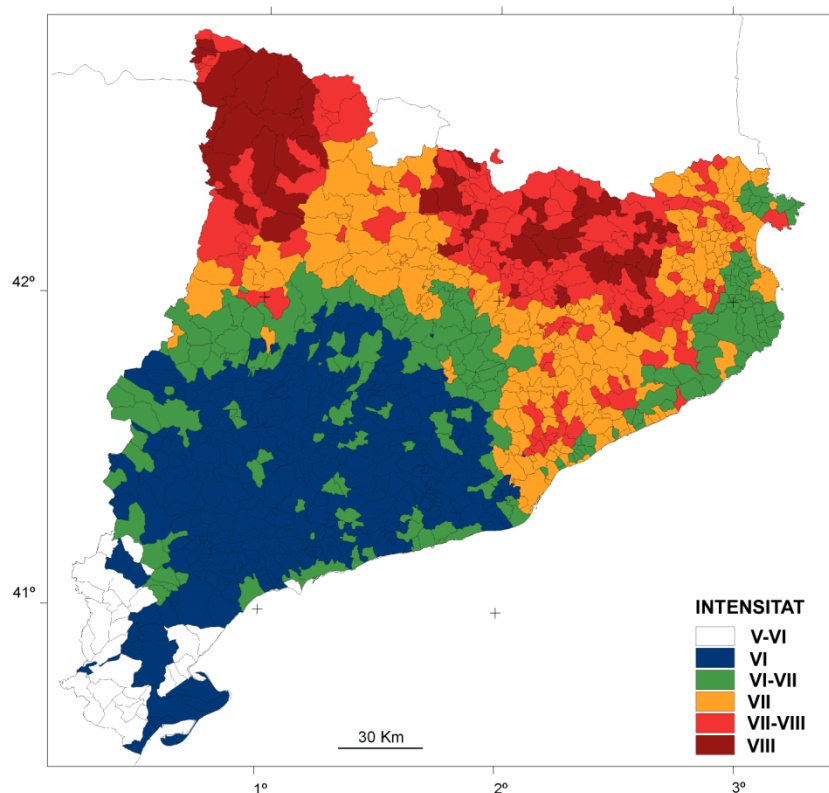
## Parte I : Antecedentes

- **2000: Homologación del 1er plan de emergencias sísmico en España: SISMICAT (Cataluña)**
- **Mejoras metodológicas y aplicaciones piloto:**
  - o 2001- 2004: Participación proyecto RISK-UE ( UE/ FP6)
  - o 2004- 2006: Proyecto ERSE (Plan Nacional de Investigación)
  - o 2004-2007 : Proyecto ISARD (INTERREG IIIA)

## Parte II: SISRISK



## **2000: Homologación del 1er plan de emergencias sísmico en España: SISMICAT (Cataluña)**



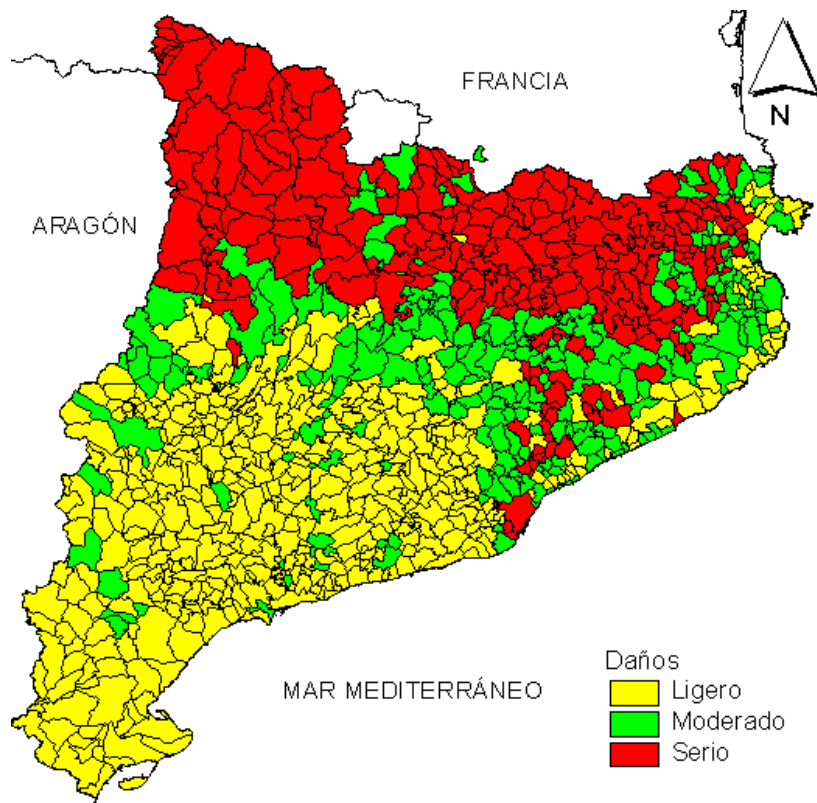
## Peligrosidad sísmica regional probabilista (T=475 años) en términos de Intensidad macrosísmica

- + Revisión catálogo sismicidad (Susagna et al., 1999)
- + Zonificación sismotectónica (Fleta et al., 1996)
- + Evaluación probabilista con estimación de incertidumbres (Secanell, 1999)

## Efectos de suelo

- + Mapa geomecánico para los núcleos urbanos en 4 clases (R, A, B y C) (Fleta et al., 1998)
- + Aumento de las intensidades del mapa probabilista regional en 0.5 grados para suelos de tipo B y C

# Clasificación según grados de daño



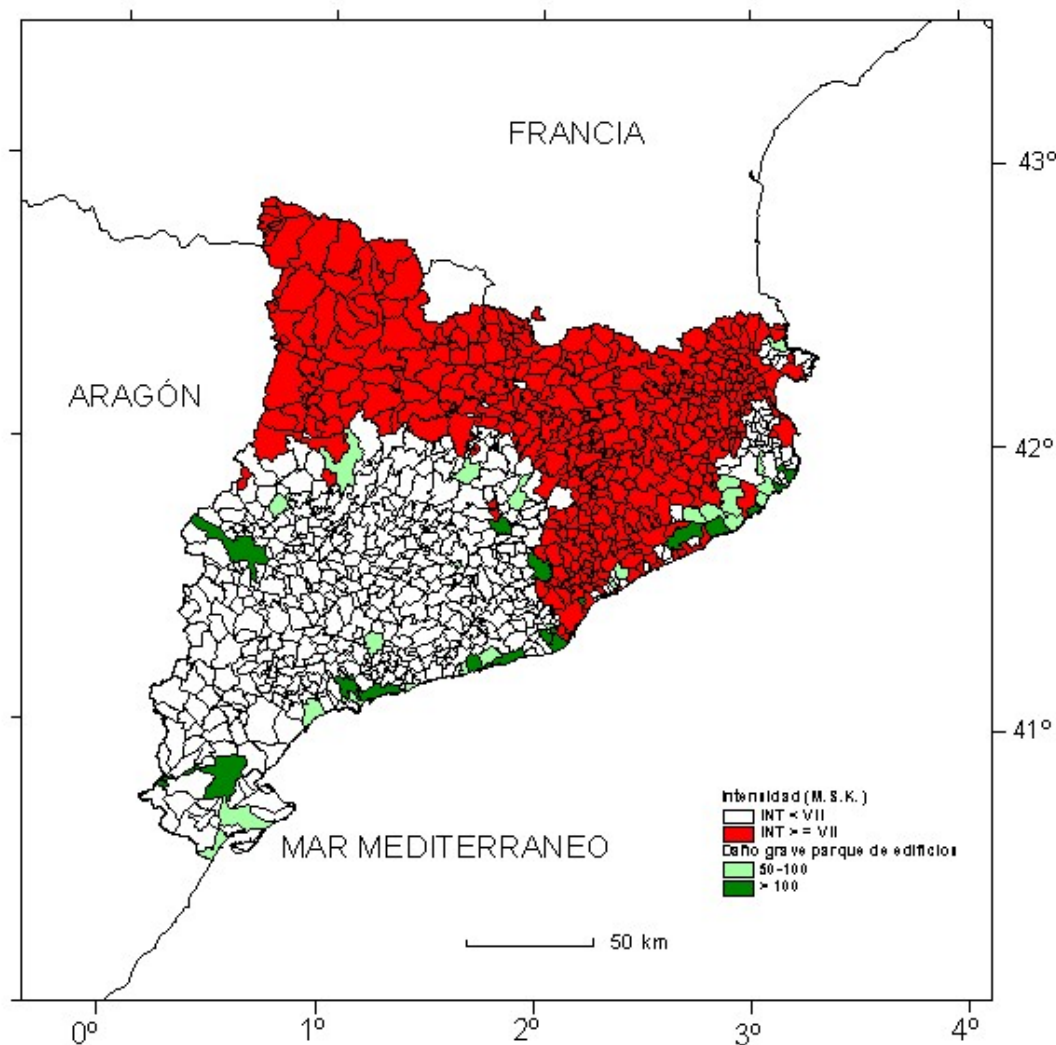
## Vulnerabilidad sísmica de viviendas

- + Escala EMS'98
- + Atribución de clases de vulnerabilidad por edad, altura y ubicación (Chávez, 1998)

## Estimación de daños

- + Matriz de probabilidad de daños MPD (Chávez, 1998)
- + Convolución de la peligrosidad local con la distribución de los edificios, por cada municipio, siguiendo la MPD (Chávez, 1998)

# Municipios afectados por el Plan



## 2001- 2004: Participación proyecto RISK-UE ( UE/ FP6)

Aplicación a la ciudad de Barcelona. Colaboración con UPC ( Irizarry, 2004; Barbat et al,2006; Lantada,2007; Irizarry et al, 2009, etc.)

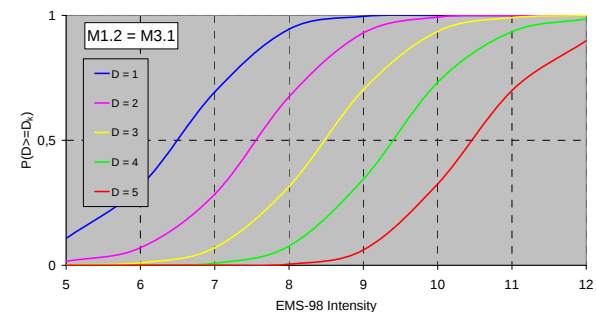
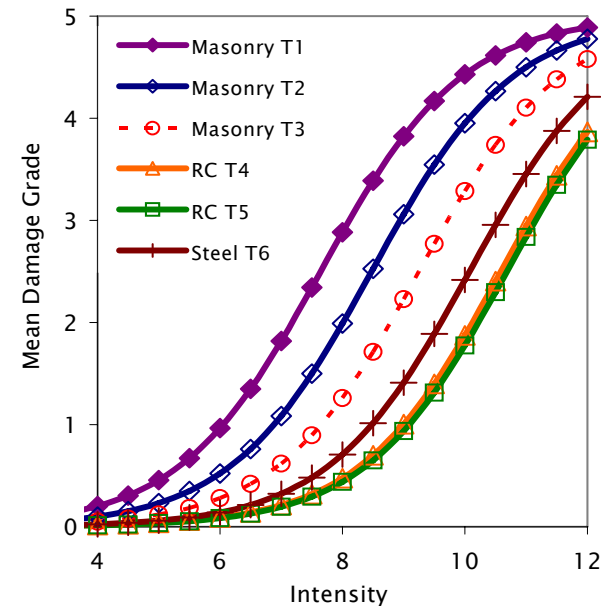
|                          | Nivel I                          | Nivel II                                         |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| Modelo de Vulnerabilidad | Indices de vulnerabilidad        | Tipologías + Modelo mecánico                     |
| Peligrosidad local       | Intensidad Macrosísmica (EMS-98) | Espectro de demanda: Aceleración- Desplazamiento |
| Escenarios de daño       | 5 grados de daño: D1 - D5        | 4 niveles de daño: LS1 – LS4                     |

# Modelo de vulnerabilidad: Nivel I

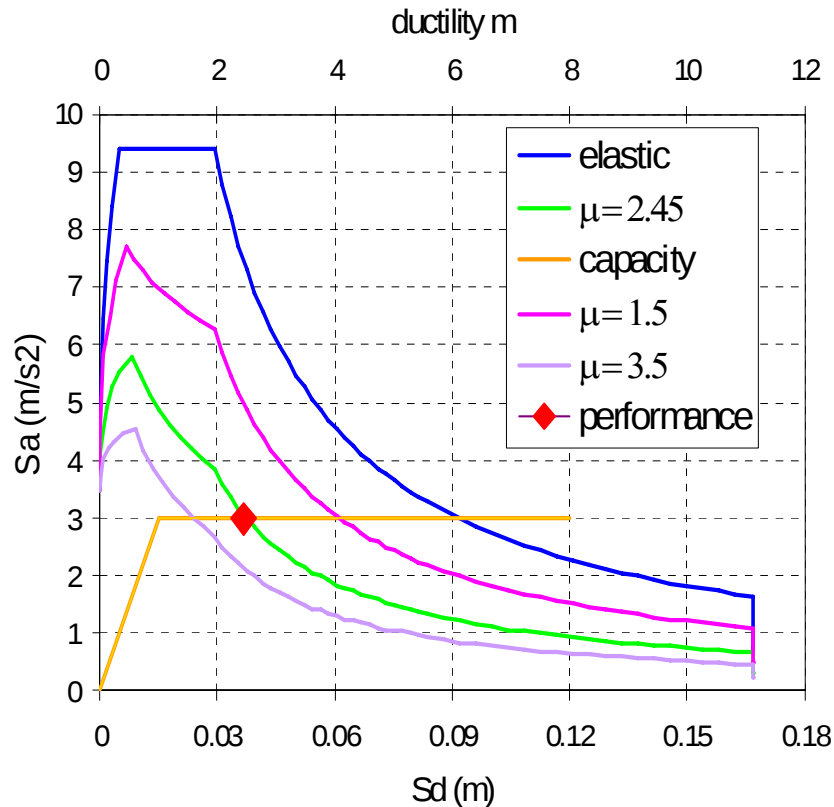
*Lagomarsino et al. (UNIGE)*

$$\mu_d = 2.5 \left[ 1 + \tanh \left( \frac{I + 6.25V_i - 13.1}{2.3} \right) \right]$$

| Tipología                      |    | Descripción                                                           | Risk-UE | V <sub>i</sub><br>Promedio | Región |
|--------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------|--------|
| Mampostería No Reforzada (URM) | T1 | Estructuras con Muros de Piedra                                       | M1.1    | 0.873                      | CERD   |
|                                | T2 | Mampostería no reforzada con forjados de madera                       | M3.1    | 0.740                      | CERD   |
|                                | T3 | Mampostería no reforzada con forjados de hormigón armado              | M3.4    | 0.616                      | CERD   |
| Hormigón Armado (RC)           | T4 | Pórticos de hormigón armado con muros de relleno de mampostería       | RC3.1   | 0.402                      | CERD   |
|                                | T5 | Muros a cortante de hormigón armado                                   | RC2     | 0.386                      | FR     |
| Acero                          | T6 | Pórticos de acero con muros de relleno de mampostería                 | S3      | 0.484                      | CERD   |
| Madera + URM                   | T7 | Estructura de madera sobre una estructura de mampostería no reforzada | NA      | 0.500                      | FR     |
| Adobe                          | T8 | Estructuras de Adobe                                                  | M2      | 0.840                      | ES     |



*Fajfar (2000)*

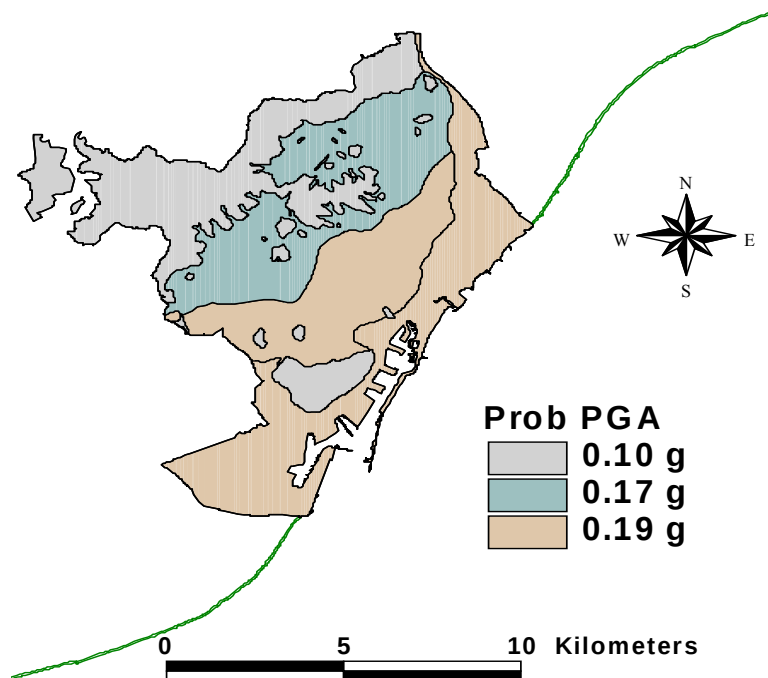


**Peligrosidad: Espectro de demanda**

**Vulnerabilidad: Espectro de capacidad**

**Punto de desempeño determina el estado de daño a través de curvas de fragilidad**

## Microzonación de la ciudad de Barcelona (Cid et al, 2001; Irizarry et al., 2009)

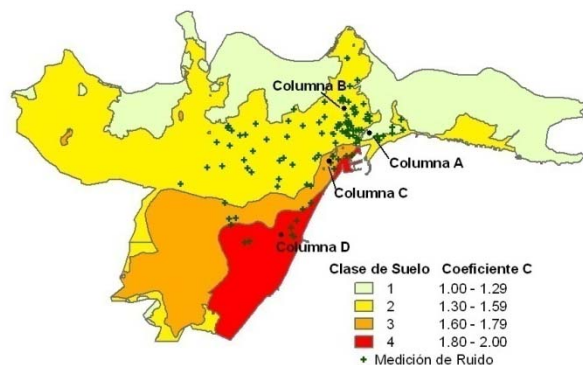


Definición y caracterización de zonas con igual comportamiento de la amplificación del movimiento sísmico del suelo:

- Geología de superficie
- Datos geotécnicos
- Modelos de simulación numérica 1D ( Shake)
- Funciones de transferencia
- Modificación de las intensidades ( Nivel I) y de los espectros ( Nivel II) determinados a escala regional

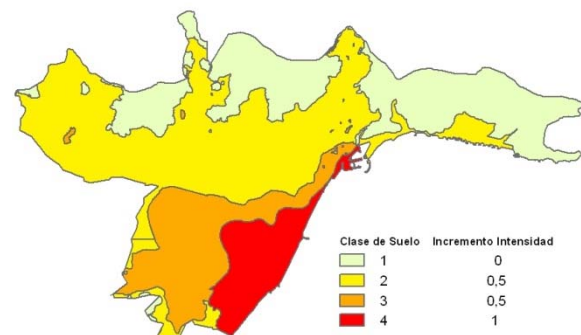
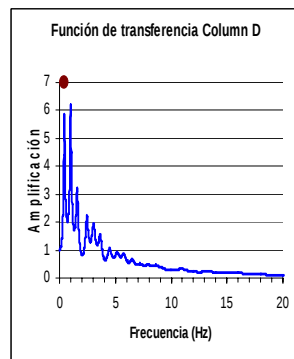
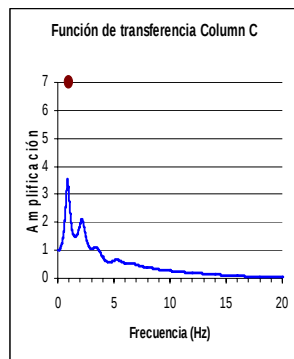
## 2004- 2006: Proyecto ERSE (Plan Nacional de Investigación)

Escenario sísmico de la ciudad de Málaga. Colaboración con la UCM y el ROA (Macau et al., 2006; Irizarry et al, 2007; Goded et al., 2008)



Cada una de las zonas se caracterizó con un incremento de intensidad,  $\Delta I_s$ , utilizando la relación entre la Intensidad de Arias y la intensidad macrosísmica propuesta por Cabañas et al. (1997). (Macau et al., 2006)

$$\Delta I_s = 0.66 \ln \left( \frac{AI_s}{AI_R} \right)$$



# Pérdidas asociadas a los Escenarios de Daño

✓ Se han calculado las siguientes pérdidas:

- edificios inhabitables - función de los edificios con grado de daño 3, 4 y 5.
  - personas sin hogar - función de los edificios inhabitables
  - heridos leves
  - heridos graves
  - víctimas mortales
- } ATC-13

✓ Dado que los cálculos sobre pérdidas están asociados a incertidumbres altas, los resultados según las dos metodologías consideradas se han resumido como rangos esperados para cada escenario.

| Escenario Basado en :  | NCSE-02 - 500 Años | Terremoto de 1680 |
|------------------------|--------------------|-------------------|
| Edificios Inhabitables | 5,000 - 6,500      | 9,000 - 11,000    |
| Personas Sin Hogar     | 90,000 - 115,000   | 160,000 - 300,000 |
| Heridos Leves          | 15,000 - 25,000    | 30,000 - 80,000   |
| Heridos Graves         | 3,000 - 8,000      | 9,000 - 40,000    |
| Victimas Mortales      | 1,000 -3,000       | 3,000 - 20,000    |

✓ Aun en el caso del escenario basado en la NCSE-02 para un periodo de retorno de 500 años, las pérdidas obtenidas son muy altas indicando el nivel de emergencia que afectaría no solo a la ciudad de Málaga, sino, a toda su región.

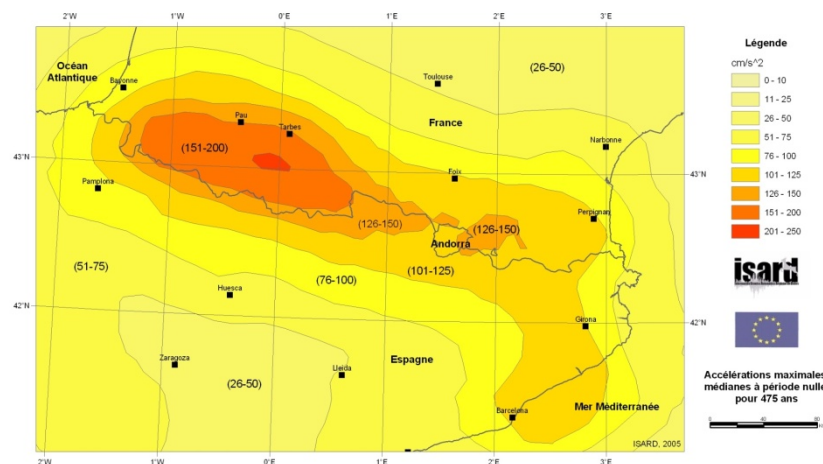
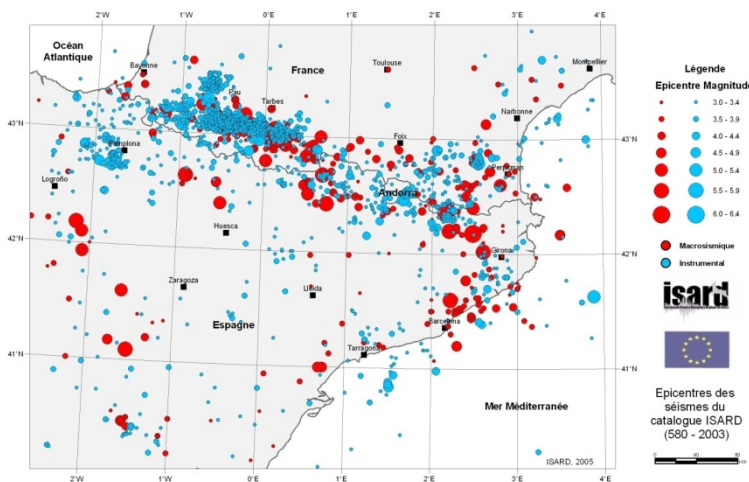
## ➤ Información **S**ísmica **A**utomática **R**egional de **D**años

➤ Financiado por el programa INTERREG IIIA 2004-2007

➤ Participantes del Proyecto:

- IGC - Institut Geològic de Catalunya
- BRGM - Bureau de Recherches Géologiques et Minières
- CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
- Direcció General de Protecció Civil de la Generalitat de Catalunya
- Ajuntament de Puigcerdà
- CRECIT- Centre de Recerca en Ciències de la Terra
- Conseil Général des Pyrénées Orientales (SDIS66)
- Services de la Sécurité Civile Française (SDIS66, DDSC, EMZ/Sud)
- GEOTER International y GEOTER Spain
- GEOCAT

## - Zonación sísmica transfronteriza y unificada de todo el Pirineo (Secanell et al, 2008)



# Escenarios realistas de daño sísmico en dos zonas piloto

## Escenario Determinista

### ➤ Terremoto del Ripollès del 1428

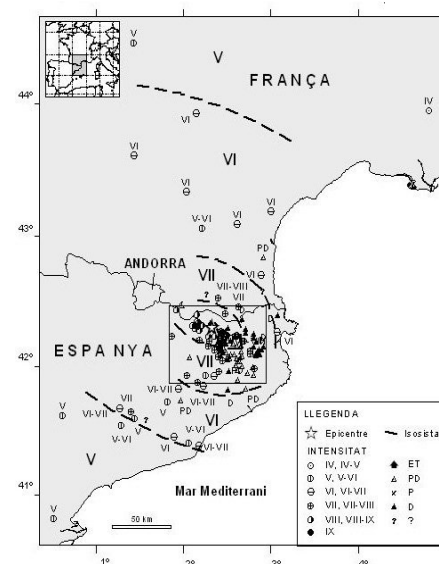
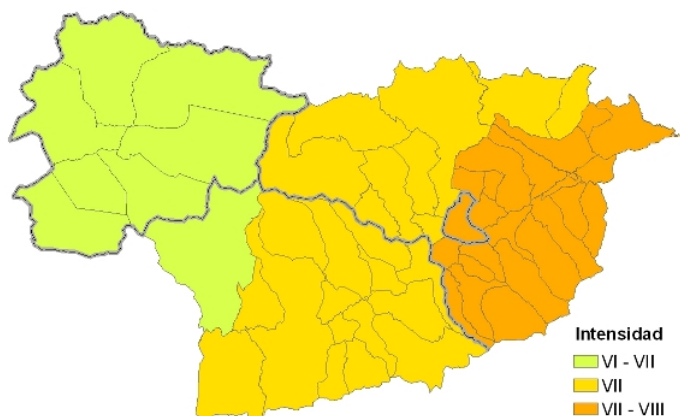
$$I_0 = IX$$

$$M_w = 6.5$$

$$h_{\text{aprox}} = 9 \text{ km}$$

➤  $I_{\text{Cerdanya}} = VI-VII \rightarrow VII-VIII$

➤  $I_{\text{Andorra}} = VI-VII$



## Escenario Probabilista

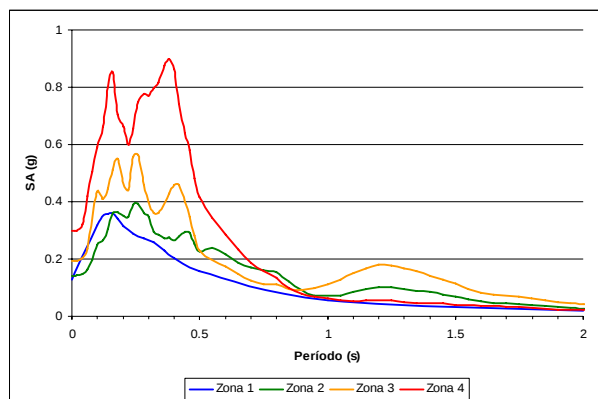
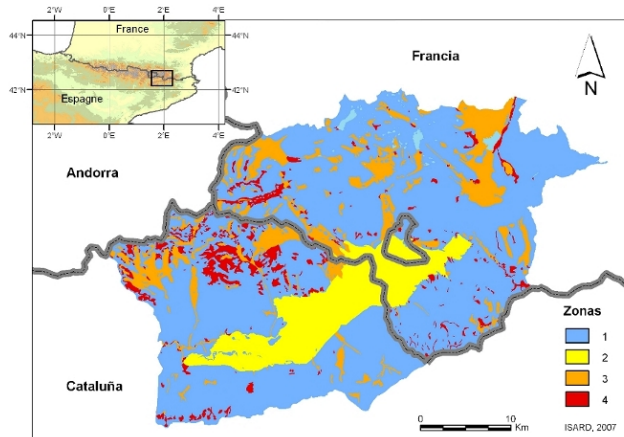
### ➤ Periodo de Retorno: 475 años

➤  $I_{\text{Cerdanya}} = VII$

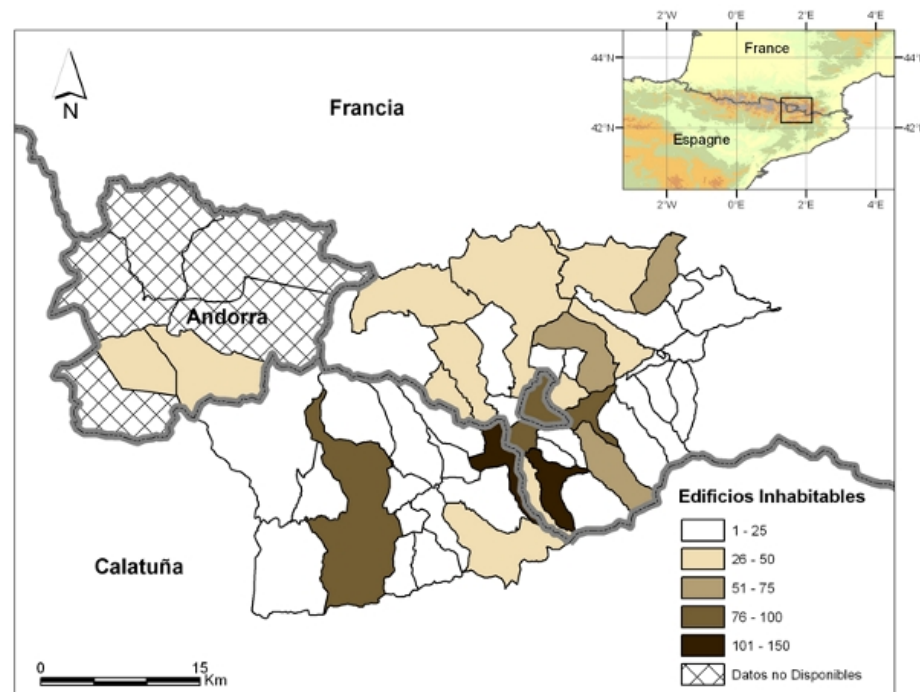
➤  $I_{\text{Andorra}} = VII$

# Escenarios realistas de daño sísmico en dos zonas piloto

Mapa de peligrosidad de la Cerdaña con efectos locales en términos de espectros de respuesta equiprobables para  $T=475$  años (Macau, 2008)



Escenarios tranfronterizos de daño para edificios de vivienda (Irizarry, 2007)

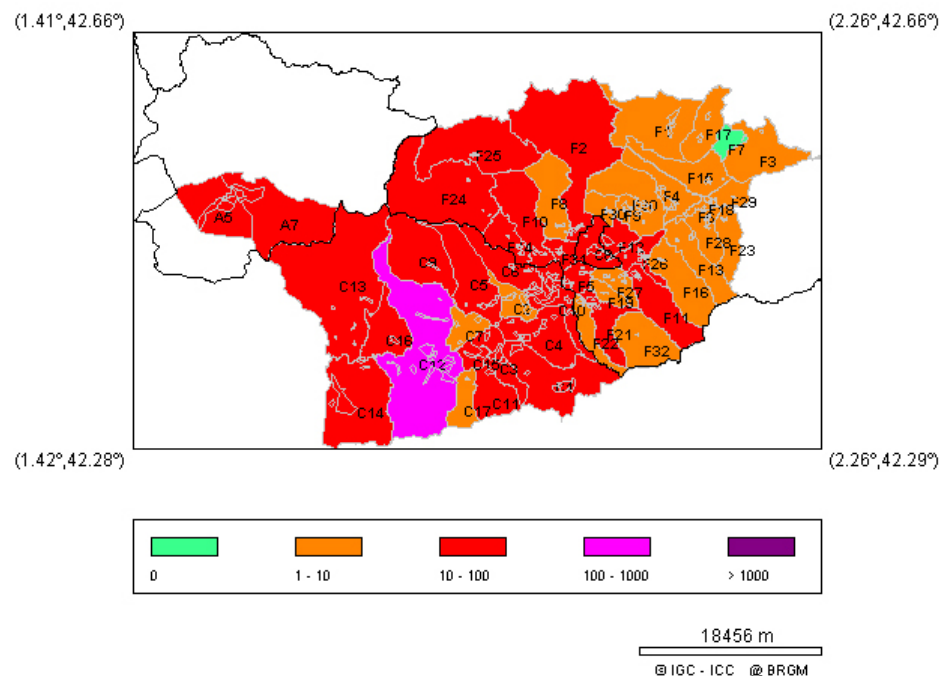


# Sistema transfronterizo de respuesta rápida después de un terremoto

## Red sísmica transfronteriza



## Escenario automático de daños para las zonas piloto



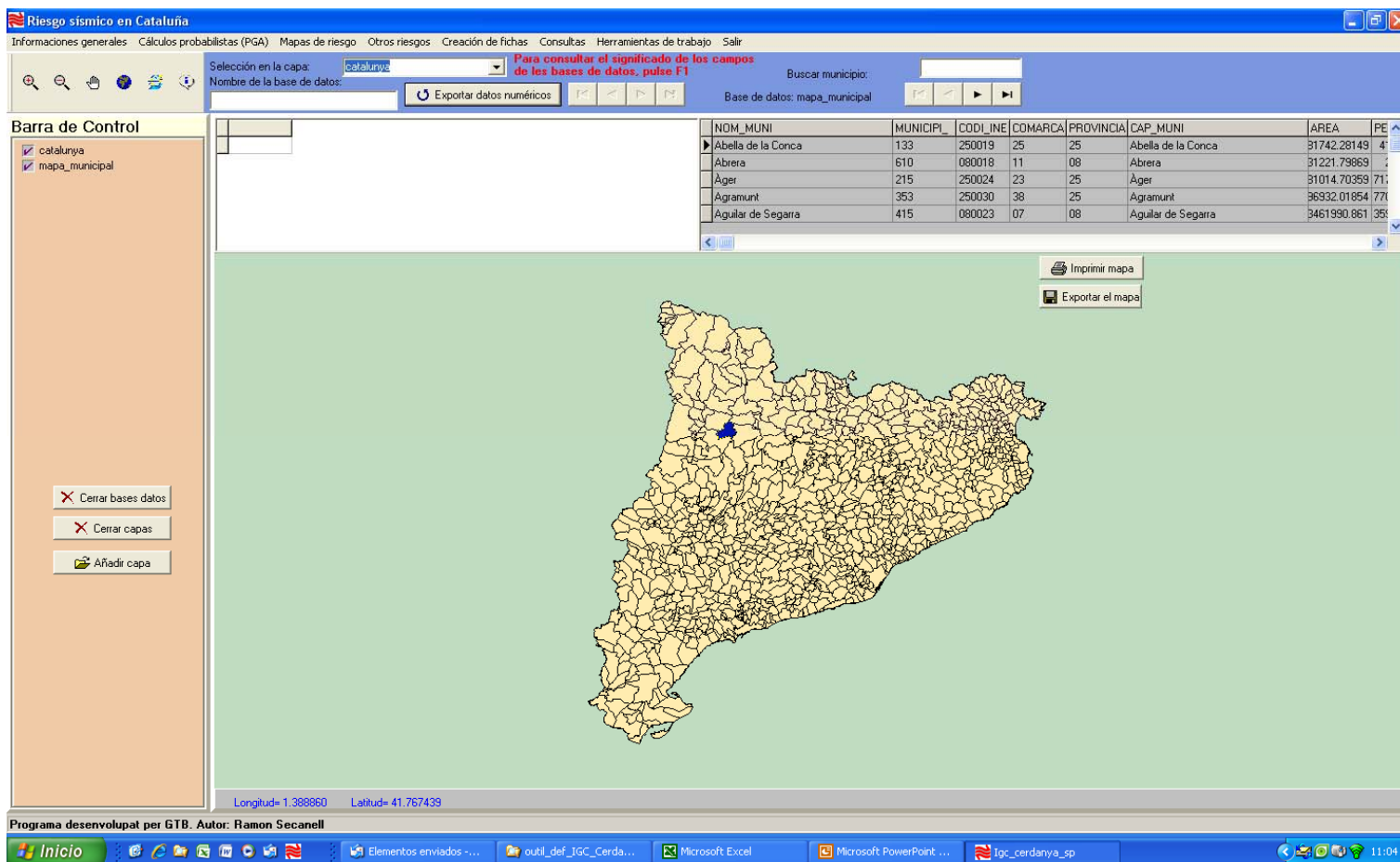
# Aspectos educativos y de difusión de la información

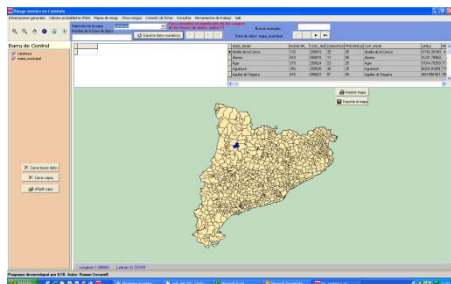
- Web pública, trilingüe, con los principales datos y resultados del proyecto: **<http://www.isard-project.eu>**
- Aplicación web de uso restringido a gestores de Protección Civil con el detalle de los resultados de los escenarios transfronterizos
- Aplicación **SISRISK** en plataforma local

**Aplicación informática para presentar y gestionar los conocimientos adquiridos sobre el riesgo sísmico existentes en una región. Se ha desarrollado una primera versión para la zona piloto de la Cerdaña con los resultados obtenidos en los proyectos ISARD y ERSE esencialmente.**

**La aplicación está en plena evolución hacia un sistema exportable a cualquier región y sobre plataformas de SIG flexibles**

Sisrisk es una aplicación de fácil manejo, para no especialistas en SIG, que permite la visualización, interrogación y gestión de la información sobre riesgo sísmico

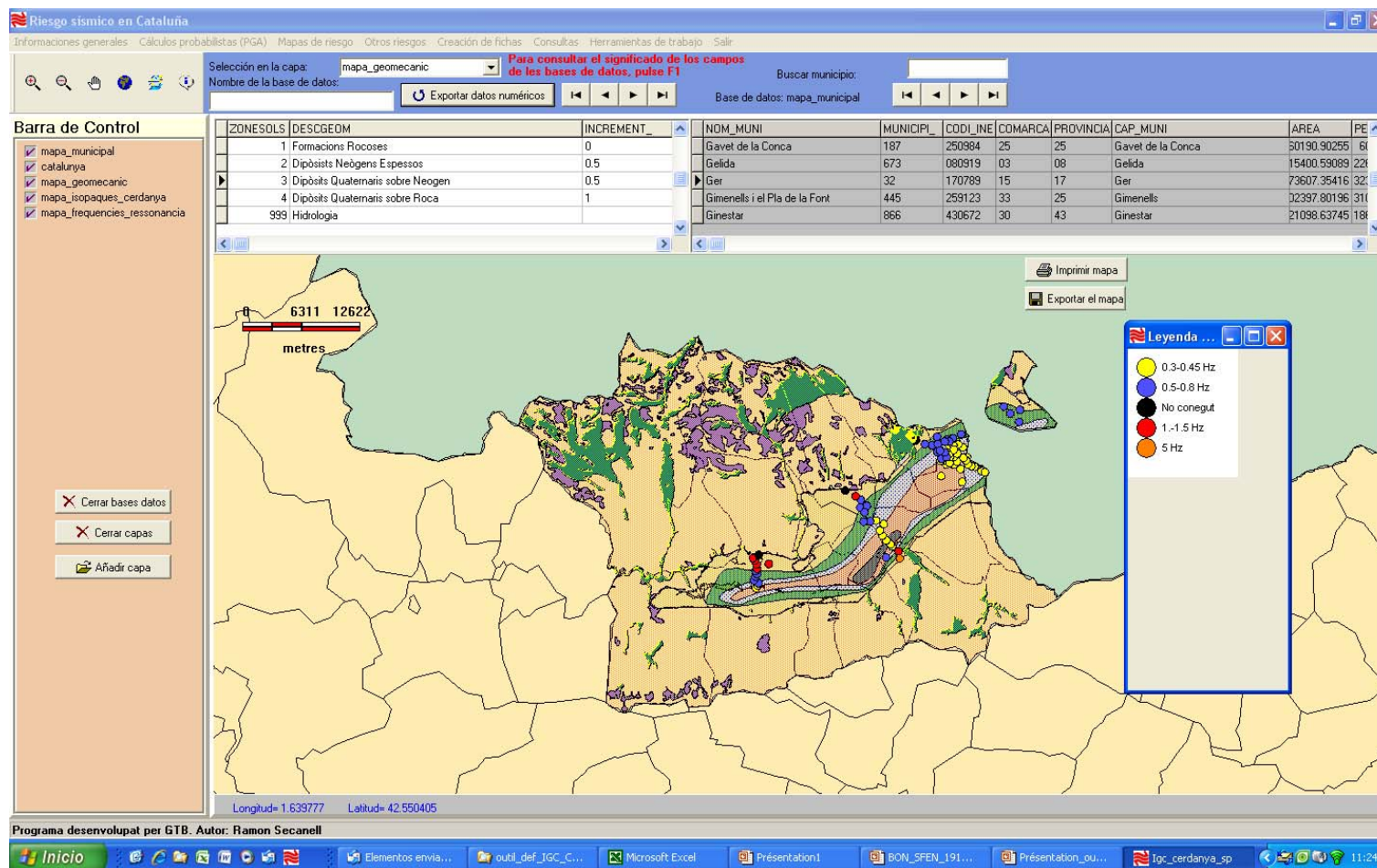




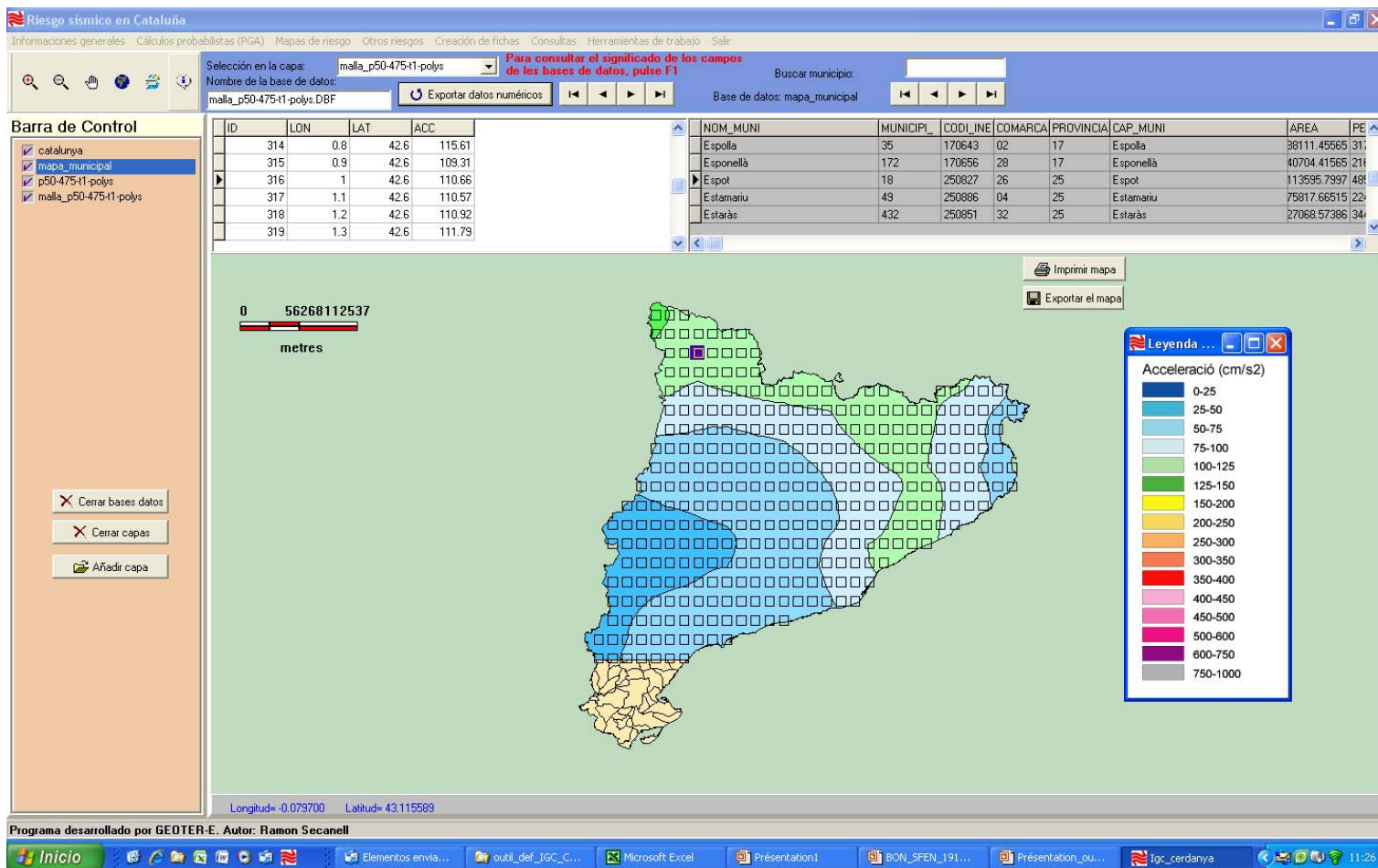
La interfaz principal contiene:

- 1) Mapa donde se visualizan las capas de información (parte central).
- 2) Parrilla informativa de la base de datos municipal (parte superior derecha del mapa) .
- 3) Parrilla informativa de la base de datos asociada a la capa de información seleccionada (parte superior izquierda del mapa).
- 4) Herramientas comunes a todos los SIG: zoom, control de capas, etc.
- 5) Permite importar, exportar, imprimir, etc. mapas, ficheros de la base de datos, etc.
- 6) Contiene un buscador de municipios.

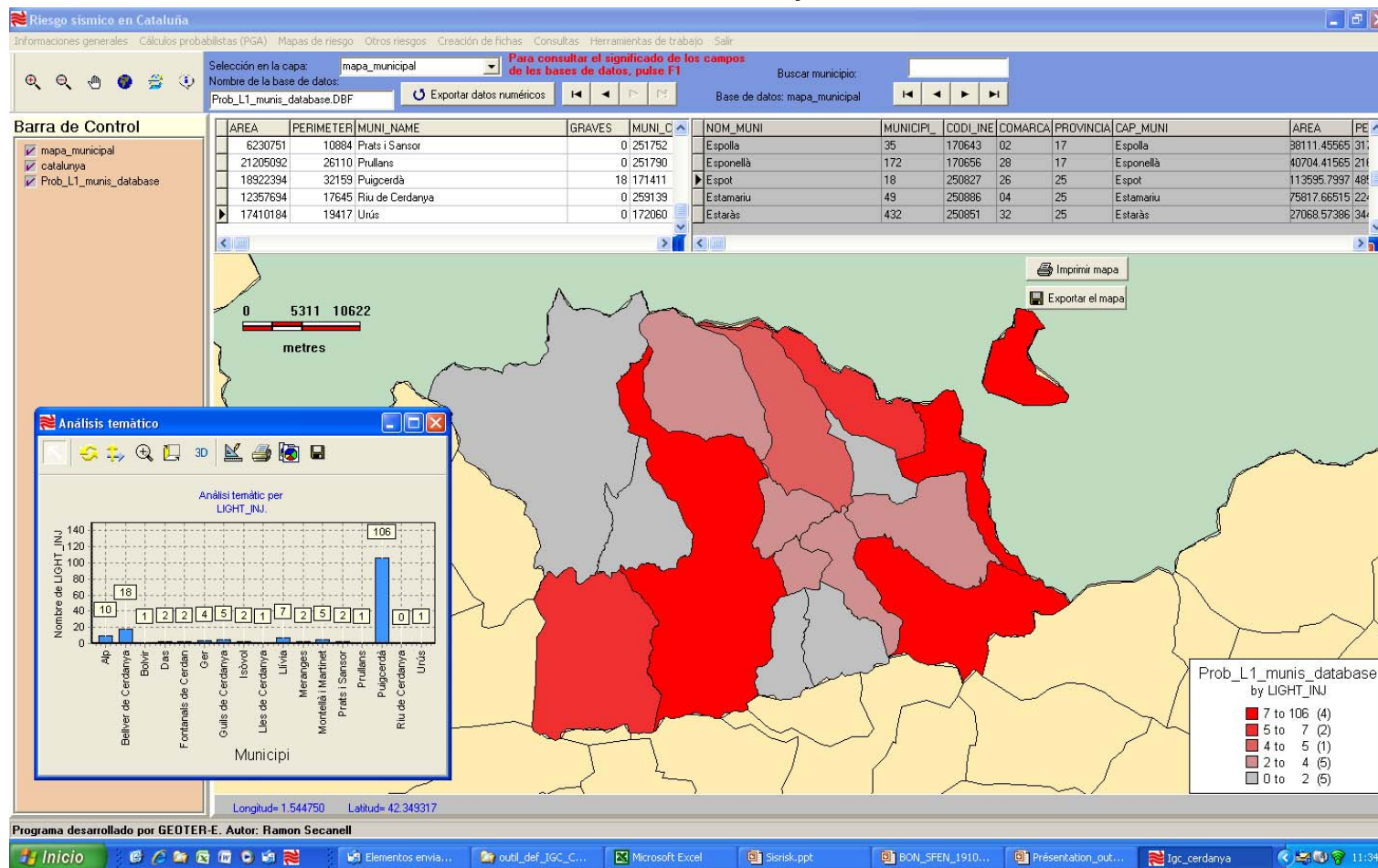
# Ejemplo de visualización de capas con informaciones sobre suelos en la región de la Cerdanya: mapa geomecánico, mapa de isopacas del zócalo, frecuencias de resonancia.



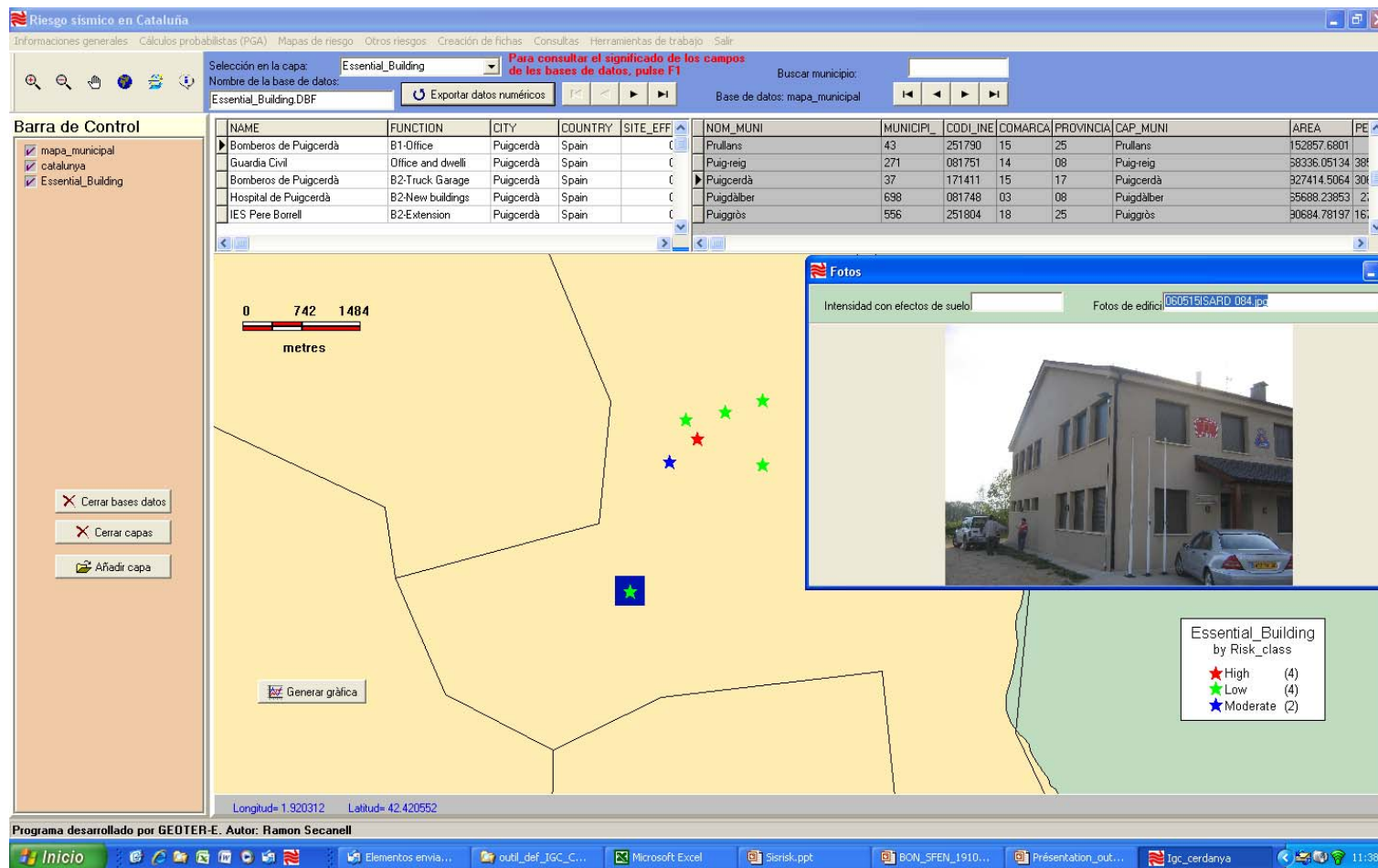
# Ejemplo de visualización mapas de peligrosidad sísmica y de la malla de cálculo.



# Ejemplo de análisis temático de los municipios de la Cerdanya en función de un parámetro (por ejemplo, número de personas heridas leves) y un escenario sísmico predeterminado (nivel 1 Risk-UE)



# Ejemplo análisis temático de los edificios esenciales de Puigcerdà, por clase de riesgo. La aplicación permite, además, la visualización de distintas fotos del edificio.



Ejemplo de visualización de otros riesgos naturales.  
 Ejemplo: ocurrencias pasadas de deslizamiento de tierras.  
 La aplicación permite la localización sobre ortofoto del emplazamiento  
 del fenómeno y muestra la foto.

**Riesgo sísmico en Catalunya**

Informaciones generales · Cálculos probabilistas (PGA) · Mapas de riesgo · Otros riesgos · Creación de fichas · Consultas · Herramientas de trabajo · Salir

Selección en la capa: **Fenomens\_MVT** Para consultar el significado de los campos de las bases de datos, pulse F1  
 Nombre de la base de datos: **fenomens\_MVT.dbf** Exportar datos numéricos Base de datos: mapa\_municipal

**Barra de Control**

- ☒ mapa\_municipal
- ☒ catalunya
- ☒ Fenomens\_MVT
- ☒ alp
- ☒ bellver
- ☒ guls

| ID | DESCRIPTIO                                      | NOM_MUNI   | MUNICIPI | CODI_LINE | COMARCA | PROVINCIA | CAP_MUNI   | AREA        | PE  |
|----|-------------------------------------------------|------------|----------|-----------|---------|-----------|------------|-------------|-----|
| 1  | Instabilité de versant. Présence d'enrochement. | Prullans   | 43       | 251790    | 15      | 25        | Prullans   | 152857.6801 |     |
| 2  | Glissement superficiel, reptation               | Puig-reig  | 271      | 081751    | 14      | 08        | Puig-reig  | 38336.05134 | 388 |
| 3  | Glissement superficiel, reptation               | Puigcerdà  | 37       | 171411    | 15      | 17        | Puigcerdà  | 327414.5064 | 308 |
|    |                                                 | Puigdalber | 698      | 081748    | 03      | 08        | Puigdalber | 35688.23853 | 2   |
|    |                                                 | Puiggròs   | 556      | 251804    | 18      | 25        | Puiggròs   | 30684.78197 | 16  |

Longitud= 1.945913    Latitud= 42.426994

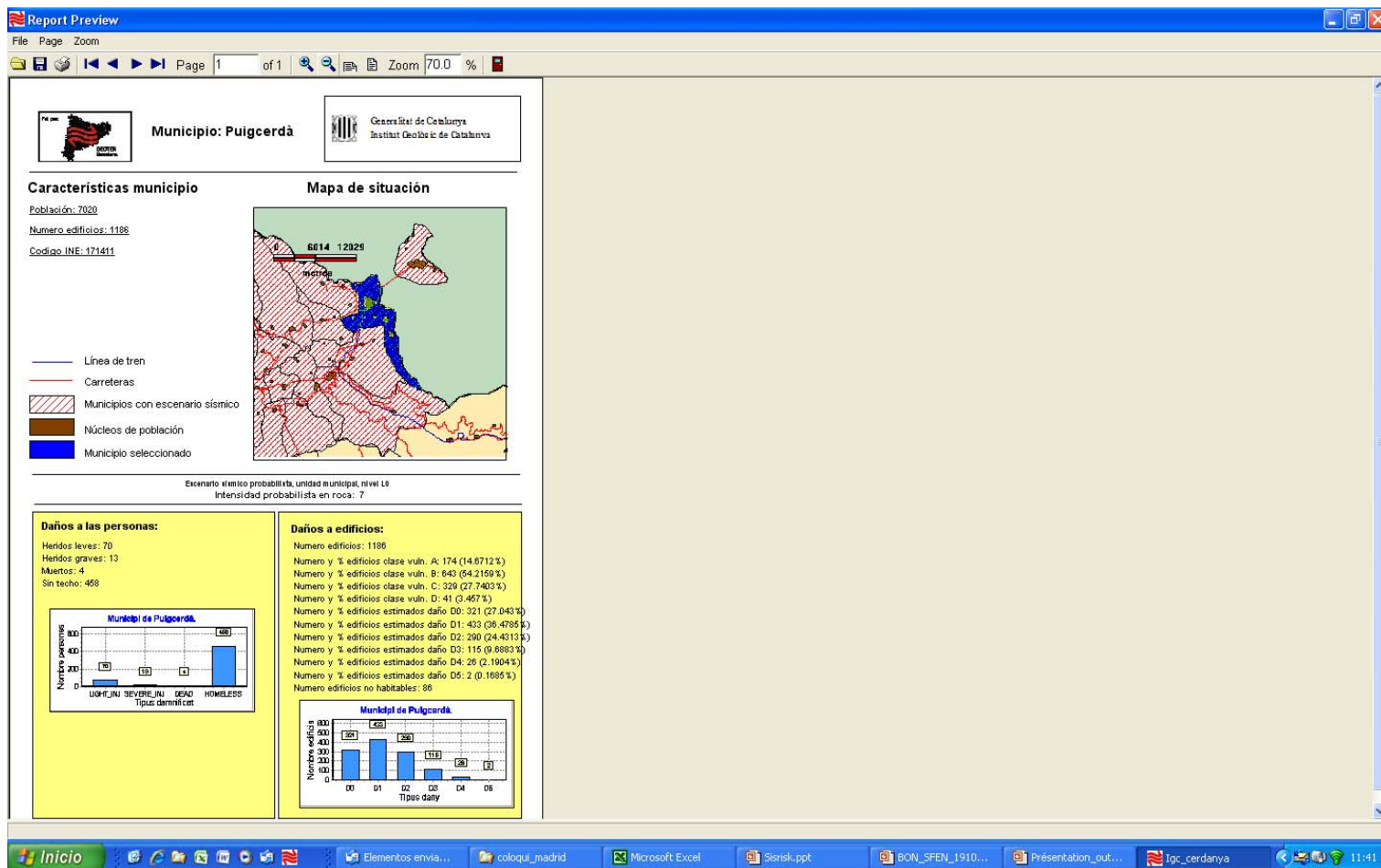
Programa desarrollado por GEOTER-E. Autor: Ramon Secanell

**Fotos**

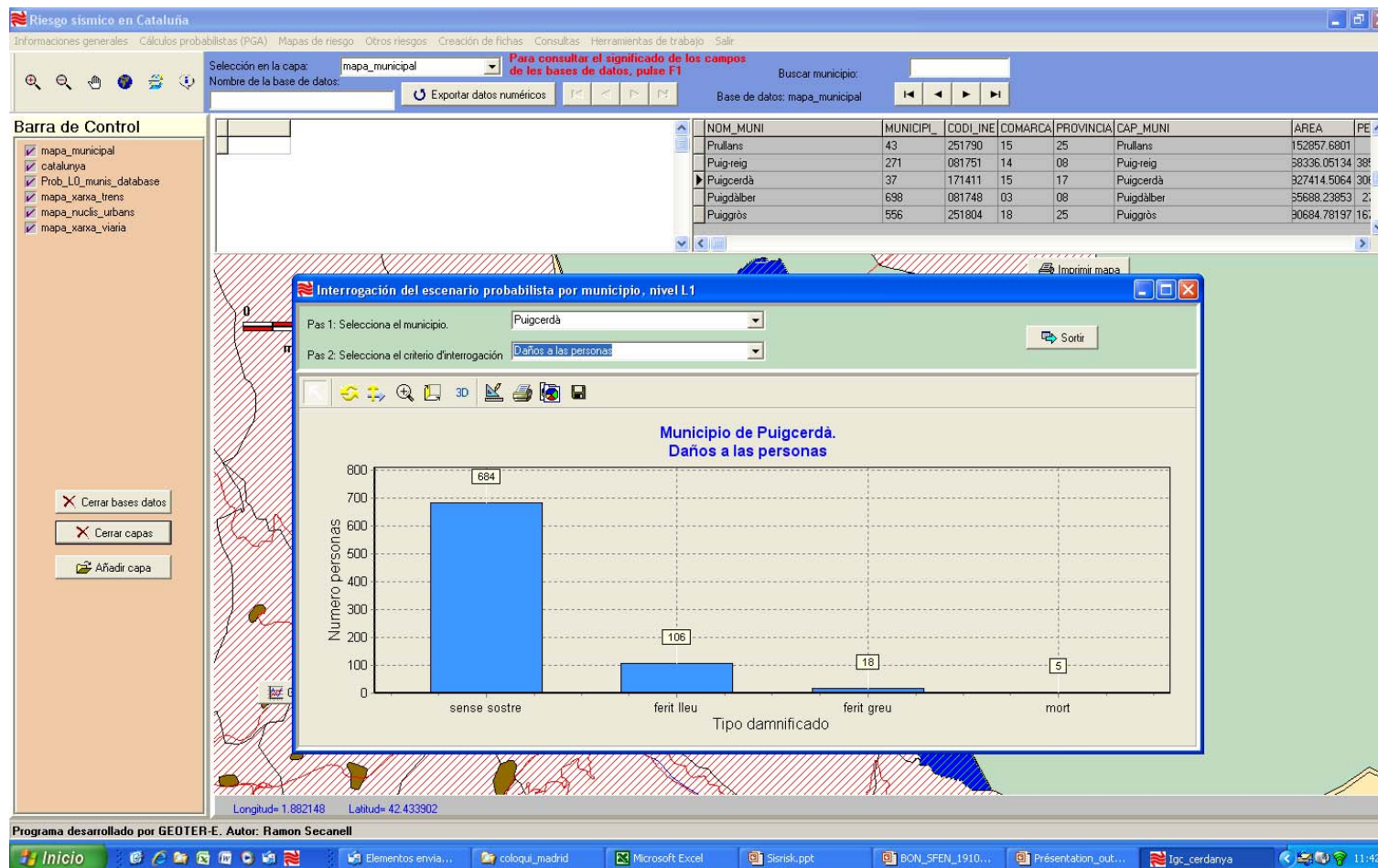
Intensidad con efectos de suelo:     Fotos de: **040617ISARD55.JPG** Guardar Salir

Inicio · Elementos envia... · coloqui\_madrid · Microsoft Excel · Sierisk.ppt · BON\_SFEN\_1910... · Présentation\_out... · tgc\_cerdanya · 11:45

Ejemplo de generación de fichas informativas municipales asociadas a un escenario de riesgo seleccionado. La ficha contiene informaciones estadísticas del municipio, mapa de situación, de daños a las personas y a los edificios, etc.



## Ejemplo de consulta a la base de datos sobre un tipo de información de un escenario de riesgo en un municipio determinado, por ejemplo, daños a las personas.



Gracias a los trabajos realizados recientemente durante los proyectos ISARD ([www.isard-project.eu](http://www.isard-project.eu)) y ERSE (Plan Nacional de Investigación, 2002-2004), la comarca de La Cerdanya (Girona) es una de las zonas cuyo riesgo sísmico ha sido mejor estudiado en Cataluña. Se ha seleccionado esta región como ejemplo del tratamiento a realizar en un futuro en el conjunto del territorio catalán. En los proyectos citados se han llevado a cabo diversos estudios: evaluación de la peligrosidad a escala regional; microzonificación sísmica y peligrosidad a escala local; vulnerabilidad de edificios de vivienda y de edificios esenciales y simulación de escenarios de daño. Los resultados de estos estudios están contenidos en diferentes documentos técnicos, tesis doctorales, en ficheros de diferentes formatos y con contenidos diferentes. La idea para crear la aplicación presentada, ha sido, en primer lugar, la recopilación e integración de toda esta información disponible y actualmente dispersa. En segundo lugar, proponer una metodología de visualización y gestión de la información disponible.

“SISRISK” tiene por objetivo el desarrollo de una metodología que permita presentar y gestionar los conocimientos adquiridos sobre el riesgo sísmico existentes en una región. La aplicación desarrollada es, por tanto, una primera herramienta, evolutiva, de visualización y gestión del riesgo sísmico.

La aplicación desarrollada tiene una clara utilidad para gestionar estudios puntuales de riesgo sísmico, planes de emergencia a escala regional y municipal, y planes de prevención de riesgo, todavía incipientes en España.