

LA BASE DE DATOS DE MOVIMIENTOS DEL TERRENO DE CATALUÑA (LLISCAT): UNA HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

M. GONZÁLEZ¹, J. PINYOL¹, J. RAMISA², N. QUEROL¹ y J. MARTURIÀ¹

¹ Unidad de Prevención de Riesgos Geológicos
Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña

² Técnico Gis freelance

RESUMEN

En este artículo se presenta la Base de datos de movimientos del terreno de Cataluña (LLISCAT) concebida como el cuerpo central del Sistema de Información de Riesgos Geológicos (SIRG). Se trata de una base de datos desarrollada para poder incluir la componente espacial permitiendo asociar la cartografía detallada de los fenómenos inventariados con su información alfanumérica. El modelo se ha implementado en una base de datos relacional PostgreSQL con extensión PostGIS. Para la entrada de datos, se ha creado una aplicación en entorno de escritorio que permite introducir y gestionar la información. Los objetivos de LLISCAT son facilitar la accesibilidad de la información a las distintas administraciones y organismos oficiales, a la comunidad científica, técnica y profesional, y a los ciudadanos en general y proporcionarles información de base para realizar mejores políticas de planificación y ordenación del territorio, así como para abordar nuevas estrategias en la prevención, protección y corrección frente a los movimientos del terreno.

1. INTRODUCCIÓN

En la mitigación de los riesgos geológicos, la evaluación de la peligrosidad geológica es una herramienta indispensable. Para poder realizar una correcta evaluación de la peligrosidad geológica es necesario disponer de un catálogo de eventos completo en el tiempo y en el espacio. Éste inventario debe proporcionar información sobre el tipo de fenómeno, situación y distribución geográfica, mecanismos desencadenantes, magnitud, frecuencia, e impacto socioeconómico sobre el territorio, entre otros, que permita analizar el evento potencialmente peligroso y determinar los parámetros necesarios para su evaluación. Con estos objetivos se ha desarrollado la Base de datos de movimientos del terreno de Cataluña (LLISCAT) que

contiene información alfanumérica y cartográfica de los fenómenos geológicos considerados.

LLISCAT se ha concebido como el cuerpo central del Sistema de Información de Riesgos Geológicos (SIRG), cuyos objetivos son la centralización, gestión, consulta y visualización de la información existente en materia de riesgos geológicos en el territorio catalán. Por una parte, debe dar una respuesta rápida a las demandas de las administraciones y de la sociedad, y por otra, ser una base de datos de referencia en el campo de los riesgos geológicos. Uno de los retos del SIRG es integrar las diferentes bases de datos de las que dispone actualmente el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC), con información muy diversa y con diferentes escalas de trabajo, desde regionales a locales (Figura 1). Además de LLISCAT, que se presenta en este artículo, cabe destacar como bases de datos a integrar en el SIRG, la Base de datos del Mapa para la prevención de riesgos geológicos (BD-MPRG25M, González et al., 2016), la Base de datos de aludes (BDAC, Oller et al., 2005), la Base de datos de eventos documentados por los agentes rurales (IGC, 2012, 2013a y 2014; ICGC, 2015, 2016 y 2017) y la Base de datos de información histórica (BD-Histórica; IGC, 2009, 2010 y 2013b; ICGC, 2015).

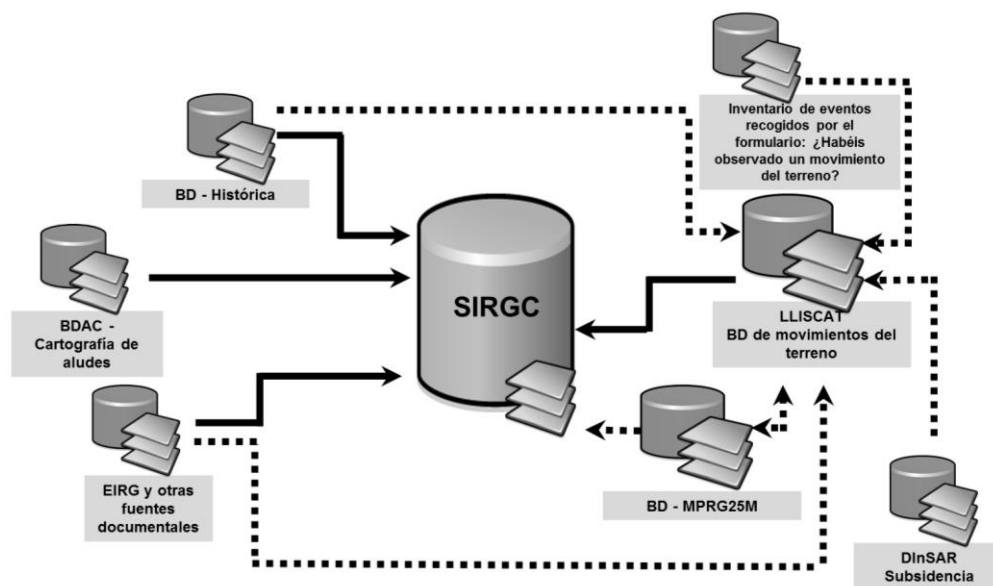


Figura 1. Esquema del Sistema de Información de Riesgos Geológicos (SIRG). Se muestran las diferentes bases de datos de las que se alimenta.

LLISCAT fue creada en 2007, por el Departamento de Ingeniería del Terreno de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) con el apoyo del Instituto de Estudios Catalanes (IEC). En 2011, mediante un convenio de colaboración entre estas dos instituciones y el Instituto Geológico de Cataluña (IGC), actualmente Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña (ICGC), las tareas de gestión y de mantenimiento de la base recayeron sobre este último. Estas tareas se enmarcan dentro de los trabajos que

el ICGC realiza para *estudiar y evaluar los riesgos geológicos o asociados, incluido el riesgo de aludes; su previsión, prevención y mitigación*, funciones que le son propias por la Ley 19/2005, de 27 de diciembre, de creación del IGC de la Generalitat de Catalunya.

La base LLISCAT original tenía 263 fenómenos introducidos que se han adaptado al nuevo modelo de datos y se han cartografiado vectorialmente. Desde mediados de 2016 hasta la actualidad, se han introducido 382 movimientos que corresponden a 341 fenómenos.

El objetivo final es facilitar la accesibilidad a la información a las distintas administraciones y organismos oficiales, a la comunidad científica, técnica y profesional, y a los ciudadanos en general y proporcionarles información de base para la mejora de las políticas de planificación y ordenación del territorio existentes, así como para abordar nuevas estrategias en la prevención, protección y corrección frente a los movimientos del terreno.

2. REQUISITOS DEL MODELO DE DATOS

La incorporación de las nuevas necesidades detectadas respecto al modelo original, así como la implementación de la componente espacial, la evolución de las nuevas tecnología y el cumplimiento de la directiva europea INSPIRE “*Infrastructure for Spatial Information in Europe*” (2007/2/CE de 14 de marzo de 2007), son los factores principales que han contribuido a la nueva versión del modelo de datos.

Para diseñar el nuevo modelo se ha realizado un análisis exhaustivo del modelo original con el objetivo de detectar, por una parte, las carencias existentes, y por otra, analizar cómo incorporar las nuevas necesidades. En este análisis también se han identificado los requisitos del sistema, se ha definido la estructura física y lógica más adecuada, así como las necesidades de almacenamiento, gestión y representación de los datos. No es motivo de este trabajo realizar una descripción exhaustiva de todas ellas, pero se presentan, de forma sintética, las que se consideran más significativas porque han supuesto una mejora importante en el almacenamiento de los datos.

Respecto a las principales necesidades detectadas, con el objetivo de poder incorporar información sobre hundimientos (subsidiencias y colapsos) se han ampliado los tipos de fenómenos, pasando de ser una base de datos de deslizamientos a ser una base de datos de movimientos del terreno. Por otra parte, para recoger las reactivaciones de un mismo fenómeno y toda su información asociada, tanto alfanumérica como cartográfica, el modelo permite almacenar entidades múltiples (Figura 2).

La implementación de entidades múltiples en otros campos de información permite que se puedan recoger datos relacionados con los elementos expuestos y el grado de afectación que cada uno de ellos ha sufrido, así como las diferentes litologías y coberturas del suelo

afectadas, diferentes tipos de instrumentación instalada, etc. Una nueva información que se ha incorporado ha sido el de la profundidad de la superficie de rotura, fruto de la participación en el proyecto “SMuCPHy” (Hürlimann et. al, 2017).

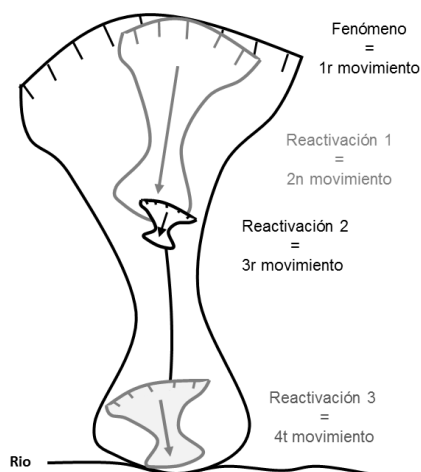


Figura 2. Esquema de las reactivaciones (Fenómeno respecto movimiento).

Con el objetivo de realizar una explotación eficiente de los datos se han homogeneizado criterios y creado diccionarios de términos para clasificar la información. En total se han creado 22 tablas diccionario, de la cuales destacamos las siguientes:

- Diccionario de las unidades morfoestructurales, simplificación de las unidades de relieve del Atlas geológico de Cataluña (IGC-ICC, 2010), escogido porque los límites geográficos de cada unidad están perfectamente definidos.
- Diccionario de las causas del movimiento, que permite clasificar si las causas que lo han desencadenado han sido por factores condicionantes, ligados a las propiedades físicas y resistentes de los materiales, o a factores desencadenantes, tanto antrópicos como naturales.
- Diccionario de indicadores de actividad, que permite escoger entre un listado de elementos de actividad o rasgos geomorfológicos identificados en el trabajo de campo.
- Diccionario del estado actual del movimiento, para el cual se ha escogido la clasificación propuesta por Glade et al. (2005) y Mather et al. (2003).
- Diccionario de velocidad del movimiento, para el cual se ha escogido la clasificación de velocidades propuesta por Cruden y Varnes (1996).
- Diccionario de las litologías involucradas, formado por las 1047 litologías contempladas en la cartografía geológica 1:50.000 existente para todo el territorio catalán (IGC-ICC, 2010).
- Diccionario de las cubiertas del suelo creado por el Centre Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF, 2005-2007).

Un aspecto interesante a destacar ha sido cómo almacenar las referencias bibliográficas, permitiendo recoger múltiples referencias para cada uno de los registros. El objetivo es crear una bibliografía completa de los movimientos de terreno y poder seguir la trazabilidad de los documentos que han contribuido a su conocimiento.

Con el objetivo que las bases de datos entre los estados miembros de la Comunidad Europea sean compatibles e interoperables en un contexto comunitario transfronterizo, la Directiva INSPIRE establece unas reglas de ejecución comunes y específicas en diferentes áreas, entre ellas, en los metadatos, conjuntos de bases de datos, servicios de datos espaciales, etc. En esta línea, como requisitos específicos se han implementado todos aquellos que la Guía Técnica de zonas de riesgos naturales (<http://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892>) propone como obligatorios y opcionales, adaptando el modelo de datos a los requisitos marcados por la Directiva.

Una de las novedades más importantes de LLISCAT ha sido la incorporación de la componente espacial, permitiendo integrar la cartografía a la parte alfanumérica. La implementación de esta componente se ha diseñado para poder almacenar diferentes y múltiples geometrías vectoriales (puntos, arcos y polígonos).

3. EL MODELO DE DATOS

El nuevo modelo de datos se ha estructurado en tres niveles de información jerarquizada para facilitar su gestión y consulta (Ramisa, 2016). De esta manera la información de cada reactivación se relaciona con un código jerárquicamente superior del nivel “Fenómeno”. Esta estructura permite almacenar información alfanumérica de diferentes reactivaciones así como las cartografías con múltiples geometrías (Figura 3).

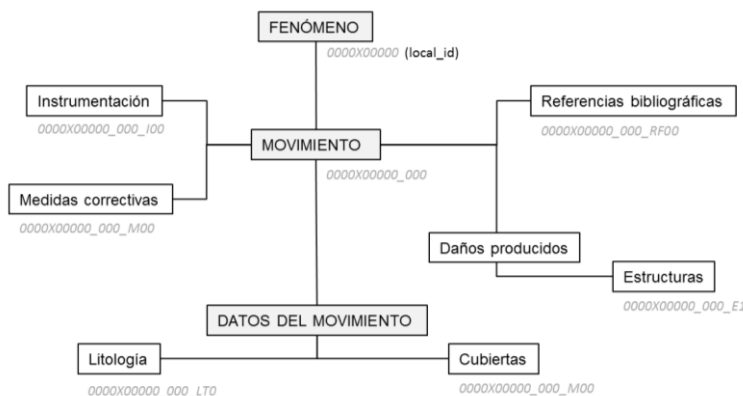


Figura 3. Modelo de datos conceptual.

El primer nivel, denominado “Fenómeno”, incluye datos sobre la localización del fenómeno, el tipo, el periodo de actividad, las reactivaciones conocidas y los campos obligatorios y recomendados por la Directiva INSPIRE, entre otros. El segundo nivel, “Movimiento”,

permite almacenar información de todas la reactivaciones conocidas, así como el tipo y fecha de la reactivación, las causas que lo han desencadenado, la profundidad de la rotura, las afectaciones o daños que ha producido, si el movimiento se ha instrumentado, las medidas correctivas realizadas, así como las referencias bibliográficas, e imágenes y esquemas representativos. En el tercer nivel, “Datos del movimiento”, se almacenan datos específicos que recogen información referente a sus dimensiones, actividad, y a las litologías y cubiertas del suelo involucradas. En la Figura 4 se muestra el modelo de datos, con todas las relaciones entre las tablas diccionarios y su cardinalidad.

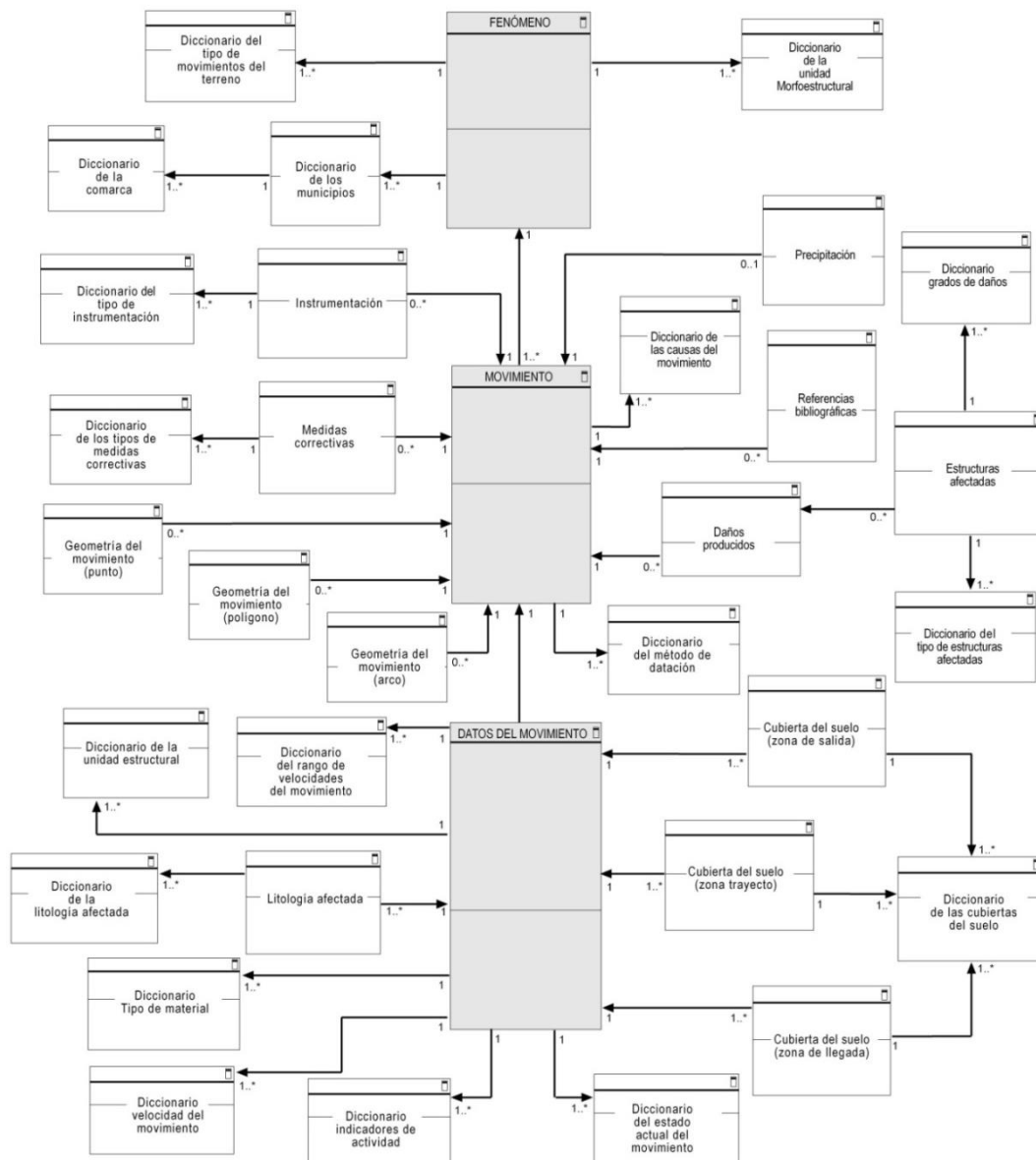


Figura 4. Modelo de datos simplificado de la base LLISCAT.

Los datos espaciales se estructurarán en tres tablas, una para cada geometría (punto, polígono y arco). Para garantizar la coherencia de la codificación y de la simbolización de la información geográfica entre los diferentes productos del ICGC ésta se realiza siguiendo las especificaciones técnicas de la Base de datos del Mapa para la Prevención de Riesgos Geológicos 1:25.000 (ICGC, 2016).

4. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

Actualmente el sistema está formado por dos niveles en un entorno cliente-servidor (Figura 5). El tercer nivel, para que los usuarios puedan consultar la información, está actualmente en proceso de desarrollo. El Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) almacena toda la información y establece el modelo lógico del propio Sistema de Información Geográfico (SIG), permitiendo almacenar los datos con componente geográfico (georreferenciados). El aplicativo de escritorio permite la edición y creación de los datos alfanuméricos así como la explotación, extracción de datos y elaboración de informes.

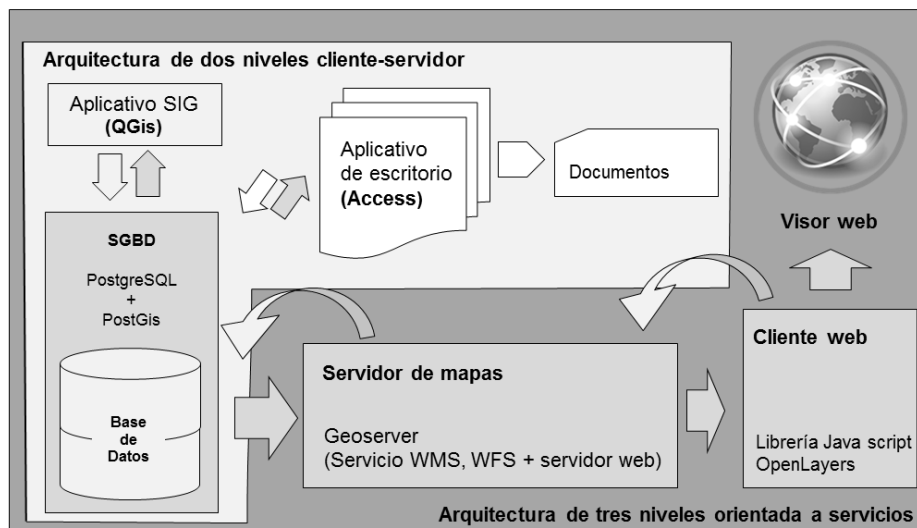


Figura 5. Arquitectura de tres niveles orientada a servicios.

Según esta configuración, el modelo de datos de LLISCAT se ha implementado en una base de datos PostgreSQL con el módulo PostGIS, siendo éste último quien aporta las funcionalidades espaciales a la base de datos.

La introducción y consulta de la información se ha realizado mediante dos interfaces basadas en dos herramientas de escritorio, por un lado Microsoft ACCESS que ha permitido crear de manera rápida una serie de formularios de entrada para el almacenamiento, consulta y actualización de la información alfanumérica (Figura 6), y por otro lado, QGIS para la creación, actualización y visualización de la información espacial.

FENOMEN		LOCALITZACIÓ	
Local_id:	6523e0003	Topònim:	Puigercós
Nom:	Puigercós	Municipi:	Tremp
Situació:	Turonet uns kilòmetres al Sud de Tremp (marge dret de la Noguera Pallaresa), limitat al Sud pel Barranc de l'Esposa.	Codi municipal:	252347
Primer moviment:	01/05/1857	Codi comarcal:	25
Últim moviment:	31/12/1889	Comarca:	Pallars Jussà
Name space:	legc.lliucat		
Unitat morfoestructural:	Prepirineus		
Specific hazard value:	Lliscament translacional		
Description:	Translational slide		
Natural hazard category:	landslide		

"En el cas de desconèixer amb exactitud la tipologia del fenomen, cal introduir la categoria genèrica que en el llistat és diferència amb majúscules"

Figura 6. Formulario de entrada de los datos referentes al fenómeno.

El aplicativo de escritorio, para la entrada de los datos alfanuméricos está formado por 13 formularios. En la Tabla 1 se presenta la estructura de los formularios de entrada, en función de los tres niveles de información en los que se ha jerarquizado el modelo de datos, y sus diccionarios asociados.

En la Figura 7 se presenta, a modo de ejemplo, el interfaz gráfico SIG desarrollado para la incorporación de las componentes geométricas de la base de datos. En la parte inferior izquierda se puede observar cómo se han estructurado las geometrías, así como el listado de códigos y de simbologías a utilizar. En el centro de la imagen se puede observar la cartografía de uno de los fenómenos inventariados. En este caso particular se presenta la cartografía de un deslizamiento, compuesta por los dos tipos de geometrías, que marcan la cicatriz y la trayectoria (arcos) y el depósito del material movilizado (polígono).

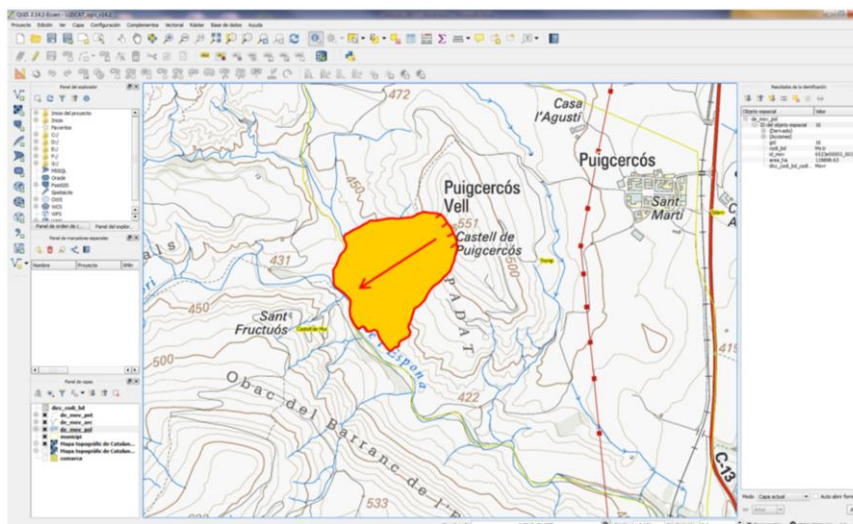


Figura 7. Aplicativo de escritorio de la parte cartográfica.

Niveles de información	Formularios	Diccionarios
A. Fenómeno	Fenómeno	A.1. Unidad morfoestructural A.2. Tipo de movimientos del terreno: INSPIRE A.3. Tipo de movimientos del terreno “Natural hazard category: INSPIRE” A.4. Topónimo (41.119 Topónimos) A.5. Municipio A.6. Comarca
B. Movimiento	Movimiento	B.1. Causas del movimiento B.2. Font de datación B.3. Profundidad superficie de rotura A.3. Tipo de movimientos del terreno “Natural hazard category: INSPIRE”
	Precipitación	
	Daños causados	
	Estructuras dañada	B.4. Estructuras afectadas B.5. Clases de daños
	Instrumentación	B.6. Instrumentación
	Medidas correctivas	B.7. Medidas correctivas
	Referencia bibliográfica	
C. Datos del movimiento	Datos del movimiento	C.1. Indicador de actividad C.2. Estado actual del movimiento C.3. Velocidad del movimiento C.4. Volumen de la masa movilizada C.5. Tipos de material afectado C.6. Época geológica del material
	Litología afectada	C.7. Litología afectada – epígrafe (1:50.000).
	Cubierta del suelo en la zona de salida	C.8. Cubiertas del suelo
	Cubierta del suelo en la zona de trayecto	
	Cubierta del suelo en la zona de llegada	

Tabla 1. Estructura de los formularios de entrada de datos i sus diccionarios asociados en función de los tres niveles de información.

5. CONCLUSIONES

Se presenta una base de datos que almacena, gestiona y facilita el acceso a la información sobre el inventario de movimientos del terreno en Cataluña.

El inventario permite crear el catálogo de fenómenos completo en el tiempo y en el espacio, con los parámetros necesarios para realizar evaluaciones de la peligrosidad frente a los distintos tipos de movimientos del terreno y el impacto socioeconómico que producen sobre

el territorio.

LLISCAT proporciona información de base para realizar mejores políticas de planificación y ordenación del territorio, así como para abordar nuevas estrategias en la prevención, protección y corrección frente a los movimientos del terreno.

Dos de las novedades más importantes incorporadas a la nueva versión de LLISCAT han sido, por una parte, poder almacenar las distintas reactivaciones que se produzcan de un fenómeno, permitiendo diferenciar los diferentes eventos. Y por otra, la incorporación de la componente espacial multielemento, permitiendo conectar la parte alfanumérica a la cartografía.

Se ha adaptado el modelo de datos a los requisitos marcados por la directiva INSPIRE para que LLISCAT sea compatible e interoperable en un contexto comunitario europeo y transfronterizo.

LLISCAT se ha implementado sobre un sistema de gestión de bases de datos relacionales orientadas a objetos, y de código libre PostgreSQL con PostGIS. El acceso a la información se ha realiza mediante dos interfaces basados en herramientas de escritorio que se conectan con la base de datos del servidor. El tercer nivel, orientado a servicios, está en proceso de implementación.

Actualmente la base de datos LLISCAT cuenta con 381 movimientos registrados que corresponden a 341 fenómenos.

REFERENCIAS

- CREAF (2005-2007). Mapa de cubiertas del suelo. Centre Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals.
- Cruden, D.M. Y Varners, D.J. (1996). Landslide types and processes. En: Landslides. Investigation and mitigation. Turner and Schuter Eds. Special rep. 247. Trans. Reserarch Board. Nat Academy Press. U.S.A. Chapter 3.
- Glade, T.; Anderson, M.; Crozier, M. (Eds.) (2005) Landslide hazard and risk. John Wiley & Sons.
- González, M., Pinyol, J. y Oller, P. (2016). The geological multi-hazard map of Catalonia. A user-friendly tool for land use planning and management risk. Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice – Aversa et al. (Eds) © 2016 Associazione Geotecnica Italiana, Rome, Italy, ISBN 978-1-138-02988-0. 999-1002 pp.
- Hürlimann, M., Vaunat, J., Oorthuis, R., Lloret, A., Moya, J., Puig, C., Buill, F., Nuñez, A., Romero, E., González, M., Pinyol, J., Abancó, C., Martínez, J., Raïmat, C. y Copons, R. (2017). Pérdida de suelo en laderas bajo cambio climático. Procesos físicos, modelación predictiva y posibles

- estrategias de mitigación - El proyecto de investigación “SMUCPHY”. Proceedings del IX Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Santander, Junio 2017.
- ICGC (2016). Especificaciones técnicas de la Base de dades del Mapa per a la prevenció dels riscos geològics 1:25.000 (MPRG25M) v1.0. Comissió de Coordinació Cartogràfica de Catalunya. Diciembre de 2016.
- ICGC (2015). Conveni de col·laboració DARPAMN-IGC. Inventari d'esdeveniments documentats pel Cos d'Agents Rurals. Any 2014. AP-0009/2015
- ICGC (2016). Conveni de col·laboració DARPAMN-IGC. Inventari d'esdeveniments documentats pel Cos d'Agents Rurals. Any 2015. AP-0001/2016
- ICGC (2017) Conveni de col·laboració DARPAMN-ICGC. Inventari d'esdeveniments documentats pel Cos d'Agents Rurals. Any 2016. AP-0003/17.
- IGC (2009). Informe sobre la recuperació d'informació de riscos naturals en època històrica per a la reconstrucció paleoambiental a partir de fons documentals. Núm.: AP-120/09.
- IGC (2011). Cerca d'informació de riscos geològics en fonts documentals històriques. Comarques del Berguedà, la Cerdanya, el Ripollès i la Garrotxa. Núm.: AP-067/10.
- IGC (2012). Conveni de col·laboració DARPAMN-IGC. Inventari d'esdeveniments documentats pel Cos d'Agents Rurals. Any 2011. Núm.: AP-034/12.
- IGC (2013a). Conveni de col·laboració DARPAMN-IGC. Inventari d'esdeveniments documentats pel Cos d'Agents Rurals. Any 2012. Núm.: AP-005/13.
- IGC (2013b). Recopilació i anàlisi de les dades dels projectes de cerca d'informació de riscos geològics en fonts documentals històriques. Núm.: AP-020/12.
- IGC (2014). Conveni de col·laboració DARPAMN-IGC. Inventari d'esdeveniments documentats pel Cos d'Agents Rurals. Any 2013. Núm.: AP-095/13.
- IGC-ICC, 2010. Atlas geológico de Cataluña. Institut Geològic de Catalunya-Institut Cartogràfic de Catalunya. Barcelona 2010.
- INSPIRE “Infrastructure for Spatial Information in Europe” (2007/2/CE de 14 de marzo de 2007), Guía Técnica de zonas de riesgos naturales (<http://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892>)
- Mather, A.E., Griffiths, J.S. y Stokes, M. (2003). Anatomy of a ‘fossil’ landslide from the Pleistocene of SE Spain. *Geomorphology* 50, 135-149
- Oller, P., Marturià, J., González, J. C., Escriu, J., Martínez, P. (2005) El servidor de datos de aludes de Cataluña, una herramienta de ayuda a la planificación territorial. Proceedings del VI Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Valencia, Junio 2005.

Ramisa, J. (2016). Sistema d'Informació de moviments del terreny de Catalunya (LLISCAT). Projecte del Màster de Tecnologies de la Informació Geogràfica (MTIG) Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).