

EL SERVIDOR DE DATOS DE ALUDES DE CATALUÑA, UNA HERRAMIENTA DE AYUDA A LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

OLLER FIGUERAS, Pere. Institut Cartogràfic de Catalunya
MARTURIÀ ALAVEDRA, Jordi. Institut Cartogràfic de Catalunya
GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Juan Carlos. Institut Cartogràfic de Catalunya
ESCRIU PARADELL, Jordi. Institut Cartogràfic de Catalunya
MARTÍNEZ FIGUERAS, Pere. Institut Cartogràfic de Catalunya

RESUMEN:

La realización de la cartografía de aludes en el Pirineo de Cataluña, publicada en la serie denominada “Mapa de Zonas d’Allaus”, generó un importante volumen de información. Con el fin de almacenar esta información, gestionarla y analizarla se ha creado la Base de Datos de Aludes de Cataluña. La información, fundamental, actualizada y precisa, se ha estructurado según las entidades cartográficas “zona de alud”, “encuesta” y “alud”. El siguiente paso ha sido el diseño e implementación del Servidor de Datos de Aludes de Cataluña, herramienta que hará accesible la base de datos a los usuarios. El análisis detallado y espacial de los datos ha de permitir su aplicación a la planificación territorial y la investigación, entre otras utilidades.

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento turístico experimentado en las zonas de alta montaña durante las últimas décadas ha conllevado un aumento de la edificación y de las infraestructuras asociadas. Como consecuencia, se ha incrementado la exposición a los fenómenos naturales propios de este entorno y por consiguiente, el riesgo. Las cartografías de peligrosidad y riesgo son un documento básico para la planificación y gestión del territorio. En este sentido, el Servei Geològic de Catalunya (SGC) inició en 1986 un ambicioso plan de cartografía de aludes en el

Pirineo de Cataluña. Más tarde, en 1996 ya como Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) se publicaría el primer mapa de la colección “Mapa de Zones d’Allaus” (MZA).

El MZA (figura 1) es un mapa de la susceptibilidad del territorio a ser afectado por aludes, a escala 1:25.000. Está basado en la “Carte de Localisation Probable des Avalanches” (CLPA) francesa (Pietri, 1993). En el presente año 2005 se publicarán los dos últimos mapas que faltan de una colección de 14.

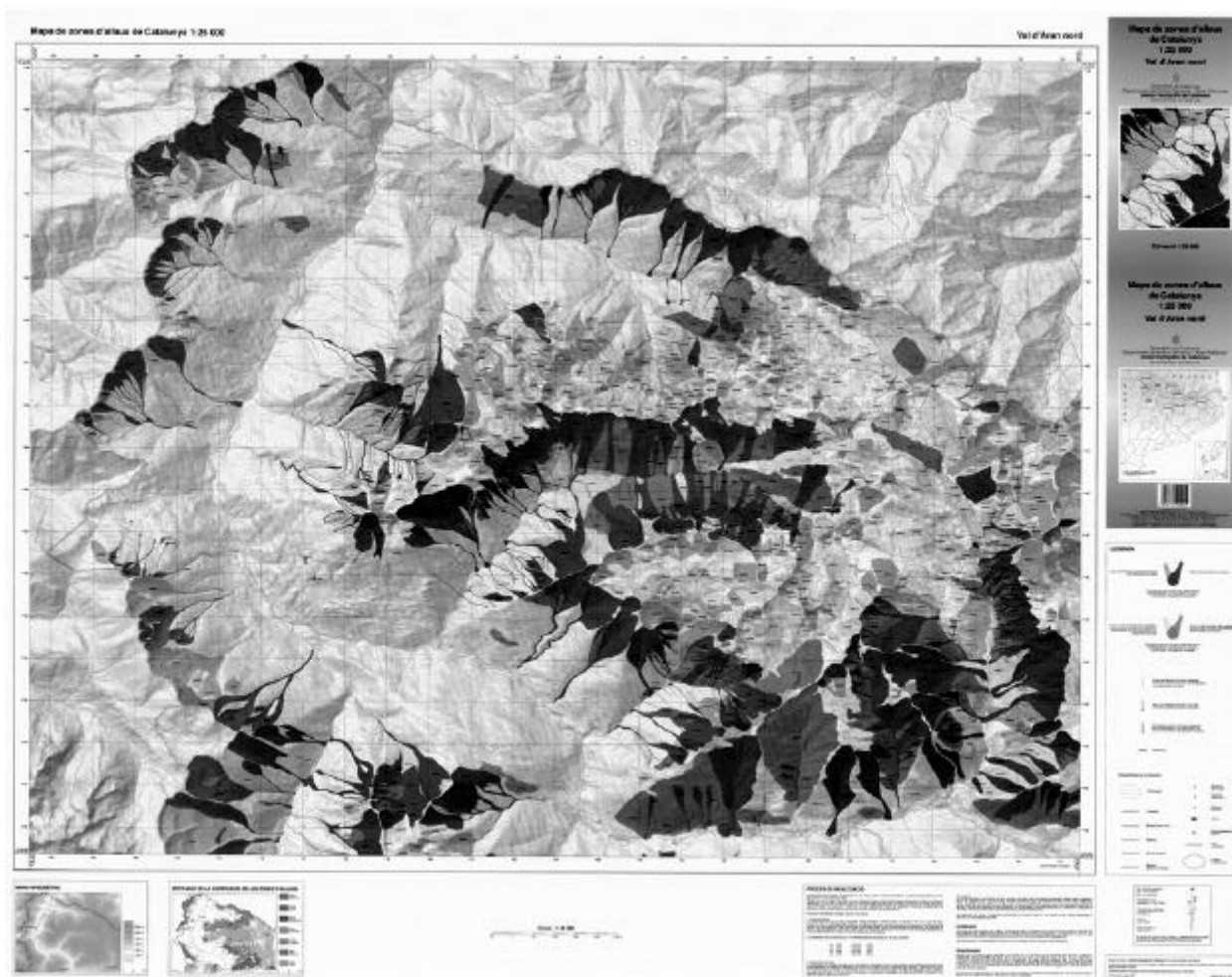


Figura 1: Primer “Mapa de Zones d’Allaus”, editado en Enero de 1997 (nº 1, “Val d’Aran nord”).

La finalización del MZA ha permitido conocer, por primera vez, la extensión del territorio afectado por aludes en el Pirineo de Cataluña (figura 2). Este territorio, de 3.704 km², tiene el 36% de la superficie (1.320 km²) afectada por aludes, o el 4% si como referencia tomamos la superficie de Cataluña (Oller et al, 2004).

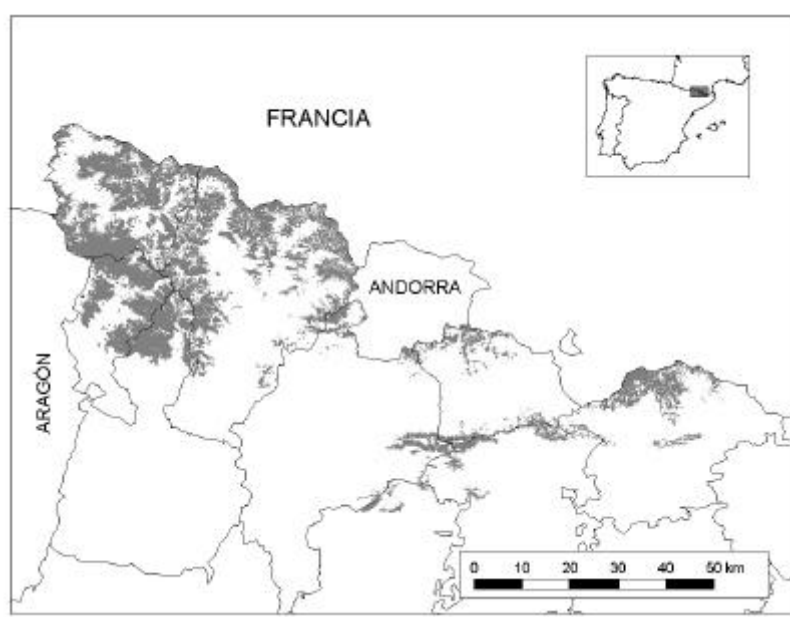


Figura 2: en gris, extensión cartografiada como susceptible de ser afectada por aludes en el Pirineo de Cataluña (36% del territorio pirenaico catalán).

El MZA es, pues, un mapa de síntesis de la información recopilada hasta la fecha de publicación, muy adecuado para la planificación a escala regional (planes urbanísticos, trazado de carreteras, planes de evacuación, etc...) pero tiene limitaciones para análisis más detallados. Detrás de estos mapas, se esconde un importante volumen de información, que aumenta temporada tras temporada con la incorporación de los nuevos eventos observados.

Con el diseño e implementación de la Base de Datos de Aludes de Cataluña (BDAC) se ha dado un importante paso para almacenar de forma ordenada y sistemática el gran volumen de información disponible y ha servido a su vez, para uniformizar criterios en la adquisición de datos. El objetivo era disponer de un sistema eficaz para la gestión, análisis y actualización precisa de la información.

2 LA BASE DE DATOS DE ALUDES DE CATALUÑA

2.1 Contenido de la base de datos

La BDAC contiene toda la información disponible referente a aludes en el Pirineo de Cataluña recogida hasta la fecha actual. Esta información se ha estructurado en base a tres conceptos:

1. Zona de alud: área del territorio expuesta a la ocurrencia de aludes que pueden tener frecuencia y dimensiones variables. Es dentro de las zonas de alud donde se producen los aludes, por lo que a cada zona le pueden corresponder un número "n" de encuestas y de aludes, en función de si han sido observados.

2. Encuesta: área del territorio donde se ha descrito la ocurrencia de un evento. La información se obtiene a partir de encuestas a la población de la zona.
3. Alud: área del territorio donde se ha observado un alud. La información se obtiene a partir de cartografía directa del evento.

La información almacenada es gráfica y alfanumérica, a cada polígono representado en la cartografía le corresponden unos atributos que describen las características físicas del elemento representado. Se añaden fotografías si están disponibles.

La información gráfica (cartografías) se ha realizado utilizando las bases digitales (ortofotomapa y topográfica) 1:5.000 de referencia del ICC (Martí et al, 2000). En la parte alfanumérica cada concepto cartográfico (zona de alud, encuesta, alud) tiene un formulario propio en base al tipo de información que se recopila.

Actualmente, la base de datos está en proceso de implementación; en la figura 3 se indica el estado actual. Como puede observarse aún queda información por incorporar, tarea que finalizará el presente año 2005.

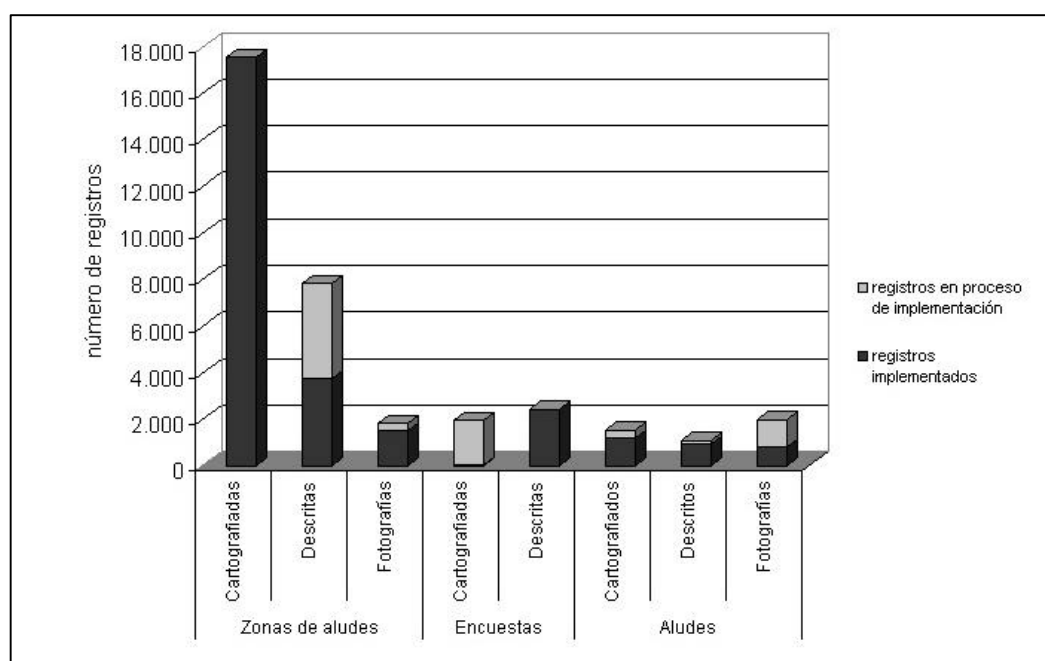


Figura 3: Estado de implementación de la BDAC (Abril 2005).

2.1.1 Registros de zonas de aludes

Las zonas de aludes se cartografían a partir de la morfología del terreno, la topografía y de los efectos que los aludes han dejado en la vegetación, especialmente en el bosque (Furdada, 1996). Se delimitan zonas por donde descienden aludes de frecuencia y dimensiones variables. Las áreas potenciales de salida de aludes pueden ser bien delimitadas de manera

semiautomática, puesto que los parámetros que controlan el desencadenamiento dependen directamente de las características del terreno y son acotables (Marturià et al, 2000). La delimitación de las zonas de trayecto y de alcance tienen un grado de precisión menor ya que no dependen solamente de las características del terreno, sino también del tipo de nieve que constituye la avalancha. La cartografía de estas zonas necesita de la identificación de los efectos del alud en la vegetación existente (bosque principalmente). Si no ésta no existe, o los rastros han quedado escondidos o han desaparecido con el paso del tiempo, la identificación se basa en las características geomorfológicas y topográficas del terreno de forma exclusiva.

Como información asociada, se especifican los datos referentes a la geomorfología, la topografía, el estado de la vegetación, las posibles infraestructuras afectadas y se adjuntan fotografías de la zona en ausencia de nieve.

2.1.2 Registros de encuestas

Las encuestas se obtienen a partir de entrevistas a los habitantes de las zonas afectadas, preferiblemente a personas de edad avanzada lo cual permite obtener información de mayor alcance temporal. Se trata de una información principalmente descriptiva, cosa que hace que no siempre sea representable cartográficamente. Ello explica que haya menos registros de cartografía (ver figura 3). La mayoría de las descripciones hacen referencia a la zona de llegada del alud, que es la que generalmente se recuerda por ser la parte que más afecta a la vida cotidiana en estos territorios. En las cartografías los límites representados son una interpretación de tales descripciones. En general, son poco precisos a causa de:

- a) imprecisión en las descripciones
- b) el testigo no recuerda con precisión los límites
- c) el testigo no tiene interés en precisar los límites o en dar la información.

La información que se recopila para cada evento descrito es variada, pero se insiste en los límites de llegada, tipo de alud, fecha de caída o intervalo temporal, frecuencia estimada y daños causados. También se están introduciendo episodios detectados por otros métodos como el análisis dendrocronológico (Muntán et al, 2004). Se incluyen datos extraídos de documentación histórica o textos escritos. Hasta la fecha, se ha profundizado poco en este campo pero es una línea de interés en el futuro.

2.1.3 Registros de aludes

Se cartografían aludes concretos (o eventos) observados. En la cartografía, si es posible, se diferencian tres partes del comportamiento dinámico del alud:

- a) límites de la parte densa del alud
- b) límites del aerosol (si lo hay) con capacidad destructiva
- c) límites del aerosol (si lo hay) sin capacidad destructiva

Se describen las características del desencadenamiento del alud, las condiciones nivel-meteorológicas previas, parámetros dinámicos y físicos del mismo, los daños causados y se adjuntan fotografías y datos nivológicos existentes.

Mientras que en la zona de alud y en la encuesta el número de registros está limitado por la información obtenida básicamente durante la realización del MZA, en el caso de los registros de aludes hay una tarea continua de seguimiento y cartografía, temporada tras temporada, de manera que el número de registros se incrementa en función de la actividad observada.

El origen de estos datos proviene de fuentes diversas, lo cual puede condicionar la calidad de los mismos. La calidad no sólo depende de la precisión con que han sido tomados, sino también del estado de conservación del alud en el momento de la observación. Todo ello hace que esta información sea heterogénea en calidad y en precisión.

Cabe destacar que la popularización de la fotografía digital ha provocado un notable incremento en la cantidad y la calidad de la información recibida.




Informe		Page 1 of 2	
SERVEI GEOIOLÒGIC DE CATALUNYA INSTITUT CARTOGRAFIC DE CATALUNYA			
			
INFORME D'OBSERVACIÓ		Vall: Núria	Codi Zona: NUR127
D'ALLAU		Temporada: 1998	Número: 02
		Codi:	Codi:
		Altur: NUR127199502	
DADES DE L'OBSERVACIÓ			
Observador:	CARLES GARCIA	Etapa del treball:	0
Alta del lloc:	0	Tipus d'observació:	PROVA DE TÈCNIC
DADES DE CAIGUDA DE L'ALLAU			
Data i hora:	02/06/98	Hora local:	07:00:00
Temperatura:	16.0	Intensitat del vent:	0
Humiditat:	80	Velocitat del vent:	0
DADES DE L'ALLAU			
Tipus de l'allau:	Albu de pujada	Amplitud total de l'abocament:	40
Superfície d'abocament:	Albu de pujada	Grada de l'abocament:	1.0
Tipus de lloc:	0	Longitud:	0
Desplaçament del lloc:	0	Grada de l'abocament:	40
Tipus de lloc:	0	Grada de l'abocament:	0
MORFOLOGIA DE L'ALLAU			
Zona de l'abocament:	Vegetació densa	Tipus de l'abocament:	0
Zona de l'abocament:	0	Tipus de l'abocament:	0
Zona de l'abocament:	0	Tipus de l'abocament:	0
Zona de l'abocament:	0	Tipus de l'abocament:	0
DADES DELS AFECTATS PER L'ALLAU			
Nº d'habitants afectats:	0	Nº d'habitatges afectats:	0
Nº d'habitatges afectats:	0	Nº d'habitatges afectats:	0
Nº d'habitatges afectats:	0	Nº d'habitatges afectats:	0
Nº d'habitatges afectats:	0	Nº d'habitatges afectats:	0
Nº d'habitatges afectats:	0	Nº d'habitatges afectats:	0
Nº d'habitatges afectats:	0	Nº d'habitatges afectats:	0
DADES DE L'OPERACIÓ DE RESCAT			
Tipus de rescat:	0	Temps de rescat:	0
Tipus de rescat:	0	Temps de rescat:	0
Tipus de rescat:	0	Temps de rescat:	0
RESUM INFORMATIU			
Nº Reg. Observat (1. Aboc.):	0	Nº Reg. Observat (2. Aboc.):	0
Nº Reg. Observat (3. Aboc.):	0	Nº Reg. Observat (4. Aboc.):	0
BESSENYA GRÀFICA			
			

Figura 4: Documentación generada por la BDAC: informe correspondiente al alud NUR127199502.

2.2 Estructura de la base de datos

El concepto de la BDAC como herramienta para el almacenamiento y gestión del gran volumen de datos de aludes generado, impone la definición de un diseño del modelo de datos que sea capaz de resolver con éxito retos como los que remarcamos a continuación:

1. Permitir registrar cualquier tipo de información recogida mediante los procedimientos explicados en el apartado anterior (encuestas, observaciones, etc.)
2. Reflejar la jerarquía existente entre las distintas informaciones.
3. Eliminar cualquier posible duplicidad de información.
4. Facilitar el análisis, tanto estadístico como espacial, del fenómeno a partir de la información almacenada.

Partiendo de las necesidades planteadas, se diseñó un modelo relacional de base de datos que cuenta con un total de 65 tablas y cuya simplificación jerárquica podemos observar en la figura 5.

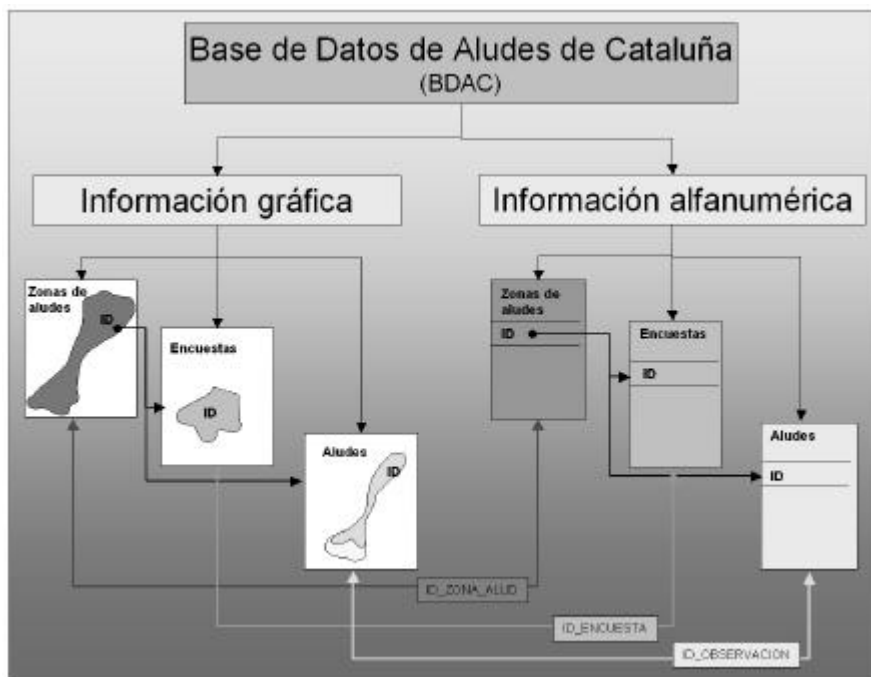


Figura 5: Esquema de la estructura de la BDAC.

Esta estructuración jerárquica se sustenta en el establecimiento de dos tablas principales, zonas de aludes y aludes, que disponen del sistema de codificación que reflejamos a continuación:

1. Identificador de una zona de alud (AIR003): está compuesto por un total de seis caracteres:
 - o 1..3: identifican el valle en el que se encuentra dicha zona (AIR, Airoto).

- 4..6: identifican cada una de las zonas existentes en ese valle (003, zona número 3).
- 2. Identificador de un alud (AIR003200301): se compone de un total de doce caracteres:
 - 1..6: identifican la zona de alud en la que se ubica (AIR003).
 - 7..10: identifican la temporada en la que se ha producido (2003, entendiendo que la temporada comienza en otoño de 2003 y concluye en primavera de 2004).
 - 11..12: identifican cada uno de los aludes provocados en dicha temporada y zona de alud (01, primer alud de la temporada 2003 en la zona especificada).

A partir de estos identificadores se articulan un conjunto de 26 tablas, como por ejemplo la de encuestas y la de víctimas, enlazadas mediante estos códigos a las principales (ver figura 6).

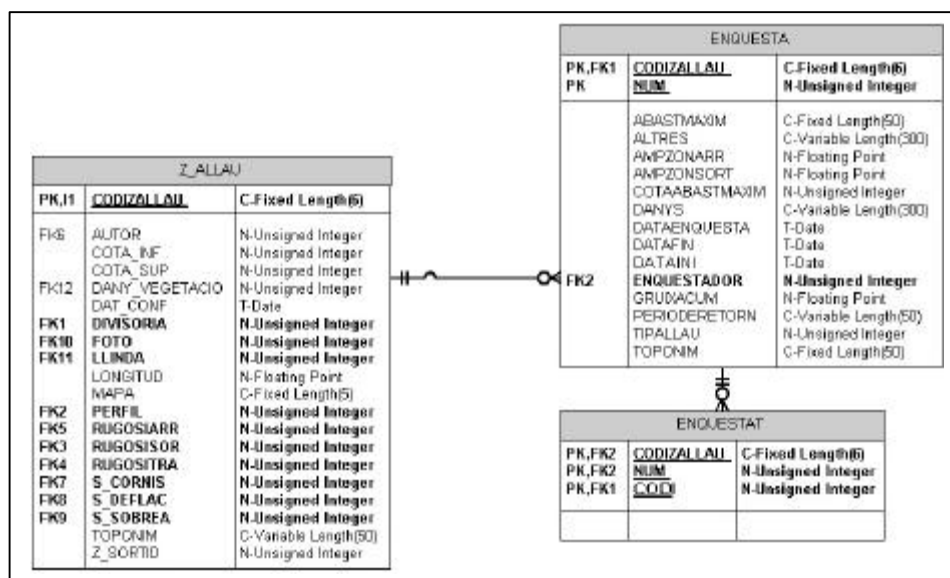


Figura 6: Ejemplo de vinculación entre la tabla principal de zonas de aludes y la de encuestas.

Además, contamos con un total de 37 tablas que se han creado para recoger los valores válidos de los diferentes atributos (diccionarios), y un ejemplo es la que recoge los diferentes tipos de desplazamiento de la nieve en el alud (alud de flujo denso, alud de nieve polvo con aerosol, alud mixto).

3 EL SERVIDOR DE DATOS DE ALUDES DE CATALUÑA

El Servidor de Datos de Aludes (SDA) es un sistema concebido para realizar todo el proceso de gestión (altas, bajas y modificaciones) de la información a almacenar en la BDAC, así como su consulta y análisis. El objetivo fue, consecuentemente, desarrollar una interficie fácilmente operable para hacer accesible y consultable toda la información que los diferentes

perfiles de usuarios (investigadores, empresas, administración, etc...) pudieran demandar, sin tener necesariamente profundos conocimientos en tecnologías de la información (IT).

La respuesta a estas necesidades se ha articulado mediante el desarrollo de una interficie Web que el usuario puede utilizar haciendo uso, simplemente, de un navegador de Internet. Como soporte a esta aplicación Web, ha sido necesario poner en funcionamiento toda una arquitectura informática que, en términos de IT, se compone de tres niveles (figura 7):

- a) Capa de datos: compuesta por los programas que soportan el almacenamiento de información gráfica y alfanumérica con las características reseñadas a lo largo del presente artículo. En nuestro caso, la tecnología empleada ha sido la de Oracle 9i y el *middelware* ArcSDE 8.3; este último permite el almacenamiento de estructuras vectoriales cartográficas sobre Oracle.
- b) Capa de aplicaciones: integra el software que hace posible el acceso a toda la información gestionada por la BDAC para un amplio rango de clientes y compuesta, en nuestro caso, por un servidor Web (Sun One Web Server 6.0) y por el servidor de cartografía a través de Internet ArcIMS 4.1.
- c) Capa de clientes: engloba los diferentes tipos de aplicaciones que los usuarios pueden utilizar para acceder a la información. En este caso hemos establecido una diferenciación entre los usuarios encargados de realizar la gestión y consulta de datos, que utilizarán la aplicación Web desarrollada, y aquellos que requieran herramientas de análisis, siendo en este caso aplicaciones SIG como ArcView o Arc/INFO las empleadas.

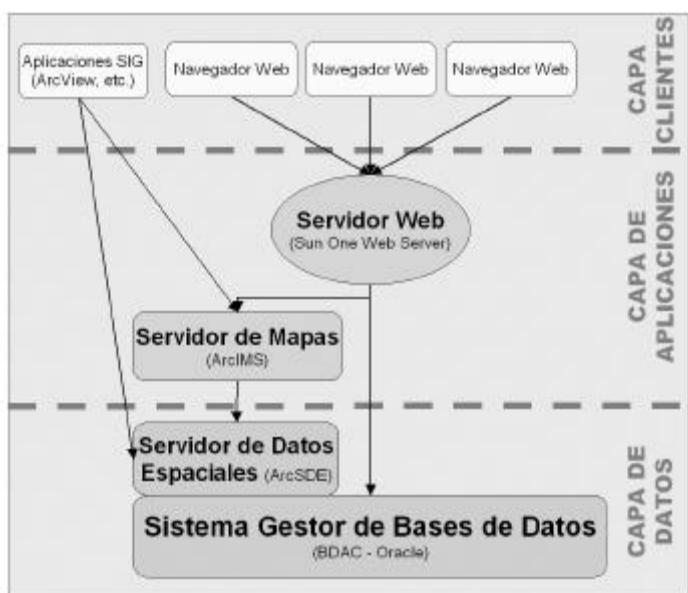


Figura 7: Arquitectura del servidor de datos de aludes

Esta arquitectura que acabamos de presentar se muestra como una sólida plataforma que proporciona seguridad, disponibilidad y escalabilidad.

4 EXPLOTACIÓN DE LA BASE DE DATOS

A partir del momento en que disponemos del repositorio de datos de aludes se abre un amplio abanico de aplicaciones que servirán para ampliar el conocimiento existente sobre este proceso y su caracterización dinámica.

Para la explotación de la base, se han configurado dos perfiles de usuario básicos con unos privilegios propios (figura 8):

1. usuario externo: cualquier usuario externo. Puede hacer consultas a nivel local: extraer información de cada una de las zonas de alud, así como listados zona por zona. Tiene también la posibilidad de hacer búsquedas sencillas. Algunos datos confidenciales no serán consultables para este usuario. Podrá incorporar a la BDAC nuevas observaciones de aludes, que serán validadas previamente.
2. usuario interno: personal del SGC-ICC: tiene, además de los privilegios del usuario externo, la posibilidad de tratar la información a nivel espacial, y hacer análisis estadístico avanzado.

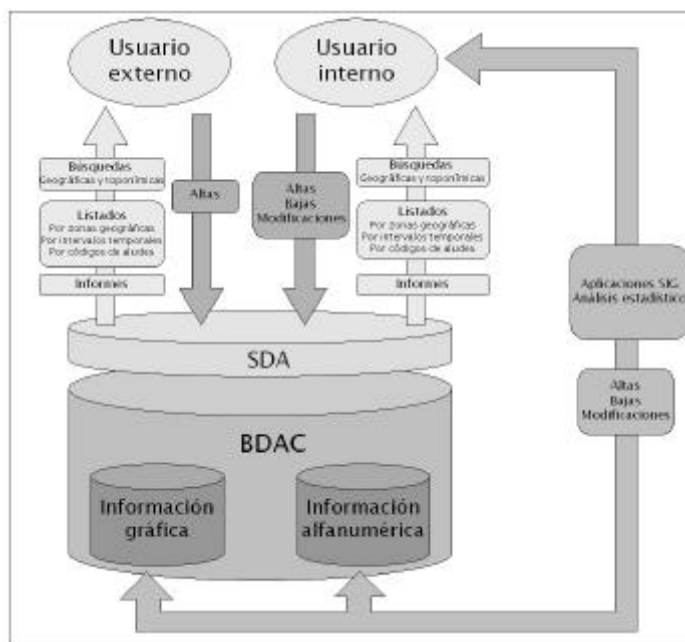


Figura 8: Esquema de la relación usuario-servidor

El análisis de los datos permitirá al usuario realizar estudios de peligrosidad y riesgo, aplicados a la planificación territorial (zonificación), así como en el campo de la modelización del proceso y de la investigación científica. Estudios de peligrosidad en carreteras y zonas urbanas o urbanizables, gestión de estaciones de esquí, sistemas de alerta, etc, son ejemplos de las aplicaciones más usuales.

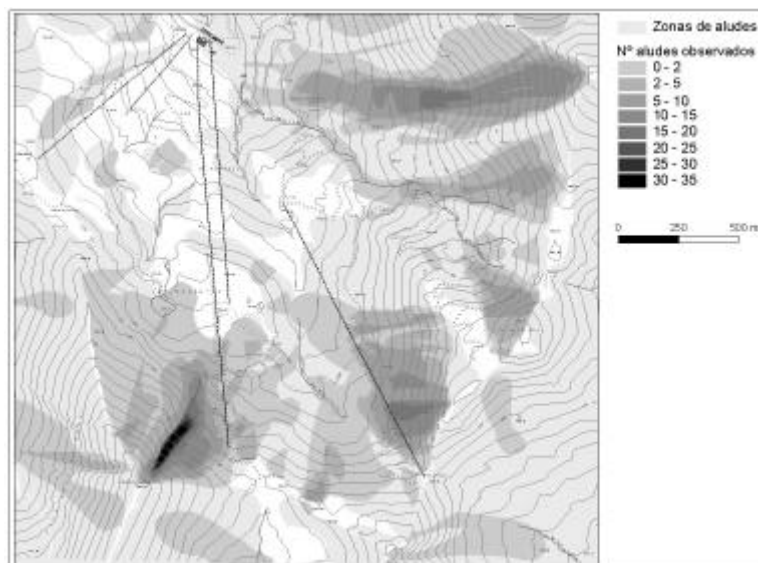


Figura 9: Ejemplo de aplicación de la información de la base de datos en una estación de esquí, con un buen seguimiento de la actividad de aludes en las tareas de control preventivo (desencadenamiento artificial). Se trata de un mapa de inventario que podría aproximarse a un mapa de frecuencias, cuanto más intenso es el gris, más superposición de aludes observados. Este documento tiene diversos usos en una estación de esquí, como por ejemplo la concepción de un Plan de Intervención y desencadenamiento de Aludes (PIDA), trazado de pistas, ubicación de remontes, edificación, etc...

5 CONCLUSIONES

El Mapa de Zonas de Aludes ha demostrado ser un documento fundamental para la planificación territorial a escala regional, no obstante, presenta ciertas limitaciones en el análisis de la peligrosidad y el riesgo puesto que carece del detalle necesario.

La Base de Datos de Aludes, creada con la finalidad de almacenar, gestionar y analizar la información, es el sistema adecuado para contribuir a la gestión de los territorios de alta montaña.

La información contenida en la Base de Datos de Aludes de Cataluña, fundamental, actualizada y precisa, es indispensable en cualquier estudio de peligrosidad y riesgo.

El Servidor de Datos de Aludes no sólo es la aplicación que facilita al usuario la consulta y descarga de la información así como análisis básicos, sino que además, le permite la incorporación de nuevos datos a la base. Ello conlleva una eficaz actualización de la base de datos y contribuirá a ir complementando el conocimiento del fenómeno de aludes en el Pirineo.

6 BIBLIOGRAFÍA

Furdada, G. (1996): "Estudi de les allaus al Pirineu Occidental de Catalunya: predicció espacial i aplicacions a la cartografia". Geofoma ediciones, Logroño. 315 pp.

Martí, G., Oller, P., García, C., Martínez, P., Roca, A., Gavaldà, J. (2000): “The avalanche paths cartography in the Catalan Pyrenees”. High Mountain Cartography 2000, KB 18, TU Dresden. P. 259-264.

Marturià, J.; Oller, P.; de Paz, A.; Martí, G. (2000): “Automatic Avalanche Mapping for Large Areas”. Proceedings of the third congress on regional cartography and information systems. Munich (Bavaria-Germany), 24–27 Octubre 2000. P. 199-202.

Muntan, E.; Andreu, L.; Oller, P.; Gutiérrez, E.; Martínez, P (2004): “Dendrochronological study of the avalanche path Canal del Roc Roig. First results of the ALUDEX project in the Pyrenees”. Annals of Glaciology. V. 38. P. 173-179.

Oller, P.; Marturià, J.; González, JC.; Muntan, E.; Martínez, P.: “La cartografia d’allaus i la seva aplicació en la prevenció del risc”. I Jornada Tècnica de Neu i Allaus. Barcelona, 16 de Júnio de 2004. P. 16-20.

Pietri, C. (1993): Rénovation de la carte de localisation probable des avalanches. Revue de Géographie Alpine n°1. P. 85-97.

7 AGRADECIMIENTOS

Desde estas líneas agradecemos a todas las personas y organismos que han colaborado y colaboran en la toma de datos: montañeros, Agentes Rurales de la Generalitat de Catalunya, Red de Observadores del SGC-ICC-SMC, Bomberos de la Generalitat de Catalunya y Pompier d’Aran y técnicos del Conselh Generau d’Aran.