

LA DEFENSA CONTRA LOS RIESGOS NATURALES. EL EJEMPLO DE LOS ALUDES DE NIEVE

The defence against the geological natural hazards. The example of snow avalanches

Montserrat Mases (*)

RESUMEN

Actualmente en los países más avanzados existen numerosas técnicas para prevenir o protegernos de los riesgos naturales, algunas de ellas implican novedosos procesos tecnológicos.

Podemos protegernos de los riesgos naturales con diferentes mecanismos, por ejemplo impidiendo que se desencadenen (defensa activa) o protegiéndonos cuando el proceso ya se ha desencadenado (defensa pasiva). La protección puede ser asumida a nivel social (gobiernos nacionales o locales), o bien a nivel personal con el conocimiento de normas de autoprotección.

En éste artículo presentamos el ejemplo de los aludes, que puede ser aplicado a otros riesgos, veremos el conjunto de posibilidades de protección y como en cada caso particular debemos escoger la más adecuada (realizamos una práctica al respecto). El proceso de “escoger” nos puede llevar hacia un buen conocimiento del fenómeno y hacia una reflexión sobre la desmesurada expansión de nuestras infraestructuras en el medio natural.

ABSTRAT

Nowadays in the most advanced countries numerous technologies exist to anticipate or to protect ourselves from the natural hazards, some of them imply new technological processes.

We can protect ourselves from the natural hazards using different mechanisms, for example preventing their unleashing (active fences) or protecting us when the process already has freed itself (passive fences). The protection can be assumed at the social level (national or local governments), or at the personal level with the knowledge of procedure of self-defence.

In this article we present the example of the avalanches, which can be applied to other risks, we will see the protection possibilities and how in every particular case we must choose the most suitable.

The process of “choosing” can take us towards a good knowledge of the phenomenon and towards a reflection on the enormous expansion of our infrastructures in the nature.

Palabras clave: riesgos naturales, aludes, normas de autoprotección, prevención contra los riesgos

Keywords: Natural hazards, snow avalanches, auto protection norms, prevention against the avalanches

INTRODUCCIÓN

“Hallan muerto bajo un alud al esquiador burgalés desaparecido el martes en Valdezcaray (La Rioja)”, “El alud de Arinsal puede causar centenares de millones de pesetas en pérdidas”, “Aumentan a más de 100 los muertos por alud. Las autoridades temen que se den nuevos desprendimientos de un glaciar en Osetia del Norte”, éstos son tres titulares aparecidos en la prensa en los últimos años, desgraciadamente titulares de este tipo son frecuentes en los periódicos (Fig. 1).

El número de víctimas y pérdidas económicas, debidas a los riesgos naturales, aumenta a medida que nuestras sociedades van ocupando cada vez más

territorio, los aludes son un ejemplo claro, zonas que tradicionalmente estaban dedicadas exclusivamente a actividades estivales en la actualidad se ocupan en invierno ya sea con infraestructuras permanentes o temporales. En los últimos 10 años en el Pirineo español se han contabilizado un total de 97 víctimas por aludes (Datos proporcionados por el Instituto Cartográfico de Catalunya).

Convivimos con el riesgo, no sólo de aludes, y tenemos que ser conscientes de ello. Ya desde la infancia es importante que conozcamos su presencia y sepamos aplicar unas mínimas normas de autoprotección que, en determinadas circunstancias, pueden incluso salvarnos la vida. El aula es un lugar idóneo para tratar este tema.

(*) Centre de Recerca en Ciències de la Terra (CRECIT). Av. Rocafort 21-23. AD600 Sant Julià de Lòria. Principat d'Andorra. E-mail: crecit@andorra.ad

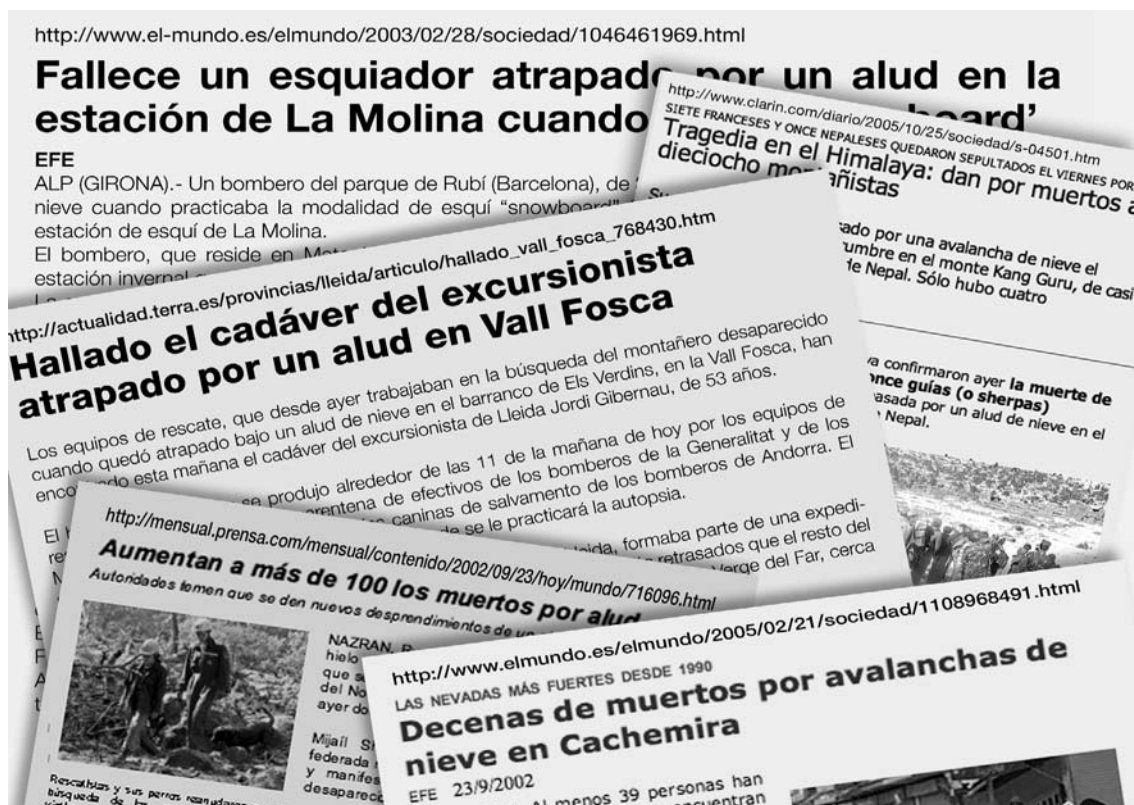


Fig. 1. Noticias de prensa relacionadas con aludes.

¿QUÉ ES UN ALUD?

Cuando en el manto nivoso las fuerzas motrices (componente del peso paralela a la vertiente) superan las fuerzas de resistencia (rozamiento, cohesión, etc.), se produce una inestabilidad del manto nivoso, y se desencadena un alud. De esta manera, se define un alud como una porción de masa del manto nivoso que se pone en movimiento por ruptura de un equilibrio entre las fuerzas resistentes y las fuerzas motrices (Vilaplana, 1989).

En otras palabras, un alud es un volumen importante de nieve que desciende, cargado normalmente con rocas, vegetación y partículas de suelo.

ALUD Y ZONA DE ALUDES

No debemos confundir nunca un alud (ya definido) con una zona de aludes (término muy utilizado por los expertos). Una zona de aludes es una superficie topográfica sobre la cual se producen aludes de forma periódica. Los aludes no siempre ocupan toda la zona de aludes.

Una zona de aludes se subdivide en tres partes (Fig. 2):

Zona de salida. En Esta zona la nieve se pone en movimiento y empieza a acelerarse a lo largo de la pendiente ganando masa constantemente.

Zona de trayecto. Aquí el alud ya está en movimiento y no hay ni incremento ni pérdida de masa,

aunque esta afirmación en la actualidad está rebatida por algunos expertos que consideran que si es posible el incremento de masa de nieve.

Zona de llegada. Aquí la nieve empieza a desacelerarse y finalmente el alud se para.

Ya lo veremos en siguientes apartados, normalmente cuando hacemos actuaciones para protegernos de los aludes lo hacemos instalando obras en las tres partes de la zona de aludes. Cada una de las obras tendrá objetivos diferentes si están ubicadas en la zona de salida, trayecto o llegada.

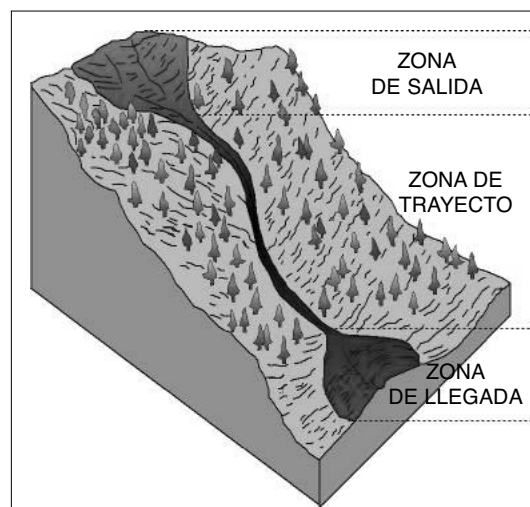


Fig.2. Partes de una zona de aludes.

TIPOS DE ALUDES

Al igual que existen diferentes tipos de nieve, existen diferentes tipos de aludes. Éstos pueden clasificarse de maneras diferentes, según el tipo de nieve puesta en movimiento, según el tipo de flujo, según la época en que se produce, etc. La clasificación más completa es la realizada por la UNESCO, pero es realmente muy complicada.

Vamos a optar por una clasificación más sencilla pero que engloba todos los tipos de aludes. Los aludes se pueden clasificar en dos tipos (Fig. 3):

Aludes con salida lineal, divididos en aludes de placa friable y aludes de placa dura.

Aludes con salida puntual, que se subdividen a su vez en dos tipos: aludes de nieve seca y aludes de nieve húmeda.

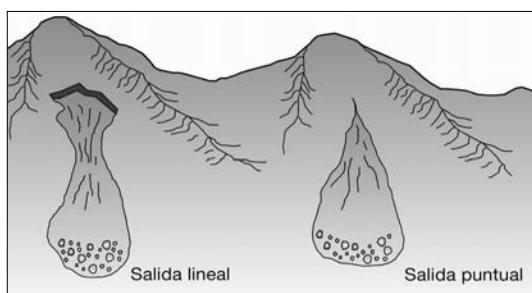


Fig. 3. Los aludes según el tipo de salida.

Aludes con salida lineal o de placa

Se caracterizan por tener una cicatriz de coronación lineal. El manto nivoso en este caso está constituido por una nieve con un mínimo de cohesión (formando un cuerpo rígido llamado placa), esto explica el hecho que las cicatrices puedan llegar a tener longitudes de centenares de metros.

Estos tipos de aludes son los que provocan más accidentes en la montaña, alrededor del 80-90%. Esto se debe a que la placa es muy susceptible a la sobrecarga (por ejemplo al paso de un esquiador) y además son muy difíciles de reconocer.

Aludes de placa friable. Ponen en movimiento una nieve con débil cohesión, pero suficiente para propagar una cicatriz lineal (Fig. 4). Durante su



Fig. 4. Alud de placa friable, Pic Blanc (Francia).

recorrido pueden transformarse en aludes de nieve polvo.

Aludes de placa dura. Ponen en movimiento nieve con una fuerte cohesión (Fig. 5). Cuando empieza a moverse el alud, la nieve se rompe en bloques (parecidos a grandes trozos de "porexpan") que pueden mantenerse, incluso hasta el paro del alud. La nieve que forma las placas duras está, casi siempre, asociada al transporte de nieve por el viento. Ésta es la razón por la que estas placas se han llamado siempre placas al viento.



Fig. 5. Aludes de placa dura.

Aludes con salida puntual

Están formadas por una nieve sin cohesión. Al principio del alud se arrastra una pequeña cantidad de nieve que va incrementándose a medida que el alud avanza.

Aludes de nieve seca con salida puntual. Se producen durante o poco después de las nevadas y son formados por nieve sin cohesión y muy fría. Se dan lugar en fuertes pendientes (alrededor de 30°). Si el alud llega a tener una velocidad importante (> 10 m/s) se puede producir un aerosol (nube de partículas de nieve en aerosol), se trata de los llamados aludes de nieve polvo. Los aludes de nieve polvo pueden llegar a alcanzar velocidades superiores a los 100 km/h. Normalmente siguen una trayectoria rectilínea sin ser condicionadas por la topografía, incluso pueden llegar a remontar las vertientes opuestas a las de su salida (Fig. 6).



Fig. 6. Alud de nieve seca con salida puntual. Alud de polvo.

Alud de nieve húmeda con salida puntual. Involucran una nieve con un alto contenido en agua, por lo tanto una nieve muy densa. Su velocidad es menor que los anteriores aludes, pero si la pendiente es importante, pueden llegar a ser también muy rápidos. Su recorrido está fuertemente condicionado por la topografía, siguen normalmente las depresiones y canales (Fig. 7). Se producen en épocas cálidas como la primavera, pero también durante periodos cálidos en medio del invierno.



Fig. 7. Dos depósitos producidos por aludes de nieve húmeda, obsérvese como en los dos casos el depósito está cargado de vegetación y sedimento.

En una zona de aludes se pueden desencadenar todos los tipos de aludes que hemos visto, dependerá fundamentalmente de las condiciones climáticas. A la hora de diseñar protecciones los expertos han de ser muy conscientes de este hecho.

El movimiento de los aludes

Nieve seca

Como ya hemos visto, los aludes pueden empezar su movimiento en forma de nieve suelta (salida puntual) o en forma de placa (salida lineal).

En el caso de la placa, si el recorrido del alud no es muy importante, los grandes bloques no se romperán, en este caso no podemos hablar estrictamente de flujo.

En cambio, si el recorrido del alud de placa es largo, los grandes bloques llegarán a romperse formando partículas que, a medida que avanza el movimiento, irán haciéndose más pequeñas. En este caso y en el de nieve suelta inicial, podemos definir un tipo de movimiento llamado “flowing avalanche” o

avalancha de flujo. En estos aludes se pueden distinguir dos partes bien diferenciadas: una parte inferior, llamada núcleo, que circula en contacto con el suelo y está formada por nieve densa, y otra formada por una nube o aerosol. Si la velocidad del alud (en caso de nieves muy secas) supera los 10 m/s, se formará una nube, compuesta por aire y partículas de nieve, de muy baja densidad sobre el núcleo.

Un tercio del núcleo está formado por partículas de nieve y dos tercios son aire, en cambio en la nube solo un 1% del volumen es nieve. Según McClung (1993), la profundidad del núcleo no suele superar los 5 metros, en cambio la nube puede llegar a tener decenas de metros.

Estos aludes formados por dos fases son llamados aludes mixtos.

Puede darse el caso de aludes que no tengan un núcleo denso en el fondo. Son las avalanchas de polvo propiamente dichas. Distinguir este tipo de avalanchas de las anteriores es difícil durante el movimiento, hay que fijarse en los depósitos y en los efectos destructivos para determinar la presencia del núcleo.

En las avalanchas de polvo, toda la nieve que circula está suspendida en un aerosol que se desplaza formando grandes remolinos. La velocidad del aerosol puede superar los 400 km/h (Ancy, 1998), por lo tanto son aludes con un gran poder destructivo.

Nieve húmeda

En estos tipos de flujo no se formará ningún aerosol, el flujo será siempre denso. La nieve en este caso tiene un alto contenido de agua y la fricción entre partículas y el suelo es muy importante, por lo que se trata de aludes más lentos que los anteriores. La nieve húmeda, cuando circula, sigue los relieves topográficos con más facilidad, por lo tanto es más fácil desviar un flujo de nieve húmeda y detenerlo utilizando defensas.

CÓMO NOS PROTEGEMOS DE LOS ALUDES

Los aludes son un riesgo bastante conocido, puesto que históricamente ha afectado a sociedades avanzadas y son fenómenos muy estudiados.

Respecto a los aludes existen dos niveles de protección según el agente a proteger.

Por un lado existen los sistemas de predicción del peligro de aludes. Éstos están especialmente destinados a la protección de las personas que circulan por la montaña invernal. En diferentes puntos de los macizos montañosos se toman observaciones nivometeorológicas que se envían a un servicio de predicción central, donde se elabora un boletín de predicción. En este boletín se describen las características del manto nivoso, se da una predicción meteorológica y sobre todo se evalúa la estabilidad del manto nivoso y la posibilidad de desencadenamiento de aludes. Los boletines están basados en una escala de riesgo que actualmente tiene 5 niveles de peligro.

Los excursionistas pueden consultar diariamente estos boletines de predicción (Fig. 8) y la información contenida en ellos les ayudará a decidir si deben o no salir a la montaña, o bien, si salen, que itinerario hacer y que zonas deben evitar.



Fig. 8. Una de las normas más importantes de autoprotección es la de consultar los boletines de peligro de aludes. En ésta figura se muestra el boletín ofrecido por Meteocat (Generalitat de Catalunya) a través de internet.

En este nivel de protección el comportamiento individual es sumamente importante, el conocimiento de unas normas básicas de autoprotección (detalladas en el cuadro adjunto: Tabla I) puede evitar accidentes, o bien si éstos se producen evitar lesiones o incluso la muerte.

El otro nivel de protección está destinado fundamentalmente a proteger infraestructuras (vías de comunicación, edificios, líneas eléctricas, etc.) y a las personas que éstas contienen, es decir que se aplica a nivel de ordenamiento del territorio.

Cualquier estrategia de protección en este caso pasa por un conocimiento preciso de la zona de aludes a tratar, características nivometeorológicas, vientos dominantes, máxima zona de llegada, dimensiones de la zona de aludes, etc. Los reconocimientos nivometeorológicos los obtendremos a través del estudio directo de la zona durante el invierno y recopilando los datos de observatorios cercanos. El conocimiento espacial de la zona de aludes puede obtenerse a partir de **la cartografía de la zona de aludes** (antigua Cartografía de localización probable de zonas de aludes CLPA).

TABLA I NORMAS DE AUTOPROTECCIÓN PARA EL RIESGO DE ALUDES	
Antes de ir a la montaña	
• Consultar los boletines de peligro de aludes y las previsiones meteorológicas • A la montaña se debe de ir siempre acompañado, nunca solo • Cuando vamos a la montaña debemos informar, siempre, a familiares y amigos del recorrido que pensamos seguir y la hora aproximada de regreso • Si las condiciones meteorológicas son adversas y existe un elevado peligro de aludes, debemos quedarnos en casa • Debemos llevar siempre el material de seguridad (pala, ARVA (aparato de búsqueda de víctimas de aludes) y sonda.	
¿Cómo circular por la montaña invernal?	
• Los miembros del grupo deben circular separados al menos una distancia de 10 m • En caso de nieve inestable, debemos subir y bajar por la línea de máxima pendiente • Las vertientes peligrosas las atravesaremos por su parte más alta • Evitaremos atravesar vertientes en sentido horizontal • Si tenemos que circular por una vertiente peligrosa nos desabrocharemos las correas de los esquís y de los palos.	
Si nos atrapa un alud	
– Durante el alud • Si baja el alud y nos atrapa, deberemos intentar huir por un lateral • Si finalmente nos atrapa el alud, intentaremos quedarnos en la superficie haciendo movimientos de natación • Si la nieve nos cubre, intentaremos adoptar la forma de una bola y cuando el alud pare abriremos los brazos para fabricar una cámara de aire. – Después del alud • Debemos tratar de observar lo que le pasa al resto de los compañeros del grupo y en que posición quedan cubiertos por la nieve • Pondremos el ARVA en posición de recepción y buscaremos los compañeros enterrados • Avisaremos a los equipos de rescate	

LA CARTOGRAFÍA DE ZONAS DE ALUDES

Se trata de una cartografía sistemática realizada en las zonas de montaña normalmente por los Gobiernos. En el Pirineo catalán, la cartografía de zonas de aludes la realiza el Institut Cartogràfic de Catalunya de la Generalitat de Catalunya, en el Pirineo Aragonés la realiza el IGME (Instituto geológico y Minero de España) del Gobierno Central. En Andorra, la realiza el Departament d'Indústria del Gobierno de Andorra.

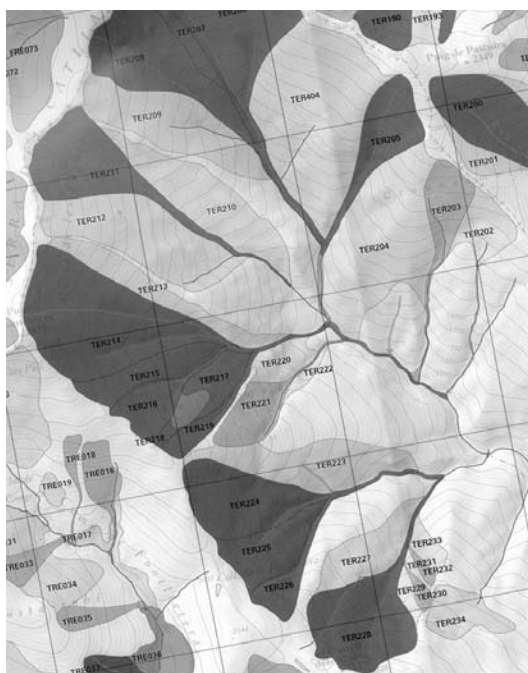


Fig. 9. Mapa de zonas de aludes. Ulldeter. N° 14. ICC (2002)

En la cartografía de zonas de aludes (Fig. 9) se representan sobre un mapa todas las zonas del territorio por las que puede desencadenarse o circular un alud, puede definirse también como la cartografía de la máxima envolvente de todos los posibles aludes que se han producido o se pueden producir en una zona de aludes determinada.

Tal como podemos ver en la figura 10, en el mapa de zonas de aludes se representan cuatro tipos de áreas dependiendo de si la información se ha obtenido a partir de fotointerpretación o de encuesta a la población.

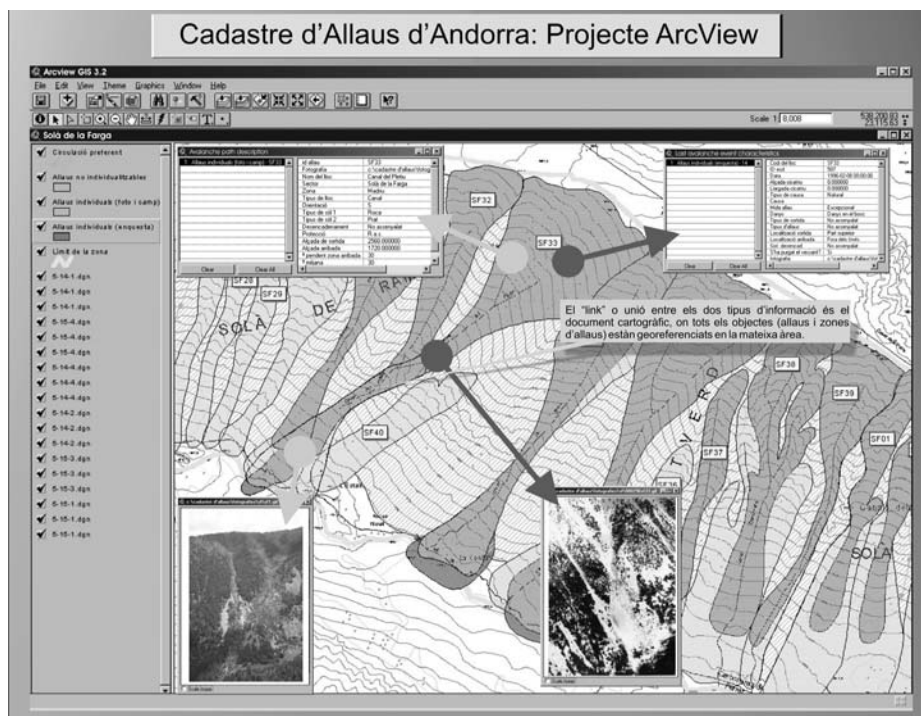
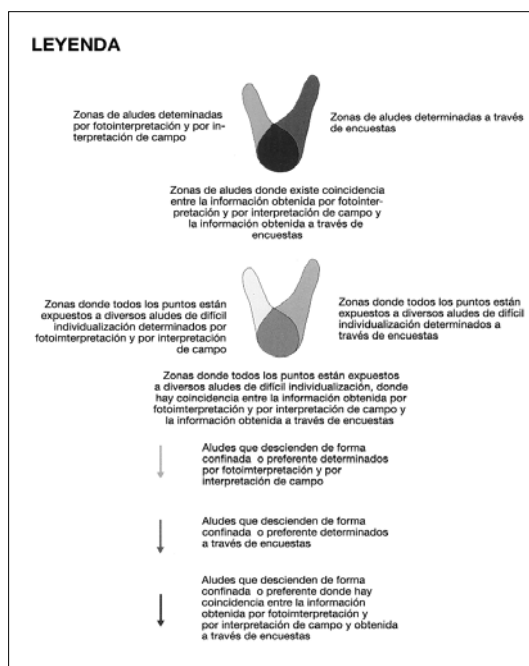


Fig. 10. Mapa digital de zonas de aludes de Andorra con un catastro asociado. (Furdada, 2001).

ESTRATEGIAS DE PROTECCIÓN FRENTE A LOS ALUDES EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Existen diferentes estrategias para protegernos de los aludes a partir de la ordenación territorial. No obstante, ninguna de ellas constituye una solución milagrosa. Cuando nos enfrentamos a una zona de aludes que debemos proteger, es preciso cotejar muy detalladamente los diferentes parámetros que la controlan, no hay ninguna zona de aludes igual y cada una de ellas requiere una solución particular.

En ocasiones necesitaremos construir grandes infraestructuras para protegernos de los aludes, en otras ocasiones hacer obras permanentes será poco efectivo y muy poco rentable económicamente. Cuando diseñemos la protección, tendremos que tener muy en cuenta que es lo que debemos proteger, es decir el grado de vulnerabilidad. Por ejemplo, un núcleo urbano muy habitado, una carretera muy transitada, una pista forestal, el paso de esquiadores de montaña, el paso de esquiadores de pista, etc. requerirán, seguro, soluciones diferentes.

Existen dos estrategias diferentes de protección contra los aludes según la duración de la protección y según el punto de intervención en la zona de aludes. De esta manera tenemos:

Según la duración de la protección:

Defensa permanente que utiliza técnicas que no implican la presencia humana permanente.

Defensa temporal que utiliza técnicas que requieren de la intervención humana continuada.

Este tipo de defensa implica la toma de decisiones en situaciones de riesgo y protege durante un tiempo limitado.

Según el punto de intervención en la zona de aludes

Defensa pasiva que tiene como objetivo detectar y modificar el flujo del alud.

Defensa activa que tiene como objetivo modificar o detectar las condiciones de salida del alud.

Todas estas estrategias pueden combinarse tal como muestra el cuadro siguiente (Tabla II):

Vamos a ver diferentes ejemplos de estos tipos de protección.

La Defensa Permanente Pasiva

Se trata de la técnica más antigua empleada contra los aludes. No trata de impedir el desencadenamiento del alud sino que son protecciones que actúan cuando éste ya está circulando. En la antigüedad, la defensa pasiva consistía simplemente en construir los asentamientos humanos fuera de las zonas aludes, o construir por ejemplo al abrigo de resaltes rocosos. En la actualidad, no seguimos este sabio procedimiento y se construye dentro de las zonas de aludes (los motivos los obviaremos, pues nos conducirían a una larga discusión).

Las defensas pasivas se construyen normalmente en la zona de llegada y protegen instalaciones fijas permanentes como carreteras, edificios, pilares.

Existen tres tipos de obras de defensa pasiva: las obras de desviación, de frenado y de paro.

TABLA II		
PROTECCIÓN	PERMANENTE	TEMPORAL
PASIVA	Desviación: galerías, trampolines, diques de desviación, cuñas. Frenada: dientes de frenada, dientes, obstáculos porosos. Paro: muro, dique, zona de almacenamiento. Adaptación: refuerzo de las estructuras dentro de la zona de aludes, evitar las zonas de aludes. Alerta: señalización, DRA (detector de aludes en carretera)	Reglamentación: prohibición, evacuación, privación
ACTIVA	Modificación de la rugosidad del suelo: terrazas, siega, drenajes. Reforestación: plantaciones Fijación y estabilización del manto nivoso: rastrillos, paranieves, redes. Utilización de la acción del viento: paravientos, viravientos, tablas inclinadas	Compactación de la nieve Desencadenamiento artificial: Con esquís Con explosivos Con las manos Con helicóptero Avalancheur Catex Con gas: GAZEX, AVALHEX

Las obras de desviación. Éste tipo de obras modifican el recorrido del alud utilizando un obstáculo que se construye a su paso.

- a) La nieve puede desviarse **hacia arriba** a través de galerías que cubren una parte del trazado, por ejemplo de una carretera. La desviación hacia arriba se utiliza prácticamente siempre para proteger vías de comunicación.
- b) Desviación **lateral**. Para conseguir este efecto se utilizan los llamados diques de desviación, se trata de elevaciones de tierra o de obra que se sitúan en la zona de trayecto o de llegada con un cierto ángulo respecto a la circulación del alud. El objetivo es cambiar la dirección del flujo del alud para que no impacte sobre la obra que queremos proteger.
- c) Desviación **lateral doble**. En este caso se utilizan cuñas con la punta mirando vertiente arriba. La zona a proteger debe situarse vertiente abajo. Este tipo de obras no son útiles en el caso de aludes de polvo. El objetivo de las cuñas es romper el flujo de la avalancha en dos partes que quedaran desviadas lateralmente dejando entre medio una zona sin flujo que debe corresponder con la infraestructura a proteger (Fig. 11).



Fig. 11. Corral situado en una zona de aludes. La parte del corral orientada hacia arriba se ha construido en forma de cuña, se trata de una desviación lateral doble.

Las obras de frenado. El objetivo de estas obras es disminuir la velocidad del flujo del alud y provocar la acumulación de la nieve por encima de las instalaciones a proteger. Esta acción se utiliza normalmente en terrenos bastante planos. Las obras de frenado más utilizadas reciben el nombre de dientes de frenado, constituyen montículos de tierra o bien de obra, dispuestos en diferentes líneas. Cada uno de los dientes constituye un obstáculo que frena el impulso del alud.

Las obras de parada. Se instalan en la parte más baja de la zona de llegada y su objetivo es parar totalmente el alud. Puede tratarse de muros muy fuertes

perpendiculares al alud o bien de grandes depresiones que tienen como finalidad la de frenar y almacenar la nieve transportada por el alud (Fig. 12). El problema de este tipo de obras es tener dos aludes consecutivos, la obra parará el primero pero quedará inutilizada y será inefectiva para el siguiente alud.



Fig. 12. Dique lateral de frenado acompañado de una gran depresión destinada a almacenar la nieve que baja del alud.

La Defensa Permanente Activa

Su objetivo es impedir que el alud llegue a desencadenarse, para ello se intenta fijar la nieve en la zona de salida. Las obras que se utilizan en este tipo de defensa normalmente son muy caras, pues las áreas a proteger acostumbran a ser muy extensas, muy enpinadas y en zonas inaccesibles.

Existen tres mecanismos de defensa activa: modificación de la superficie del suelo, retención del manto nivoso y modificación del depósito de nieve.

Modificación de la superficie del suelo. Se hace a través de dos mecanismos: actuando sobre la vegetación y actuando sobre el suelo.

Sobre la vegetación pueden realizarse diferentes actuaciones. En primer lugar, cortando los arbustos (p.e. *Rhododendron ferrugineum*), estos tipos de plantas favorecen de manera muy importante el desencadenamiento de los aludes pues favorecen la creación de una cámara de aire entre el suelo y el manto nivoso.

Respecto a la vegetación herbácea es importante que no sea larga (favorece el desencadenamiento del alud) sino que esté cortada (actúa de anclaje del manto nivoso), para ello es muy eficaz favorecer el pastoreo en las zonas de salida del alud.

Por último, una práctica muy extendida es la reforestación con coníferas (Fig. 13). Este método, “ecológico”, tiene ciertos problemas; en primer lugar no se puede reforestar en zonas muy altas donde la vegetación tiene bajas probabilidades de supervivencia, en segundo lugar la reforestación es eficaz al cabo de 30 a 50 años de haberse realizado. Para que los árboles jóvenes no sean arrancados a veces se construyen terrazas o se combinan con la implantación de redes o rastrillos.

Respecto a la modificación de la topografía existen diferentes actuaciones, aunque en la actualidad



Fig. 13. Bosque de protección contra los aludes, su finalidad es la retención del manto nivoso en una zona de salida.

ya no se utilizan. La primera es la construcción de terrazas de 2 a 3 m de ancho, se ha comprobado que éstas terrazas incrementan de manera muy importante la erosión de la vertiente y si la innivación del sector es importante quedan homogeneizadas y dejan de ser eficaces, además su impacto visual en las zonas de alta montaña es muy importante.

También pueden construirse terrazas estrechas, de 0.8 a 1 m, éstas siempre se acompañan de reforestación, cuando los árboles han crecido se elimina su impacto visual.

La retención del manto nivoso. Mecanismo de defensa que busca la retención del manto nivoso en la zona de salida y de esta manera evitar que los aludes se desencadenen. Se utilizan obras (rígidas o flexibles) dispuestas perpendicularmente al suelo, y tienen como misión aguantar el peso de la nieve que tienen por encima. Son obras que pierden totalmente su eficacia si quedan cubiertas por la nieve, por lo que antes de su instalación se debe conocer muy bien cuanta nieve se puede llegar a acumular en la zona de salida. La obra deberá sobrepasar esta altura (muchas veces tienen unos 4 m).

Las obras de retención deben cubrir la totalidad de la zona de salida, si no es así su eficacia queda muy reducida y los aludes pueden llegar a destruirlas. No pueden colocarse aisladas sino que deben instalarse en líneas continuas separadas unos 30-40 m.

De **obras rígidas** existen dos tipos (Fig. 14). Por un lado, tenemos las vallas (traducción literal de la

palabra francesa “claie”) compuestas de tablas horizontales. Las vallas no cortan uniformemente los estratos horizontales del manto nivoso, hecho que no hace recomendable su utilización. Por otro lado tenemos los rastrillos (“rateliers”) constituidos por tablas verticales de madera o hierro. Los rastrillos son quizá la obra más extendida, aunque actualmente se está tendiendo a la utilización de **obras flexibles** como las redes (Fig. 15).



Fig. 15) Zona de aludes vista desde su parte superior. En primer término (dentro de la zona de salida) aparecen unas redes, más abajo rastrillos, y en último término en la zona de llegada, dientes de frenado.

Las redes permiten que el manto nivoso pueda reptar a través de ellas y que por lo tanto no crean una discontinuidad importante, aunque retienen de forma muy eficaz la nieve. Otra ventaja de las redes es la de tener menor impacto visual que las obras rígidas y ser menos costosas.

Modificación de los depósitos de nieve. Uno de los factores desencadenantes de aludes más importante en la montaña es el viento. Éste puede acumular depósitos de nieve de gran potencia y además extremadamente inestables. Existen un conjunto de obras destinadas, por una parte a impedir la formación de grandes neveros acumulados por el viento, y por otra a crear irregularidades en estos depósitos. Podemos ver las características de cada una de estas obras.

Las **barreras de viento o de nieve** modifican localmente el flujo del viento creando remolinos y

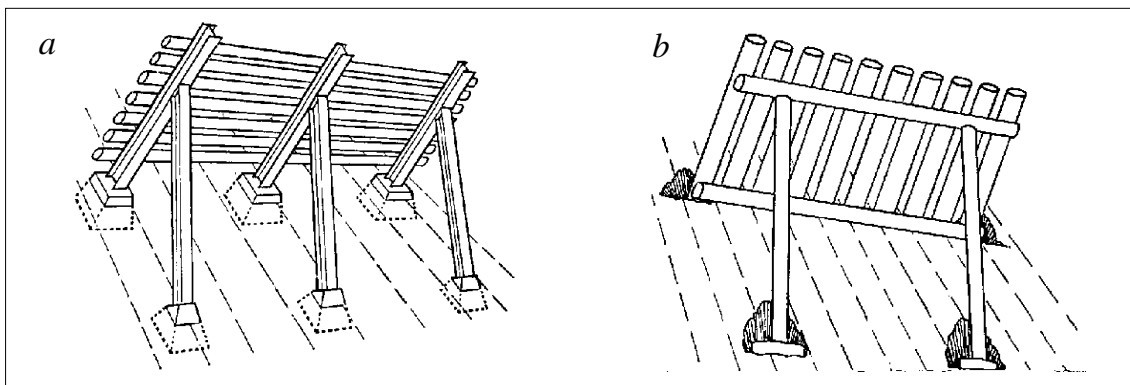


Fig. 14. Obras rígidas: a) valla, b) rastrillo.

disminuyendo su velocidad. A menor velocidad, menos capacidad de transporte de partículas de nieve y por tanto, sedimentación de éstas. Las barreras de viento provocan grandes acumulaciones a barlovento y especialmente a sotavento. Si se colocan las barreras antes de una zona donde no nos interesa que se acumule la nieve, porque por ejemplo se pueden provocar aludes, la barrera retendrá la nieve y evitará que ésta se acumule en el sector peligroso (Figs. 16 y 17). Las barreras de viento se utilizan en zonas de desencadenamiento de aludes pero allí donde han demostrado ser más útiles ha sido en la protección de carreteras ante la acumulación de neveros.



Fig. 16. Paravientos con tablas verticales.



Fig. 17. Paravientos de láminas verticales de castaño. Observar los depósitos de nieve a sotavento.

Otro tipo de obra para la modificación de depósitos de nieve son los llamados paneles **viravientos**. Se trata de paneles normalmente de madera con forma trapezoidal e instalados verticalmente, los más modernos están formados por dos paneles dispuestos en forma de cruz. Su misión es la de crear un remolino a su alrededor que provoque la erosión del manto nivoso. Esta erosión dará lugar a una nieve más endurecida, y por tanto más estable, alrededor del viraviento. También dará lugar a una importante discontinuidad en el manto nivoso desfavoreciendo la propagación de grandes cicatrices de aludes. Son muy útiles en cornisas para crear discontinuidades en ellas y evitar que puedan caer enteras provocando un gran alud.

Existen dos tipos más de obras, actualmente en desuso, como los **pupitres**, planchas dispuestas

horizontalmente que aumentan la velocidad del viento y provocan zonas de erosión, útiles especialmente para cortar cornisas. Y las llamadas “**toibuse**” formadas por planchas inclinadas unos 40-45° con un mecanismo similar a los pupitres.

En el campo de la modificación de depósitos, no podemos olvidar una técnica muy utilizada especialmente en Canadá, se trata de la utilización de **vegetación** a modo de barreras de viento. Esta técnica ha demostrado ser muy eficaz especialmente en la protección de carreteras en zonas planas.

La Defensa Temporal Pasiva

Como hemos visto, la defensa temporal busca la protección de bienes y personas sólo en los momentos de riesgo de aludes. Hay dos tipos principales de defensas temporales pasivas, es decir de protección durante el momento de riesgo siempre sin pretensiones de impedir que el alud se desencadene. Son la prohibición y la evacuación. Normalmente estas medidas son tomadas por las autoridades competentes en el tema, aunque a veces entidades privadas, como podría ser una estación de esquí, pueden decidir actuaciones de este tipo.

Normalmente las medidas tomadas son del orden de:

- Clausura de una carretera con prohibición de circular.
- Prohibición de toda presencia humana en un área determinada.
- Cierre de una pista de esquí o de un área esquiable.
- Evacuación de inmuebles.
- Consignas a los habitantes de un área de confinamiento temporal en casa.

La decisión de una prohibición o una evacuación parte de la premisa que hay un seguimiento continuo de las condiciones meteorológicas y de la estabilidad del manto nivoso. Esto implica la existencia de un equipo de nivólogos que realicen esta tarea.

La Defensa Temporal Activa

Consiste en el desencadenamiento de los aludes de forma controlada antes de que el alud pueda arrancar de forma natural y de manera imprevisible. La técnica utilizada es la de ir purgando la nieve a medida que se va acumulando, produciendo pequeños aludes. De esta manera se evita una gran acumulación de nieve que podría dar lugar a un alud importante. Como en el caso anterior, esta técnica depende de un seguimiento continuado de la estabilidad del manto nivoso.

Hay varias maneras de desencadenar un alud artificialmente, veamos las más significativas:

Desencadenamientos directos

Desencadenamiento a pie. Método muy utilizado antiguamente por las estaciones de esquí, consiste en desencadenar el alud provocando una sobrecarga en la zona de salida por el paso de un esquiador. Evidentemente este método está totalmente desaconsejado por el enorme riesgo al que

está sometida la persona que se atreve a tal acto.

Tiro directo de explosivos. Método también utilizado en estaciones de esquí, el explosivo que debe desencadenar el alud se coloca en la zona de salida de éste de manera manual, teniendo en cuenta que el artificiero debe circular siempre por terrenos seguros. Esta práctica supone también un cierto peligro para las personas implicadas en el tiro.

Tiro de explosivos desde helicóptero. Método muy utilizado para proteger carreteras. la carga se tira sobre la zona de salida del alud desde un helicóptero. El problema de este método es que no puede utilizarse en condiciones de mal tiempo.

Desencadenamientos a distancia

El **CATEX** es un cable transportador de explosivos. Se trata de un teleférico en el cual podemos colocar una carga explosiva y llevarla hasta la zona de salida de uno o varios aludes al mismo tiempo. El CATEX tiene dos ventajas, por un lado no necesita de la intervención directa de una persona y por el otro pueden desencadenarse aludes en cualquier circunstancia atmosférica.

El **GAZEX** está basado en la explosión originada por la mezcla de oxígeno, propano y una pequeña chispa. Esta mezcla se realiza en un tubo colocado en la zona de salida del alud, los gases son alimentados desde unos depósitos que se encuentran en zona segura. Presenta las mismas ventajas que el CATEX y en la actualidad es un sistema muy utilizado.

El **Avalancheur** es un cañón neumático que dispara cargas explosivas a gran distancia. Presenta la ventaja de que con un solo cañón pueden purgarse varias zonas de aludes. La desventaja es que es difícil de utilizar con poca visibilidad.

El **AVALHEX** es un método moderno que aún está en fase de experimentación pero que está dando muy buenos resultados. En éste sistema se hace explotar una carga de aire y hidrógeno dentro de un globo situado encima del manto nivoso. Cada AVALHEX dispone de suficientes globos para disparar durante una temporada invernal.

ALGUNAS REFLEXIONES

Hemos visto un conjunto de acciones y obras que podemos utilizar para protegernos de los aludes. Cada zona de alud tendrá unas especificidades propias y no todas las acciones que hemos visto serán adecuadas.

Cuando nos enfrentamos al problema de tratar una zona de aludes, es imprescindible realizar una reflexión profunda antes de decidir el mecanismo de defensa a utilizar. No debemos nunca dejarnos llevar por la idea de seguridad que nos proporcionan las obras de defensa permanente. En la actualidad, son muchas las veces en que la prevención de aludes pasa de ser la construcción de obras a convertirse en la gestión continuada del riesgo de aludes.

En primer lugar, resulta fundamental analizar el objetivo a proteger, debemos siempre evaluar el riesgo real con el que nos enfrentamos. No se deberá de tratar de igual manera la protección, por ejemplo, de una vía de comunicación poco transitada o de un pueblo entero. Probablemente en el primer caso, con actuaciones de prohibición (restricción del paso de la vía) tendremos suficiente, en el segundo caso seguro que será necesario combinar diferentes mecanismos de defensa al mismo tiempo (desencadenamiento artificial, diques de desviación, evacuación, etc.) para asegurar realmente la protección de infraestructuras y personas.

Debemos, igualmente, obtener un conocimiento exhaustivo de la zona de aludes. Es preciso conocer la geomorfología, geología, pero especialmente todas las características que hacen referencia a los aludes. Debemos conocer la frecuencia de los aludes de diferentes tamaños (dentro de la zona de alud), el alud máximo ocurrido en ese sector, el tipo de alud más frecuente, la posible formación de placas o cornisas...

Todos estos datos nos ayudaran a decidir el mecanismo de defensa más adecuado.

Y por último, la reflexión que debe hacerse siempre en primer lugar: no es mejor realizar nuestras actividades y construcciones fuera de zonas de aludes? A veces no es posible pero la mayoría de las veces, en su momento lo fue. Actualmente disponemos de unas buenas herramientas para saber donde se sitúan las zonas de aludes con una buena precisión. Los planes de urbanismo que se están haciendo en la actualidad y los que se hagan en el futuro deberán de dejar libres las zonas con peligro, o en todo caso destinarlas a actividades que no supongan la presencia permanente de personas.

PRÁCTICA

Vistos los diferentes mecanismos de defensa de los que disponemos en la actualidad, vamos a convertirnos en técnicos y a jugar a la ordenación del territorio (VER EJERCICIOS 1, 2 y 3).

BIBLIOGRAFÍA

Boletines de predicción

<http://www.meteo.ad> Andorra
<http://www.icc.es/allaus> Catalunya
<http://www.slf.ch/laworg/pyrenees.html> . Los Pirineos
<http://www.slf.ch> Todos los Alpes

Webs

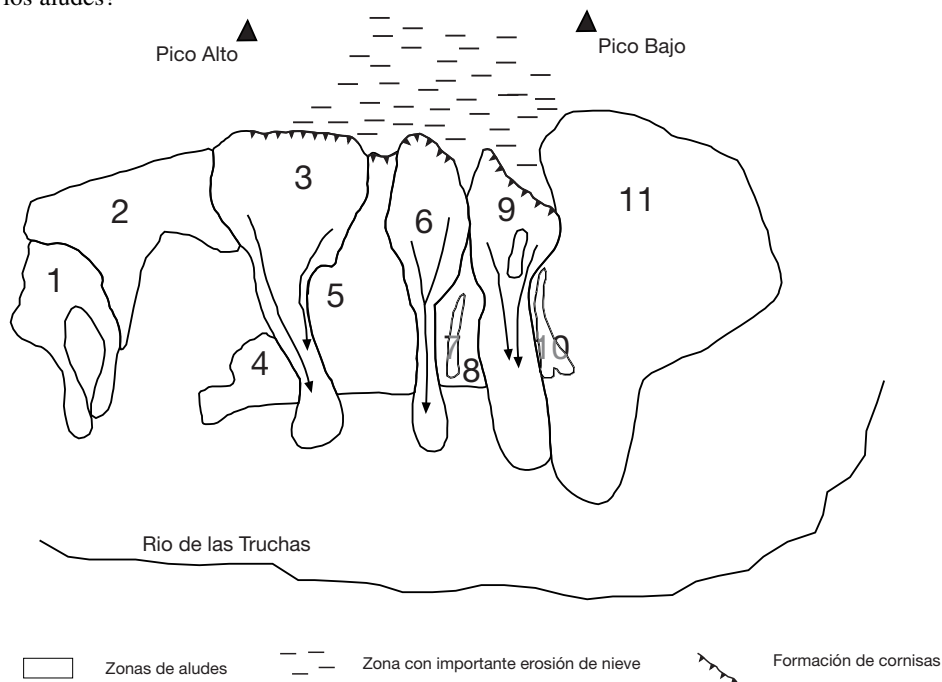
<http://www.iea.ad/crecit/la%20neu.html>
<http://www.icc.es/allaus/home.html>
<http://www.alpug.ch>

Bibliografía

Ancey, C. (1998). Guide neige et avalanches. Édisud. 335 pp.
ANENA (1993). Elements de nivologie. 61 pp.
ANENA (1995). La neige. BT Nature. 39 pp.
Bolognesi, R. (2000). *Attention avalanche!*. Éditions Nathan/HER, Paris. France. 111 pp.

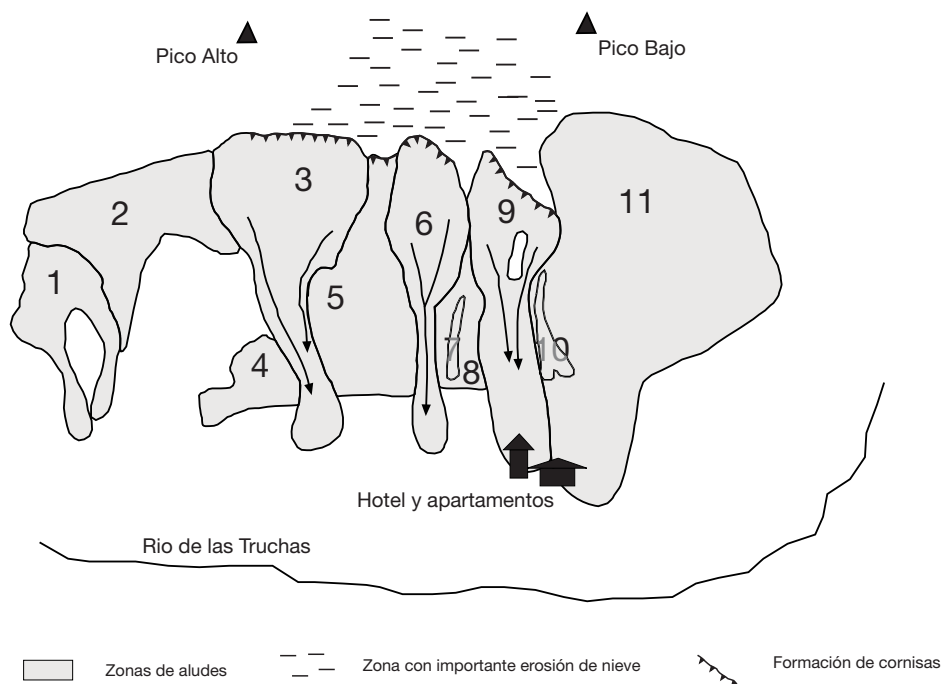
EJERCICIO 1

En una zona del Pirineo, hasta el momento totalmente virgen, se está proyectando la construcción de una estación de esquí, y evidentemente la urbanización que la acompaña. La cartografía de aludes realizada en el sector se presenta en la figura ¿Dónde deberíamos de construir la urbanización para que no se viese afectada por los aludes?



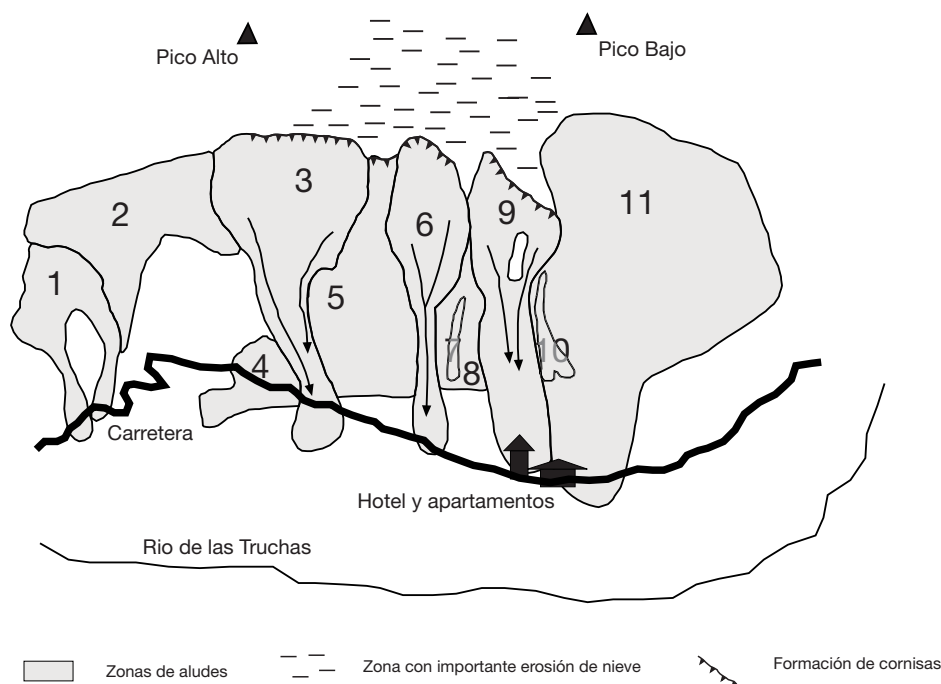
EJERCICIO 2

Imaginemos que la zona tratada anteriormente en realidad no es virgen y hace unos años se construyó un bloque de apartamentos y un hotel. En la figura tenemos su localización. ¿Están en peligro estas dos estructuras?. Según lo aprendido anteriormente... ¿Cómo las podríamos proteger? ¿Qué tipo de defensa utilizaríamos? ¿A nivel medioambiental, que problemas presentarían las protecciones que hemos elegido?



EJERCICIO 3

A. En la misma zona, imaginemos ahora que, además existe una carretera que llega hasta el hotel y el bloque de apartamentos. ¿Para proteger la carretera, utilizaríamos el mismo tipo de defensas que en el caso del hotel y los apartamentos? ¿Qué tipo de defensas serían las más lógicas a nivel de presupuesto y efectividad?



B. Por último, imaginemos que la carretera, anteriormente descrita, es en realidad una autopista con importante circulación. ¿En este caso, utilizaríamos las mismas defensas que en el caso anterior (carretera con poca circulación)? ¿Qué tipo de defensas serían las más seguras en este caso?

Esteban, P., Mases, M. i Martín-Vide, J. (2002). "La predictibilitat de les allaus des de la climatologia"; Horitzó, 2, p. 10-19.

Ferrer, P. Furdada, G. y Vilaplana, J.M. (2000). "Organización e informatización del catastro de aludes de Andorra"; Geotemas. 1(1), p. 173-176.

Furdada, G. (2001). La predicció local del perill d'allaus a Andorra. La gestió dels riscos naturals. Primeres Jornades del CRECIT.

Institut Cartogràfic de Catalunya (1998). "Mapa de Zones d'Allaus de Catalunya 1:25000 Pallaresa Nord-Marimanya 03".

Mases, M., Vilaplana, J.M. (1991). "Zonas de aludes en la Vallferrera: clasificación y riesgo geomorfológico". Pirineos, (138). p. 38-52.

McClung, D. Y Schaerer, P. (1993). "The Avalanche Handbook" The Mountaineers, 272 pp.

Munter, W. (1992). *Le risque d'avalanche: nouveau guide pratique*, Bern, Club alpin suisse, 1992, 200 pp.

Rodés, P. (2002). Aludes. Ediciones Ergon, SA. Madrid. 119 pp.

Salm, B (1983). "Guide pratique sur les avalanches". Club Alpin Suisse; Burg 148 pp.

TERMCAT (1999). Vocabulari de la neu i dels esports d'hivern. Enciclopèdia Catalana. 300 pp.

TERMCAT (2001). Diccionari de la neu. Enciclopèdia Catalana. 348 pp.

Vilaplana, J.M. (1989) Los aludes un riesgo mal conocido. Encuentro internacional catástrofes y sociedad. Ponencias y comunicaciones. MAFRE. p. 201-216. ■