

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS DE UNA LADERA
CON DESPRENDIMIENTOS EN LA LOCALIDAD DE
CALOMARDE (TERUEL).

Sicoani 87528



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

01222

I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- ANTECEDENTES.
- 3.- LOCALIZACION Y ACCESOS.
- 4.- DESCRIPCION.
- 5.- ENCUADRE GEOLOGICO.
 - 1.º Estratigrafía.
 - 2.º Características geomorfológicas.
- 6.- PROBLEMATICA DE INESTABILIDAD.
(Factores de inestabilidad).
- 7.- ALTERNATIVAS DE ACTUACION.
 - 7.1. Medidas urgentes.
 - 7.2. Medidas de protección.
 - 7.2.1. Solución empalizada.
 - 7.2.2. Alternativa: Muro de contención.
 - 7.2.3. Alternativa: Malla anclada.
 - 7.2.4. Tratamientos destructivos mediante voladura o productos químicos expansivos.
 - 7.3. Medidas de corrección del talud a largo plazo.
- 8.- CONCLUSION.

El Instituto Geológico y Minero de España I.G.M.E. ha llevado a cabo con la colaboración de GEONOC, S.A. estudios sobre inestabilidades de taludes en diversos puntos de la Geografía Española.

Este informe se ha realizado en virtud de la solicitud de asistencia técnica por parte de la Excmá. Diputación Provincial de Teruel al INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA.

Con este trabajo se presenta el estudio elaborado, sobre una ladera inestable que presenta desprendimientos, en la localidad de Calomarde, provincia de Teruel.

Enero de 1.988.

A N E X O S

- I. Topografía general, Escala 1:25.000
- II. Perfil.
- III. Figuras.
- IV. Fotografías - Transparencias.
- V. Parámetros ambientales.
- VI. Presupuesto estimado.

EQUIPO TECNICO.

I.G.M.E. - Francisco Javier Ayala Carcedo.

Ing. Minas.

Jefe División de Geología aplicada a la
ingeniería (e.f.)

Director del Estudio.

GEONOC, S.A. - Vicente Aparicio Valls.

Licenciado en CC. Geológicas.

GEONOC, S.A. - Alberto Gracia Bernal

Licenciado en CC. Geológicas.

1.- INTRODUCCION.

En cualquier terreno que no sea horizontal existen una serie de fuerzas que tienden a nivelarlo: fuerzas de gravedad, filtración, presión de agua en las diaclasas, etc. Se oponen a ella la resistencia del terreno, raíces y otras. Cuando el primer grupo de fuerzas predomina sobre el segundo, el talud se hace inestable. (J. Salas et al. 1.976).

Y como este mismo autor menciona: "la mayoría de las pendientes abruptas que existen en la naturaleza han sido formadas por la acción de corrientes de agua, olas, glaciares o desmontes de excavación". La erosión en general, y sobre todo los fenómenos de inestabilidad de taludes tienden a suavizar estas pendientes.

Como más adelante quedará detallado Calomarde se encuentra al pie de un talud de pendiente y naturaleza característica. La parte alta, donde se localiza el punto inestable, presenta un farrallón calizo de 20 m. como media, prácticamente vertical, con oquedades y fracturas, muchas de ellas por planos paralelos o subparalelos al talud general.

El desprendimiento de algunos bloques que llegaron al pueblo, si bien no produjeron daños, sí cierta alarma, por lo que el Gabinete Geológico de la Excma. Diputación Provincial de Truel y el Instituto Geológico y Minero de España han enviado técnicos para estudiar el problema.

2.- ANTECEDENTES.

Los antecedentes generales propios del fenómeno son de sobra conocidos. Se trata, de forma simplista, del proceso de erosión sobre un talud calcáreo que presenta desprendimientos de ladera que afectan a la seguridad de la población de Calomarde.

El propio Alcalde de Calomarde declaró que se han producido dos desprendimientos importantes de forma reciente. Concretamente en los dos últimos años 1.985 y 1.986 siendo, a su juicio, el más grave el correspondiente a finales de 1.985. En esta ocasión algunos bloques desprendidos rodaron toda la pendiente y uno de ellos llegó a impactar sobre el muro de una finca (ver fotografías 1,7 y 8).

Así mismo declaró que los desprendimientos se producen siempre con la entrada del invierno. Siempre en los meses de Noviembre y Diciembre; "con los hielos".

Las dimensiones de los bloques que han llegado cerca de estas casas, a las afueras del pueblo, oscilan entre 1 m^3 . y $0,3 \text{ m}^3$.

3.- LOCALIZACION Y ACCESO A LA ZONA.

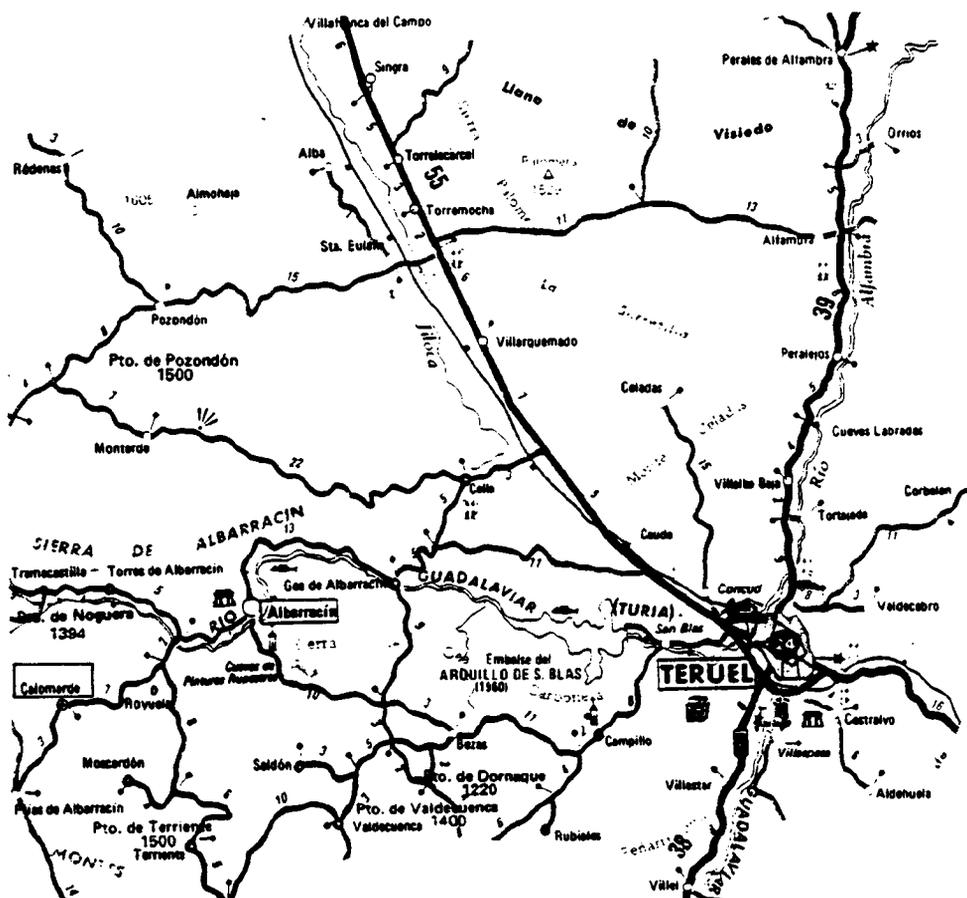
Calomarde es una población de la provincia de Teruel. Se encuentra al Sur de la Sierra de Albarracín, al Norte de los Montes Universales.

La distancia que la separa de la capital más cercana (Teruel) es de 43 Km.

El lugar geográfico de los desprendimientos sólo es accesible para vehículos todo terreno, a través de una pista forestal que parte hacia el Norte desde la localidad de Calomarde.

Debe tenerse en cuenta este extremo al decidir el tipo de estructura de protección que deba instalarse.

La pendiente con inestabilidades se hace fácilmente visible por encima del pueblo.



4.- DESCRIPCION.

Para describir el problema nos remitimos, en primer lugar al anexo de fotografías que se aporta al final de esta memoria técnica; para después pasar a puntualizar los aspectos que los caracterizan.

La inestabilidad general de la parte alta del talud que queda por encima de la población de Calomarde se encuadra en el proceso normal de erosión, de un macizo calcáreo. La circunstancia particular de su ubicación, respecto a un núcleo poblado, es la que hace de un proceso habitual, habido durante miles de años, un problema que hay que solucionar.

El talud presenta una pendiente media entorno a los 20°. La cima de este presenta un paquete de carniolas (carniolas de Cortes de Tajuña) que por sus distintas características geomecánicas respecto a las dolomías infrayacentes dan un resalte con una pendiente mucho mayor; en muchas ocasiones paredes verticales y extraplomos.

Precisamente de las características propias de la zona y del macizo en general junto a las características ambientales son las que conjuntas dan lugar a las inestabilidades.

El problema que dió la alarma se resume a un punto concreto dentro de la inestabilidad general del talud, lo que no quiere decir que no existan otros puntos que presenten indicios claros de inestabilidad (ver fotografías 9 y 10). Se trata de un bloque o laja de gran grueso de la que ya se han desprendido algunos trozos.

Como en la mayoría de los casos no podemos hablar de un mecanismo puro. Nos inclinamos ante la inevitable necesidad de clasificar, por definirlo: como un proceso mixto entre basculamiento por descalce y vuelco (toppling) de bloques, seguido de una dinámica de avalancha de los bloques caídos a favor de la pendiente.

El bloque inestable se encuentra apoyado en dos zonas:
1/ En su trasdós sobre el resto del macizo con un ángulo de 70°
y 2/ En el pie sobre unos bloques muy irregulares también con fracturas aproximadamente paralelas a la pendiente.

Las dimensiones del bloque quedan de una forma estimativa resumidas en el esquema superpuesto a la fotografía n.º 3. Son sus dimensiones mayores 10 y 15 m.; ambas direcciones más o menos perpendiculares y en un mismo plano paralelo al talud. Evaluado por polígonos aproximativos el volumen total del bloque es de 147 m^3 . Considerando una densidad media para estas carnioles (dato según tablas) de $2,2 \text{ gms /cm}^3$ el peso aproximado sería 323 Tm .

Un bloque desprendido (según declaraciones del propio Alcalde en los comienzos del invierno de 1.985) se ha podido evaluar por reposición en fotografía. Su volumen aproximado habría sido de 26 m^3 .; que con una densidad media de $2,2 \text{ grm./cm}^3$. dan 57,2 Toneladas de roca.

Evaluated el material que en la pendiente sobrepasó una línea a mitad de la misma; este no llegó al 20 % y el que llegó hasta el pueblo al 3 - 5 %.

Como se observa en la fotografía n.º 1 los materiales siguieron, dentro del AREA CON RIESGO DE IMPACTO, trayectorias dentro de la suave vaguada que se forma a la derecha de la misma, llegando a las inmediaciones de las casas del extremo Oeste del pueblo.

De la misma forma, en la fotografía n.º 2 se observa una panorámica desde el punto de vista opuesto (a la fotografía n.º 1) En esta se observa justo el punto de impacto del bloque al desprenderse, y como quedó fracturado el material que quedó en el lugar del primer impacto.

Los factores que favorecieron el desprendimiento fueron:

En primer lugar la propia estratificación del macizo y la fractura paralela al talud: La fractura paralela al talud desligando esa parte del resto del macizo y la estratificación que en extraplomos como este, producido por disolución, encuentra planos donde la cohesión es mucho menor. De forma que los bloques en voladizo limitados por ese juego de diaclasas tienen, como se ha visto, muchas posibilidades de desprenderse.

En segundo lugar la vegetación instalada en la fractura principal que ejerce unas presiones altas de apertura de la grieta. Se observa perfectamente como sobresalen esas raíces (fotografía n.º 5) por la parte inferior, justo donde se encontraba antes el bloque caído.

5.- ENCUADRE GEOLOGICO.

1.º Estratigrafía.

Desde el punto de vista geológico Calomarde se sitúa en la parte central y meridional del Sistema Ibérico o Sistema Celtibérico, al Oeste de las depresiones del Jiloca y Teruel Alfambra y por consiguiente en la Rama Castellana del mismo.

El Sistema Ibérico está limitado por las Cuencas Terciarias del Tajo (al Suroeste), Duero (al Noroeste) y Ebro (al Noreste) y está constituido por una amplia gama de materiales que van desde el Precámbrico más superior hasta el Paleógeno continental, deformados según una directriz general NO-SE (Directriz Ibérica) con vergencias hacia el SO en la parte occidental y hacia el NE en la oriental. También se observan estructuras de dirección NE-SO (Directriz Guadarrama) y NNE-SSO. Se observan numerosas cuencas internas rellenas por sedimentos continentales del Neógeno, en disposición subhorizontal o suavemente deformados y basculados, entre las que destacan las de Calatayud-Teruel y Teruel-Alfambra, orientadas según la directriz Ibérica y la NNE-SSO. Dichas cuencas representan el límite entre las ramas Aragonesa (al Este) y Castellana (al Oeste) del Sistema Ibérico.

La evolución tectónica y sedimentaria de la Cordillera a partir del Pérmico y hasta el Cretácico se ajusta al modelo propuesto por ALVARO et al. (1.978), constituyendo un Aulacógeno posteriormente comprimido y deformado durante las fases Alpinas (CAPOTE et al. 1.982).

En las inmediaciones de Calomarde afloran las siguientes formaciones:

* Arcillas y margas varioladas. Yesos. Facies Keuper.(TRIASICO).

Da lugar a amplios valles con las vertientes normalmente regularizadas. Debido a su carácter plástico se encuentra intensamente replegado, lo que unido a los recubrimientos ha impedido su estudio estratigráfico detallado.

Las litologías dominantes son las arcillas y margas abigarradas o varioladas, yesos con texturas secundarias (fibrosos, nodulosos,alabastrinos), y niveles de dolomías.

En zonas próximas (IGME, 1.980), estos materiales se interpretan como depositados en una llanura próxima al litoral, que temporalmente sufría pequeñas transgresiones marinas, desarrollándose lagos efímeros semejantes a las sebkhas litorales.

Se le atribuye una edad Triásico superior (Noriense).

* Fm. Dolomías tableadas de Imón. Fm. Carniolas de Cortes del Tajuña. Brechas y Carniolas. Dolomías tableadas en la base. Rethiense-Hettangiense-Sinemuriense inferior-medio. (TRIASICO JURASICO).

Los niveles inferiores de Dolomías tableadas de Imón vienen dados por 35 m. de dolomías grises tableadas en capas de 0,1 a 0,3 m., con frecuentes niveles de dolomías vacuolares del aspecto de las "carniolas". Son dolomías de recristalización en mosaico denso de cristales subidiomorfos de dolomita de tamaño fino y microdolomías con bioclastos, pisolitos y peletoides.

Presentan laminación paralela, laminación de origen estromatolítico, ripples de oscilación y moldes de evaporitas.

Se interpretan como depósitos de llanura de mareas en una plataforma interna restringida de carácter hipersalino.

La formación "Carniolas de Cortes del Tajuña" tiene un espesor de 135-155 m. y está constituida fundamentalmente por dolomías vacuolares, oquerosas, muy recristalizadas, masivas (carniolas), que ocasionalmente presentan clastos dolomíticos flotando en la matriz y niveles discontinuos de calizas dolomíticas tableadas, que al microscopio están finamente recristalizadas, con vacuolas rellenas de calcita que le dan aspecto de brecha, como consecuencia de complejos procesos de dedolomitización. También se intercalan bancos métricos de brechas de aspecto margoso y brechas con cantos de pelsparitas, micritas con "gravels" micritas y calizas recristalizadas, cementadas por microesparita con cuarzos autigénicos corroídos y fragmentados o por calcita drusiforme. Hacia el tercio superior aparecen calizas dolomíticas y calizas (mudstones) y calcarenitas (grainstones) que al microscopio son intraoosparitas con trazas de Crinoides y Lamelibranquios.

Las "carniolas", con o sin clastos y niveles discontinuos de dolomías con laminación, en ocasiones de origen estromatolítico, han sufrido transformaciones diagenéticas muy complejas y de gran importancia. Probablemente debió tratarse de un depósito originariamente carbonatado pero con frecuentes niveles de evaporitas cuya disolución dió origen a la brechificación de y aspecto vacuolar de las "carniolas" que en esta zona constituyen el tamaño mayoritario de la serie. Se trata pues de brechas de colapso. Las brechas margosas y brechas poligénicas tienen base canalizada.

La unidad se interpreta como depósitos de lagoon restringido de carácter hipersalino pasándose a condiciones más abiertas hacia el techo al mismo tiempo que se acentúa la influencia de las mareas con depósitos ocasionales de fangos (mudstones) y de barras (grainstones) y presencia de canales que drenaban la llanura de mareas (brechas).

La unidad carece de fósiles de valor cronoestratigráfico pudiendo indicarse de manera tentativa que las Dolomías Tableadas de Imón pertenecen al Triásico superior. El límite Jurásico-Triásico, debe situarse dentro de las Carniolas de Cortes del Tajuña. El límite superior se fija con dudas en el Sinemuriense medio teniendo en cuenta la edad de la unidad suprayacente.

* Fm. Calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas. Calizas, calcarenitas, dolomías y margas verdes a techo. Sinemuriense Superior (S).- Carixiense (JURASICO).

Pueden distinguirse de muro a techo:

- 80 m. de calizas microcristalinas grises con pasadas de bioclastos (Branquiópodos y Lamelibranquios), estratificadas en capas decimétricas y ocasionalmente métricas con dos niveles de 8 a 4 m. a muro y techo de calcarenitas grises y ocre. Son mudstones-wackstones (micritas con Crinoides y Lamelibranquios) y grainstones formados por intraclastos, bioclastos y oolitos.

Las calcarenitas presentan estratificación cruzada de gran escala en el nivel superior lenticulas de micritas a techo (linsen).

- 50-55 m. de calcarenitas y calizas grises estratificadas en capas decimétricas y ocasionalmente métricas; hacia el techo se intercalan niveles de dolomías y margas verdes. Son grainstones, packstones y mudstones-wackstones. La mayor parte de las muestras estudiadas están constituidas por bioclastos, intraclastos y oolitos en distinta proporción. Los bioclastos son restos de Crinoideos, Algas ("grumos", pseudopisolitos), Moluscos, Braquiópodos y Foraminíferos. En unos niveles el cemento es de calcita drusiforme (grainstones) y en otros de micrita (packstones) y esparita.

Normalmente se disponen en secuencias granodecrecientes en las que se reconoce estratificación cruzada de gran escala, laminación paralela, laminación de origen estromatolítico y ripples de oscilación a techo de las capas. Corresponden al tipo shallow ing upward. Los niveles de margas verdes alternan con grainstones más o menos dolimitizados con estratificación cruzada de gran escala.

Aunque en el corte de Calomarde no se ha reconocido por estar cubierto, la unidad termina con varias superficies ferruginosas con concentración de fauna que representan una interrupción sedimentaria muy generalizada en todo el ámbito del Sistema Ibérico y que marca el final del primer ciclo sedimentario de la secuencia del Lías, iniciado en la Fm. Carniolas de Cortes del Tañu y que tiene carácter transgresivo.

Las características de la Fm. de Cuevas Labradas sugieren ambientes de plataforma externa (lagoon restringido) que hacia arriba pasan a condiciones más generalizadas de lagoon abierto, reconociéndose depósitos de llanura de mareas y de episodios más restringidos (margas verdes) aislados por barras de grainstones más o menos dolomitizados.

Hay que señalar que hacia el Oeste, en la Serranía de Cuenca se produce un importante cambio litológico en la unidad en el sentido en que se encuentra casi totalmente dolomitizada.

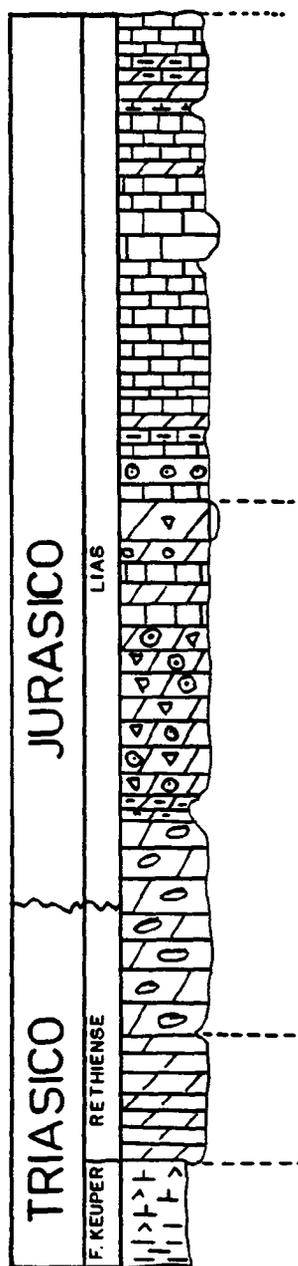
Contiene una asociación de microfósiles muy rica en especies típicas del Lías inferior y medio. La siguiente asociación es representativa de esta Formación Pseudopfenderina cf. Butterlini (BRUN), Mayncina cf. termieri HOTT, Involutina liassica (JONES), Favreina cf. salevensis PAR., F. prusensis PAR., Lingulina gr. pupa (TERQ), Pseudocreceis liasicus COLOM y Praevidalina sp. Véase la macrofauna, entre otros, en BEHMEL et al. (1.966) y BUBAR et al. (1.970).

Como en las demás hojas del área y de acuerdo con el contexto de la geología regional, se asigna una edad Sinemuriense superior a Pliensbachiense inferior (Carixiense) a esta formación.

* Gravas, arenas y limos. Aluviones. Holoceno (CUATERNARIO).

Los aluviones del Río Turia (Calomarde) tienen una composición fundamentalmente arenosa con clastos redondeados heterolíticos, fundamentalmente carbonatados. Presentan una abundante matriz limosa. Además presentan en su curso abundantes acumulaciones de travertinos (tobas calcáreas con abundantes restos vegetales).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE CALOMARDE



ESCALA 1:2.000

2.º Características geomorfológicas.

El punto de estudio morfológicamente corresponde a un talud excavado por el Río de la Fuente del Berro con dirección E-W.

Este talud inestable presenta dos tramos diferenciados en virtud de su pendiente. La zona problemática presenta un farallón calizo muy fracturado y profundamente meteorizado.

La acción principal de la meteorización del macizo, sobre todo en las superficies más expuestas, la acapara la proveniente de precipitaciones combinadas con la acción mecánica de las plantas que ven favorecida la penetración de sus raíces por las fracturas.

En general el modelado es típicamente kárstico con oquedades tanto en superficie como en el propio talud producidas por disolución de las aguas superficiales.

El valle se halla excavado sobre el macizo calcáreo hasta quedar su nivel base implantado sobre las arcillas de colores abigarrados del Keuper. Sobre este, como sustrato impermeable discurre el río de la Fuente del Berro, así como todos sus subsidarios que fluyen desde las partes altas a partir, muchas veces, de sugerencias en la caliza.

6.- PROBLEMATICA DE ESTABILIDAD.

La inestabilidad de la zona queda introducida ya en el capítulo de DESCRIPCIÓN.

Podemos dividir en dos el problema:

- 1.º Inestabilidad general del macizo.
- 2.º Inestabilidad puntual del bloque concreto.

- 1.º Inestabilidad general del macizo.

En la parte superior de la pendiente, la que forma un relieve con paredes verticales y extraplomos a favor de cavernas abiertas, de poca profundidad.

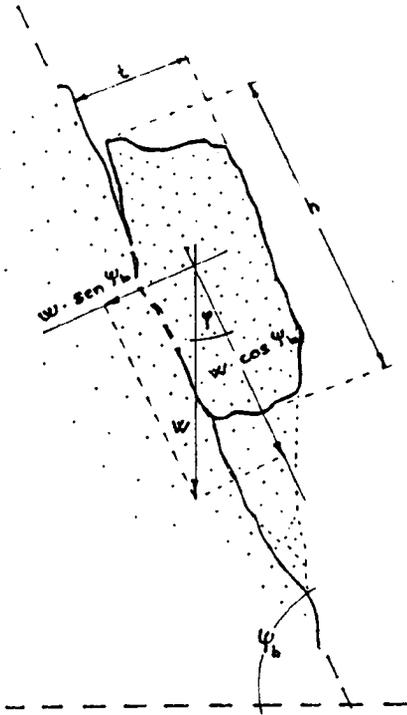
El juego de diaclasas y planos de estratificación determinan bloques inestables en estas condiciones de pendiente.

Imágenes de esta inestabilidad lo son las fotografías n.º 3, 4, 5, 6, 9 y 10. En concreto las dos últimas presentan una panorámica de la situación en parte la ladera.

- 2.º Inestabilidad del bloque concreto.

Como se observa en las fotografías n.º 3, 4, 5 y 6 a los factores antes descritos se les suma el producido por la acción mecánica de las raíces de las plantas que se han desarrollado en la fractura. Principalmente la sabina que corona el bloque.

A continuación describimos, con detalle, los principales factores de inestabilidad que están jugando en este caso.



CONDICION: $\psi_b > \varphi \rightarrow$ DESLIZAMIENTO. Luego el plano no es tal o al menos no es continuo, existe un juego de entrantes - salientes que le confiere una virtual estabilidad. Si en la roca la acción de: 1.º la Sabina consigue ensanchar la fractura, considerando el modelo de corte directo, nos movemos a favor de la dilatancia y conseguimos, entonces, acercarnos más a la tensión de pico. El proceso de dilatancia inferido por la acción del crecimiento de las raíces progresa hasta un punto en el que nexos de apoyo no son los suficientemente sólidos como para resistir la concentración de esfuerzos que se reúnen en ellos. Ceden y el bloque se desprende.

Factores de Inestabilidad.

El macizo calcáreo en el que se acusan los problemas de inestabilidad presenta caracteres típicos de erosión, del tipo de roca que lo constituye y de las condiciones climáticas de la zona.

Inciden como factores negativos de la inestabilidad los siguientes:

- 1.- Los cambios de temperatura.
- 2.- La actividad orgánica.
- 3.- La acción de la gravedad.
- 4.- Disolución por aguas meteóricas.

1.- Cambios de temperatura.

Es un factor que incide sobre la roca previamente fracturada y en combinación con otros factores. Se ha experimentado con rocas sanas para variaciones de temperatura obteniéndose resultados negativos (Blackwelder, 1.933; Griggr, 1.936).

Si la roca presenta como en este caso fracturas previas (bien sean planos de estratificación o fracturas de origen tónico) la acción resulta mucho más acusada.

Concretamente en la Sierra de Albarracín las variaciones climáticas estacionales son muy fuertes. En invierno son comunes temperaturas muy por debajo de los 0°.C. Estas temperaturas combinadas con las frecuentes precipitaciones y la facilidad de las rocas calcáreas para "transporte" de aguas meteóricas son las responsables en buena parte de el progresivo deterioro del macizo.

El agua en una grieta al helarse aumenta de volumen, como media un 9 %; este volumen lo gana en espacio de la grieta en la que se encuentra, abriéndola.

2.- Actividad orgánica.

Dentro del conjunto de los factores negativos suele ser este el de menor importancia. En nuestro caso, y concretamente para la "placa" inestable es, a nuestro juicio, el factor desencadenante.

Por reacción de ácidos y cambio iónico. El catión H^+ , producido por los rizomas de los líquenes y por las raíces de las plantas, ataca de forma importante el $CO_3 Ca$ y cambia en los minerales los iones metálicos. Una vez que el proceso ha comenzado se acelera por la acción de los ácidos carbónicos, húmicos y otros orgánicos.

Se observa perfectamente en toda la pendiente que la vegetación (arbustiva) se implanta en las fracturas. Como se puede ver en la fotografía número 4, la grieta principal que inestabiliza la placa mayor se encuentra colonizada por arbustos. Concretamente en la zona superior existe un gran arbusto (sabina) cuyas raíces atraviesan toda la grieta y sobresalen por debajo. No queda ninguna duda de que esas raíces fueron en gran parte responsables del desprendimiento de parte de esta placa.

3.- La acción de la gravedad.

Este factor incide desde dos puntos: 1. La fracturación (meteorización física) por cambio de condiciones ambientales de la roca. 2. La acción in situ de la gravedad en las condiciones actuales.

En el primer caso el argumento consiste en pensar que las condiciones en profundidad al emerger el macizo varían dándose procesos de relajación general que actúan primeramente sobre las anisotropías de la propia roca; actúan sobre los propios planos de estratificación separándose. El macizo presenta fracturas predominantemente a favor de los planos de estratificación.

En segundo lugar la gravedad actúa sobre los taludes verticales del macizo desprendiendo aquellos bloques que rebasan un grado crítico de inestabilidad.

El último bloque, de grandes magnitudes, desprendido lo hizo entre otros a favor de un plano horizontal, de estratificación, que no presentaría la misma cohesión que el resto de la roca. (Ver fotografía 3 y 5).

4.- Disolución por aguas meteóricas.

Este factor actúa negativamente en la estabilidad por varias razones.

1. Por incremento de las presiones intersticiales en las fracturas y pequeñas fisuras de la roca.
2. Por acción del agua helada en combinación con el factor temperatura.

3. Por disolución: la roca caliza es poco soluble en agua pura (0,065 gms/l. expresado en $\text{CO}_3 \text{Ca}$ a 20°C), pero en presencia del anhídrido carbónico (aportado en nuestro caso por las raíces) el carbonato cálcico se va disolviendo en forma de bicarbonato cálcico. [Solubilidad es 166 gms/l., expresado en $(\text{CO}_3\text{H}) \text{Ca}$, a 20°C]. A temperaturas más bajas la solubilidad es mayor.

7.- ALTERNATIVAS DE ACTUACION.

7.1. Medidas urgentes.

De las medidas a tomar diferenciaremos en primer lugar actuaciones urgentes destinadas a mejorar la situación paliando el efecto nocivo que ejerce la vegetación en la grieta abierta.

1.º Es indispensable, como ya se recomendó en la visita al lugar, que se corte la sabina instalada en la grieta, se limpie sin necesidad de profundizar mucho en la misma y se selle. El sellado de la grieta persigue evitar que penetren por ella aguas meteóricas y continúe la disolución y el incremento de presiones intersticiales que empujan en favor del desprendimiento.

7.2. Medidas de protección:

7.2.1. Solución empalizada.

Se propone aquí la colocación de una empalizada de vigas de hierro que consiga detener el bloque o parte de él que se desprendera, fragmentándolo y disipando la energía de caída desde su posición en estraplomo.

Esta solución comprende las siguientes operaciones y equipo.

EQUIPO: 1.- Compresor para equipo neumático.

2.- 200 m. de manguera para martillo. Si ello no fuera posible se vería la posibilidad de subir el compresor por la pendiente, o acceder desde la parte alta de la ladera.

OPERACIONES: 1. Perforación de dos filas de orificios de un metro de profundidad. Proponemos una distancia media entre vigas de la misma fila de 80 cm. La distancia de la empalizada hasta la base del talud vertical la determinará el punto de impacto del bloque anterior. Más de 2 m. de seguridad. El interés mayor radica en dejar la empalizada lo más cerca posible del punto de impacto sin que este se produzca directamente sobre ella y sin que pueda existir posibilidad de "bote" por encima.

2. Plantada de las vigas de acero en la disposición que indica la figura fijándolas perfectamente con mortero. Se procurará una alineación e inclinación uniforme.

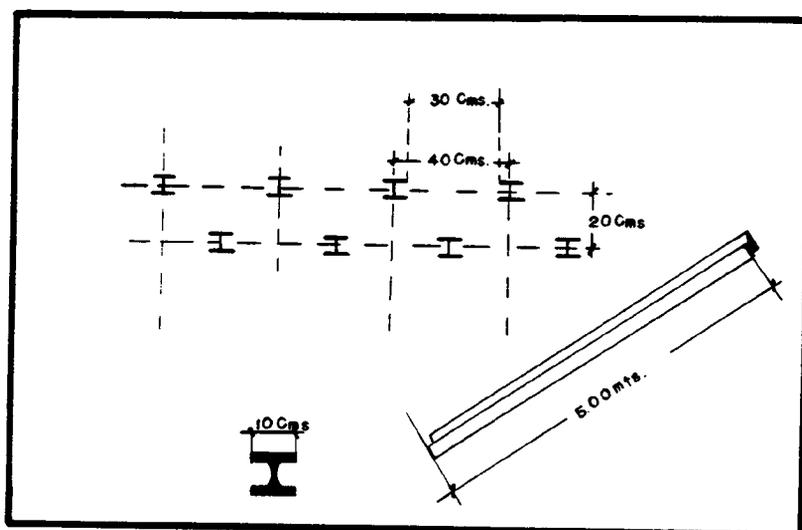


Figura 7.I.

Disposición y dimensiones de los elementos de la empalizada.

2.2. Alternativa: muro de contención.

La altura de un muro de contención que apuntalara en su base el bloque inestable sería en este caso de no menos de 20 m. Sería preciso trabajar la roca para preparar una base estable de apoyo al muro y anclarlo al macizo.

El material necesario sería mucho y no es fácil el acceso al punto con carga.

Por todo lo dicho no nos parece, en este caso, la solución idónea.

2.3. Alternativa: malla anclada.

La instalación de la malla se realizaría adaptándose al bloque y quedando en voladizo bajo él (ver anexo). Se anclaría en la parte superior e inferior en todo su perímetro, mediante los bulones precisos. Se trenzaría (como es habitual en este procedimiento) una sirga de acero en la malla que a su vez quedaría sujeta por los bulones, tanto arriba como abajo.

Se persigue en este caso que el bloque que se desprenda que de confinado entre la malla y la pared; que la malla sea capaz de compensar la componente horizontal de los bloques desprendidos; que discurrirán por el plano de rotura, botaría sobre un plano inferior, en el impacto se romperá, y los trozos no saldrían lateralmente abajo al quedar retenidos por la malla.

Para la realización de esta medida se estima que serían necesarios 350-400 m² de malla metálica galvanizada, 40 m. de sirga de acero y entre 30 y 40 bulones de 1 m. Colocados a intervalos de 1 m. Toda esta labor la suelen llevar a cabo empresas especializadas que se ocupan de toda la obra auxiliar y materiales en cuyo presupuesto, dando un precio unitario por m² incluyen todos estos extremos.

2.4. Tratamientos destructivos mediante voladuras o productos químicos expansivos.

Este tratamiento se podría realizar también en combinación con la instalación de la malla metálica. De esta forma al ir fragmentando parcialmente los bloques quedarían atrapados en la parte inferior de la malla.

Mediante productos químicos expansivos.

El método de ruptura por medio de productos químicos expansivos de demolición se realiza perforando previamente en la roca, rellenando con el producto que expansiona y rompe.

Existen productos que tardan entre 8 y 12 horas en producir la expansión, aunque existen otros productos más rápidos (entre 20 - 30 minutos) tipo "Calnuțe".

Sin malla, sería recomendable realizar el derribo del bloque por fases desprendiéndolo en fragmentos menores.

Explosivos.

La medida de derrivar el bloque mediante explosivos sin ningún método de contención es desaconsejable. El propio método introduce un factor de incertidumbre que en este caso, por haber soluciones alternativas, es mejor no tener en cuenta.

3. Medidas de protección del talud a largo plazo.

Una vez tomada la medida de corrección de la inestabilidad del bloque en concreto es preciso fijar unas pautas preventivas de casos semejantes. Como ya se ha mencionado existen otras inestabilidades en el talud, que aunque hoy no representan un peligro inmediato para el Pueblo si lo puede llegar a representar si se combinan los mismos factores que en este caso.

- Es recomendable limpiar de vegetación las fracturas que al progresar den bloques inestables.

- Es muy recomendable la repoblación de la ladera que queda por debajo del talud rocoso. Esta medida se ha mostrado como una de las más eficaces para la contención de desprendimientos, independientemente de otros beneficios ambientales.

Las especies recomendables son normalmente las autóctonas puesto que son las que condiciones ambientales han seleccionado como más apropiadas. En este caso las zonas pobladas presentan coníferas de las especies Pino pinæ, Pino sylvestris y Sabinas.

8.- COCLUSIONES.

Una vez analizado el problema y evaluadas las posibles soluciones se recomienda:

1.º Realizar de inmediato las actuaciones recogidas como medidas urgentes: cortar la sabina y limpiar y sellar la fractura en su parte superior.

2.º De las medidas de protección consideramos la más eficaz y económica la solución empalizada con viga metálica. La situación queda suficientemente explicada en el punto 7.2.1. Añadir aquí que como material para la empalizada es muy frecuente en casos similares la utilización de carriles de ferrocarril desechados. Su obtención no suele ser difícil y plantea notables mejoras sobre el presupuesto.

En caso de querer eliminar el bloque definitivamente se recomienda que: una vez instalada la empalizada se derribe utilizando para ello bien una voladura controlada que fragmente el bloque "in situ" o bien la utilización de cementos expansivos.

3.º Por último se recomienda la repoblación de la ladera para prevenir desprendimientos no solo sobre el Pueblo sino también sobre carreteras y caminos vecinales.

EL DIRECTOR DE ESTUDIO

Fdo.: Francisco Javier Ayala Carcedo.

JEFE DEL AREA DE GEOTECNIA.

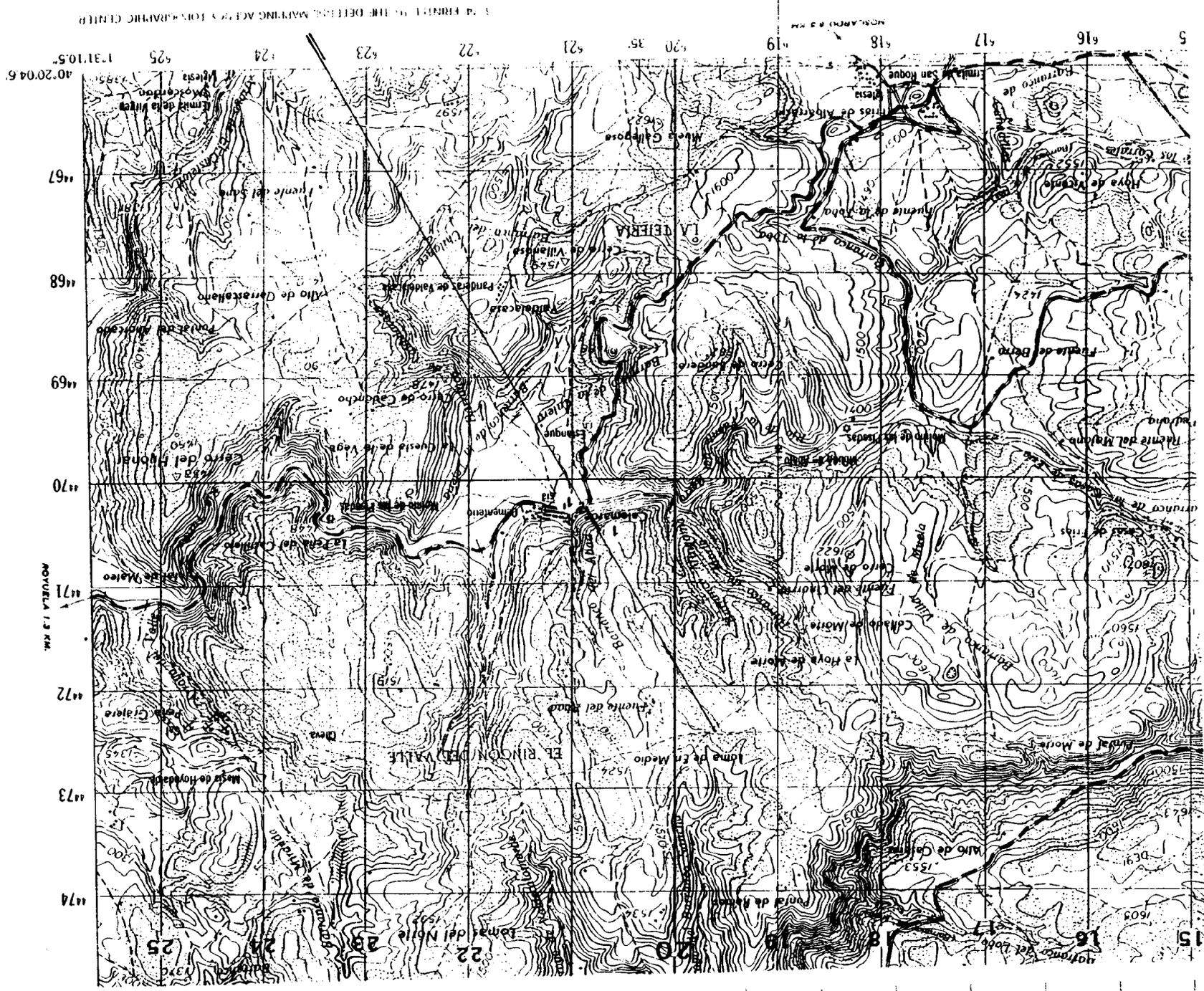
V.º B.º

EL DIRECTOR DE AGUAS SUBTERRANEAS
Y GEOTECNIA

A N E X O S

A N E X O . I .

TOPOGRAFIA GENERAL .



I. Topografía de la zona. (Situación del corte 1 - 1').

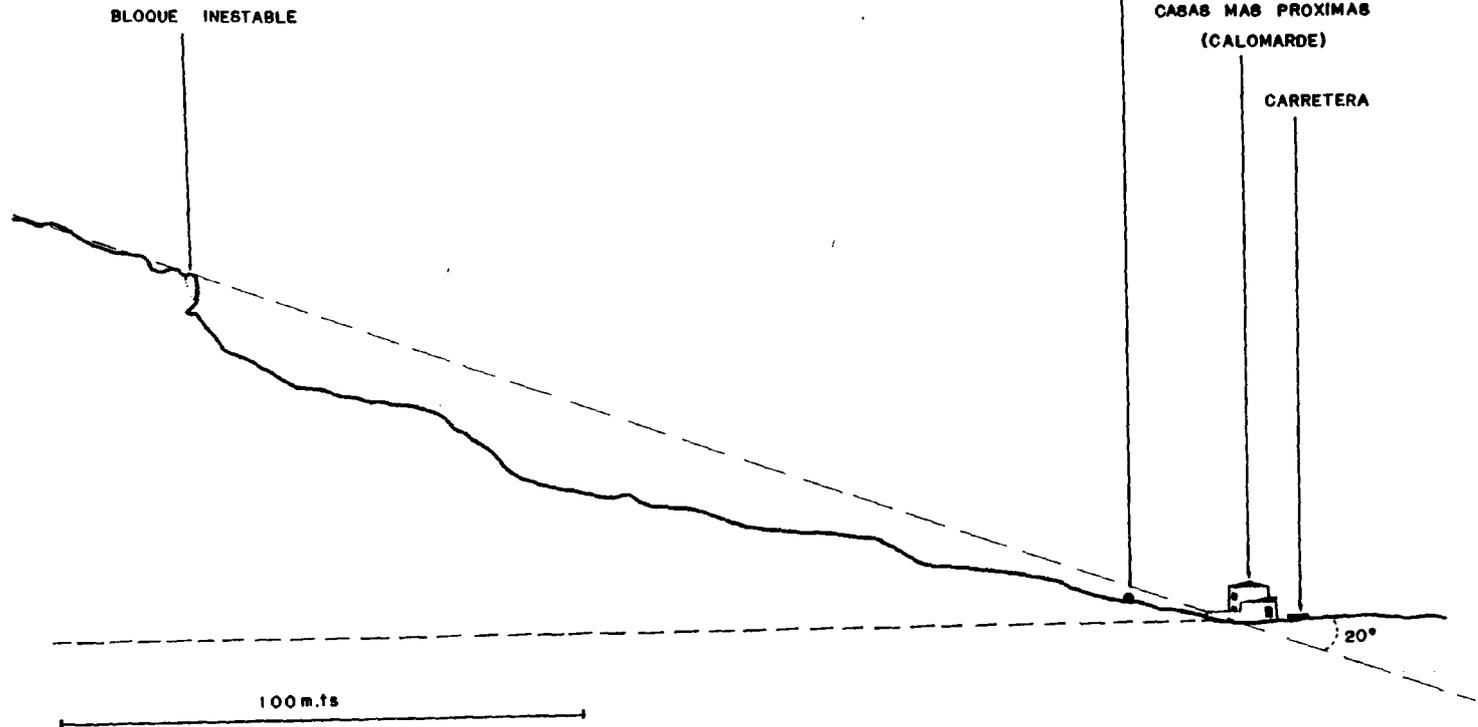
E = 1:25.000

A N E X O. II.

PERFIL.

PERFIL TRANSVERSAL ESTIMATIVO DE AREA DE RIESGO

PTO. MAS BAJO AL QUE LLEGARON LOS
DESPRENDIMIENTOS (INVIERNO 1986)



A N E X O. III.

FIGURAS.

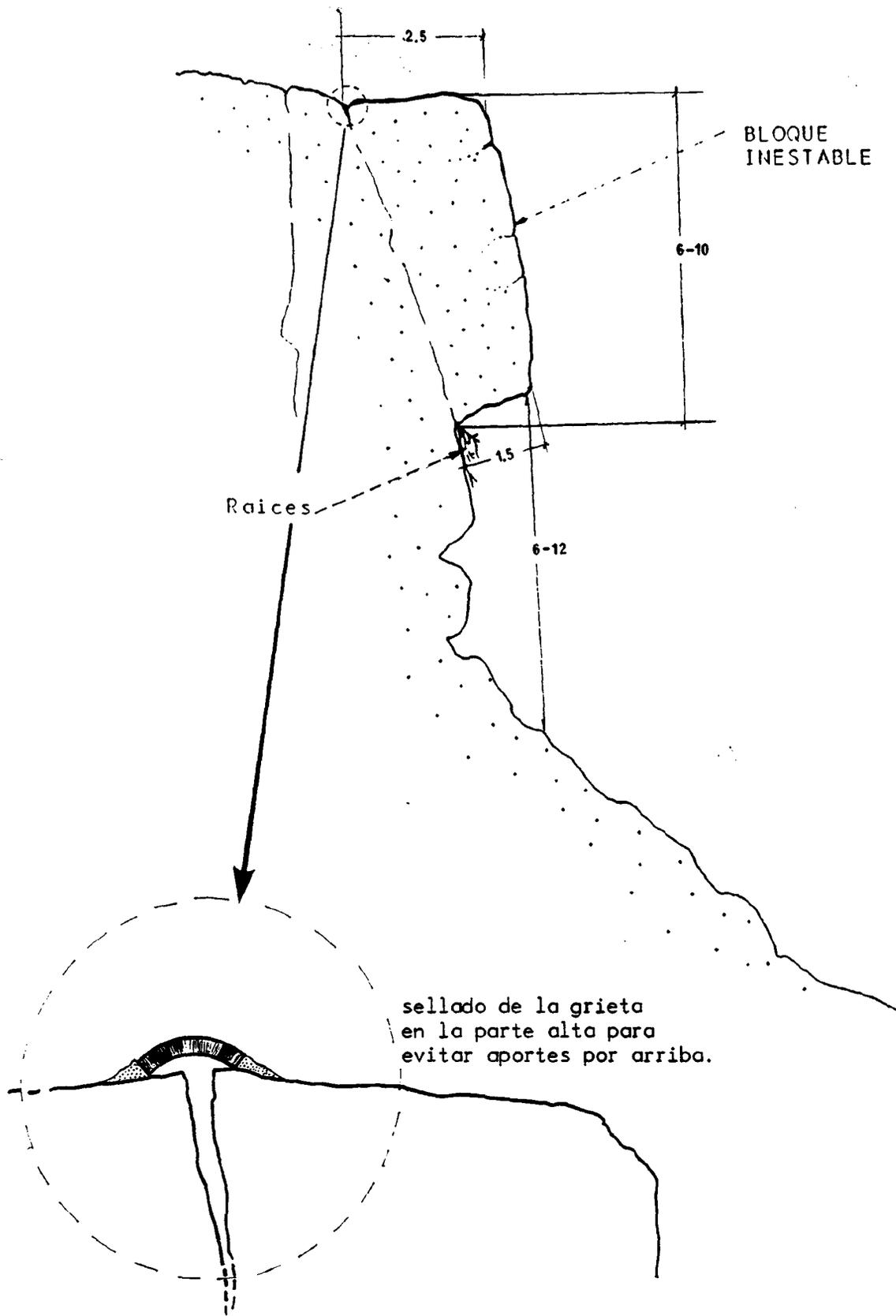


Figura III.2. Actuaciones inmediatas.

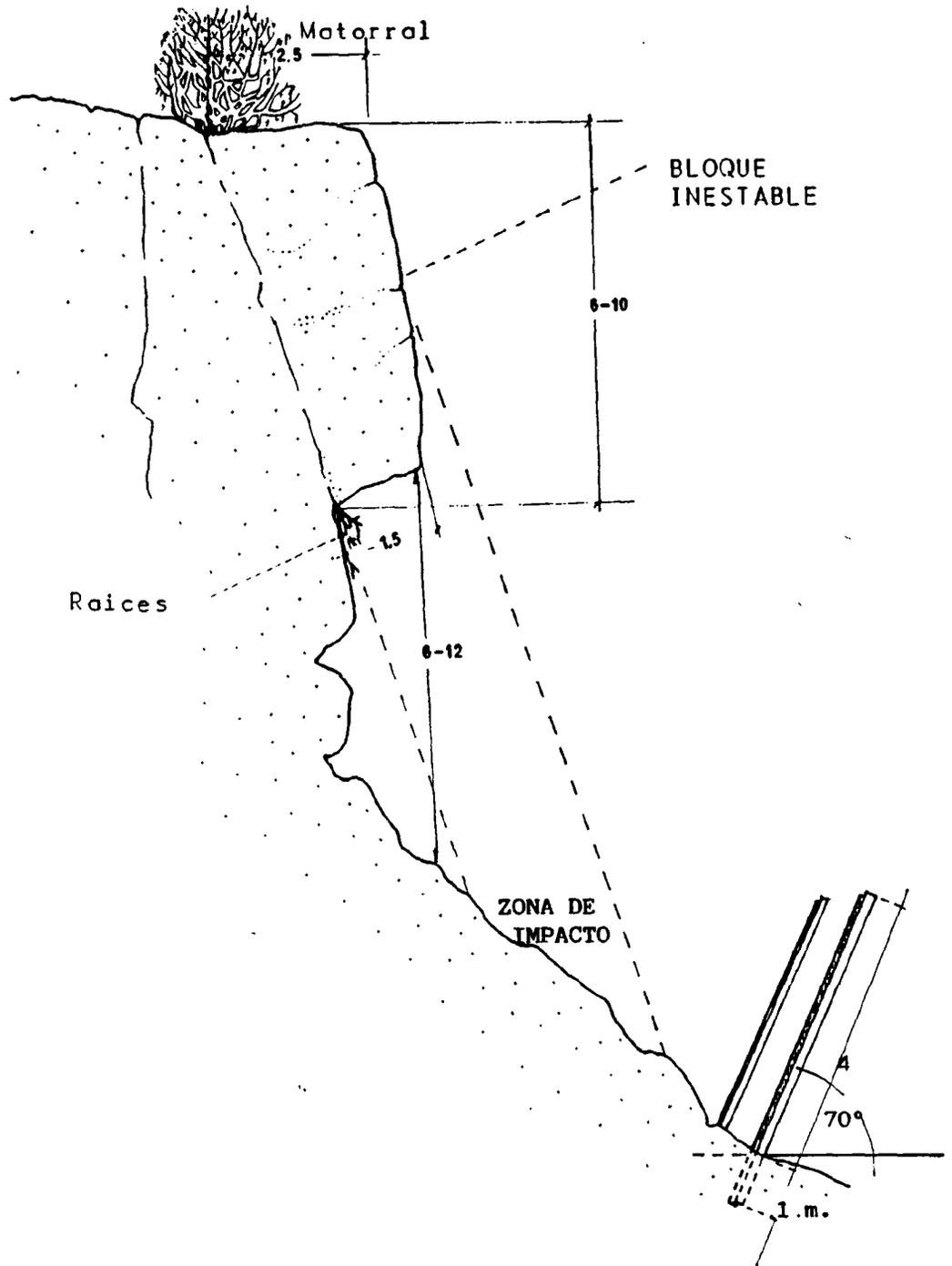


Figura III.3
 SOLUCION EMPALIZADA
 (distancias apreciadas en metros)

SOLUCION MALLA METALICA

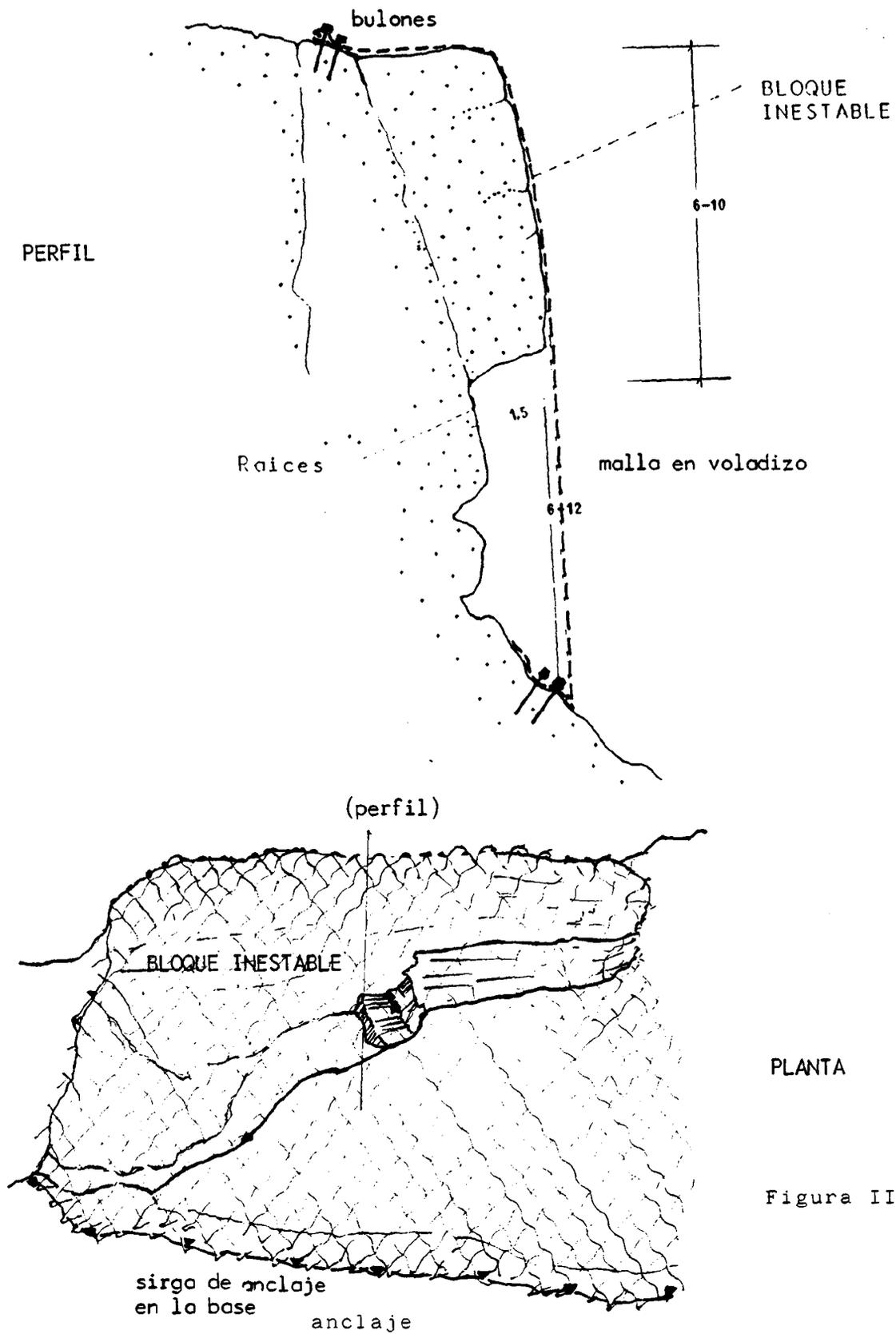
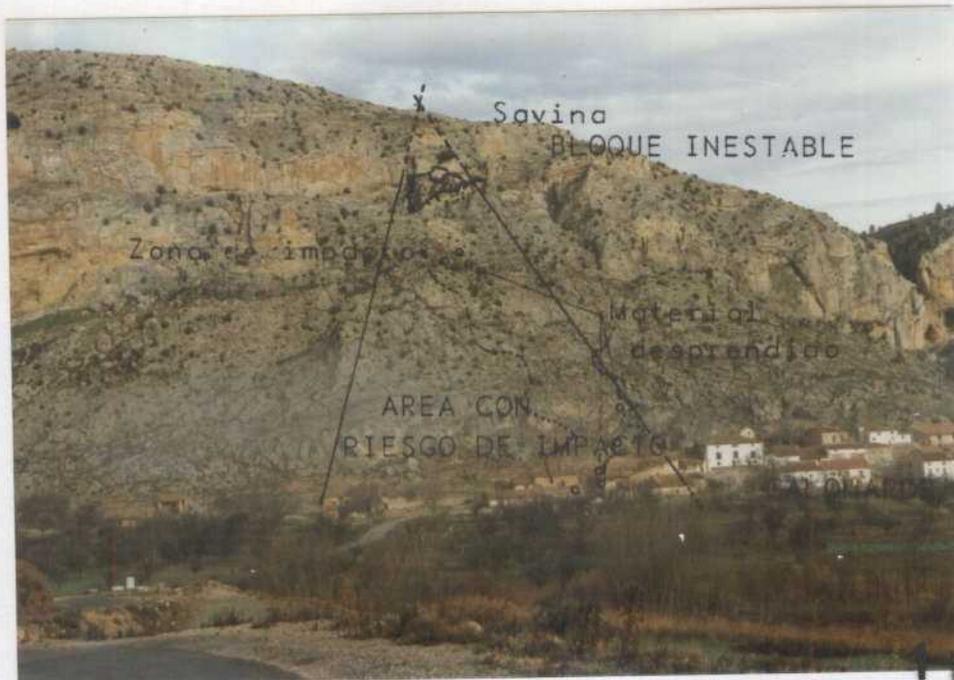


Figura III.4.

A N E X O . I V .

FOTOGRAFIAS .



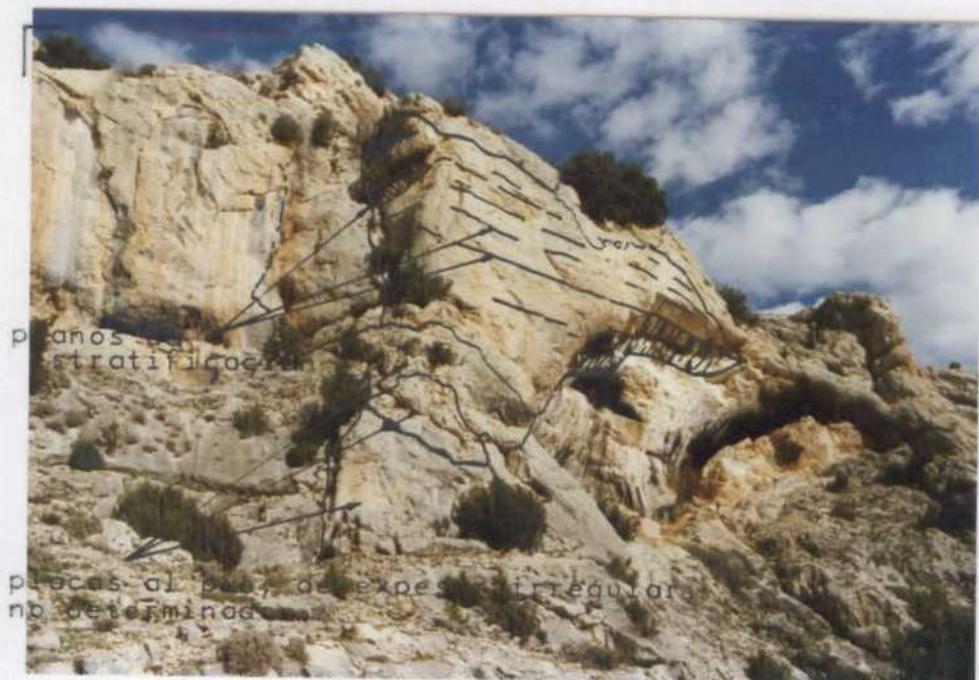
FOTOGRAFIA 1. Panorámica frontal de la situación de los desprendimientos en relación con el área de riesgo.



FOTOGRAFIA 2. Panorámica desde la zona de impacto del área de riesgo. Obsérvese la fragmentación de los materiales desprendidos.



FOTOGRAFIA 3. Vista frontal del bloque inestable y dimensiones estimativas. Obsérvese la situación de la sabinas y como se marcan las sugerencias a partir de la propia fractura.



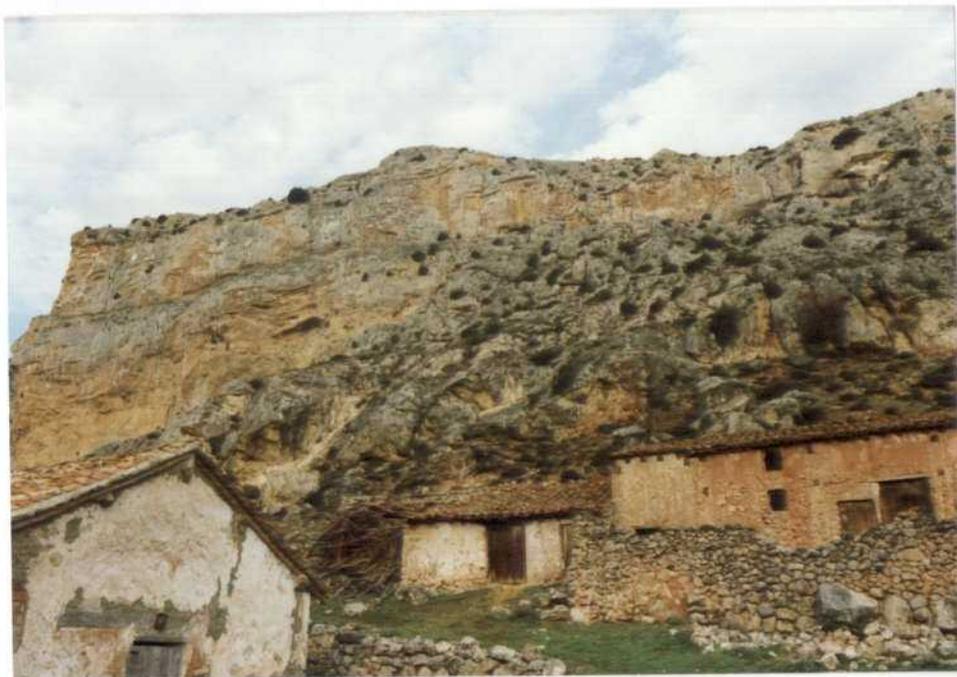
FOTOGRAFIA 4. Vista oblicua del bloque inestable. Obsérvese: Fractura principal lateral abierta donde crece la vegetación. Plano de estratificación en toda la "placa" y como el bloque desprendido, lo ha sido a favor de uno de ellos.



FOTOGRAFIA 5. Vista parcial de perfil del bloque inestable desprendido así como la fractura abierta por la que salen las raíces de la sabina que crece en su parte superior.



FOTOGRAFIA 6, Vista oblicua del bloque inestable. Obsérvese la fracturación de la roca según planos aproximadamente paralelos al talud a favor de los cuales crece vegetación y circula el agua.



FOTOGRAFÍAS 7 y 8. Vista panorámica desde las casas afectadas. Obsérvesen rocas desprendidas (colores más claros) y calidad de la edificación. En el corral de la casa a la Izda. de la fotografía 8 hubo un impacto sobre el muro posterior.



FOTOGRAFIA 9. Vista; desde abajo, de otras fracturas en el mismo macizo a unos 30 m. a la izquierda del bloque inestable.



FOTOGRAFIA 10. Idem que 9. Vista superior. Véase la fractura abierta, la vegetación implantada sobre ella y el efecto de pandeo inestable de la placa.

A N E X O V.

PARAMETROS AMBIENTALES.

Los valores que se aportan se refieren a las estaciones meteorológicas más cercanas con registros continuos. Tenemos en primer lugar, datos sobre precipitaciones y en segundo lugar datos sobre temperaturas.

Es preciso tomar con ciertas reservas los datos aportados puesto que las características ambientales de Calomarde corresponden a una zona intramontañosa, que en cualquier caso acentuaría la extremidad de algunos parámetros, aunque se trate de la misma zona.

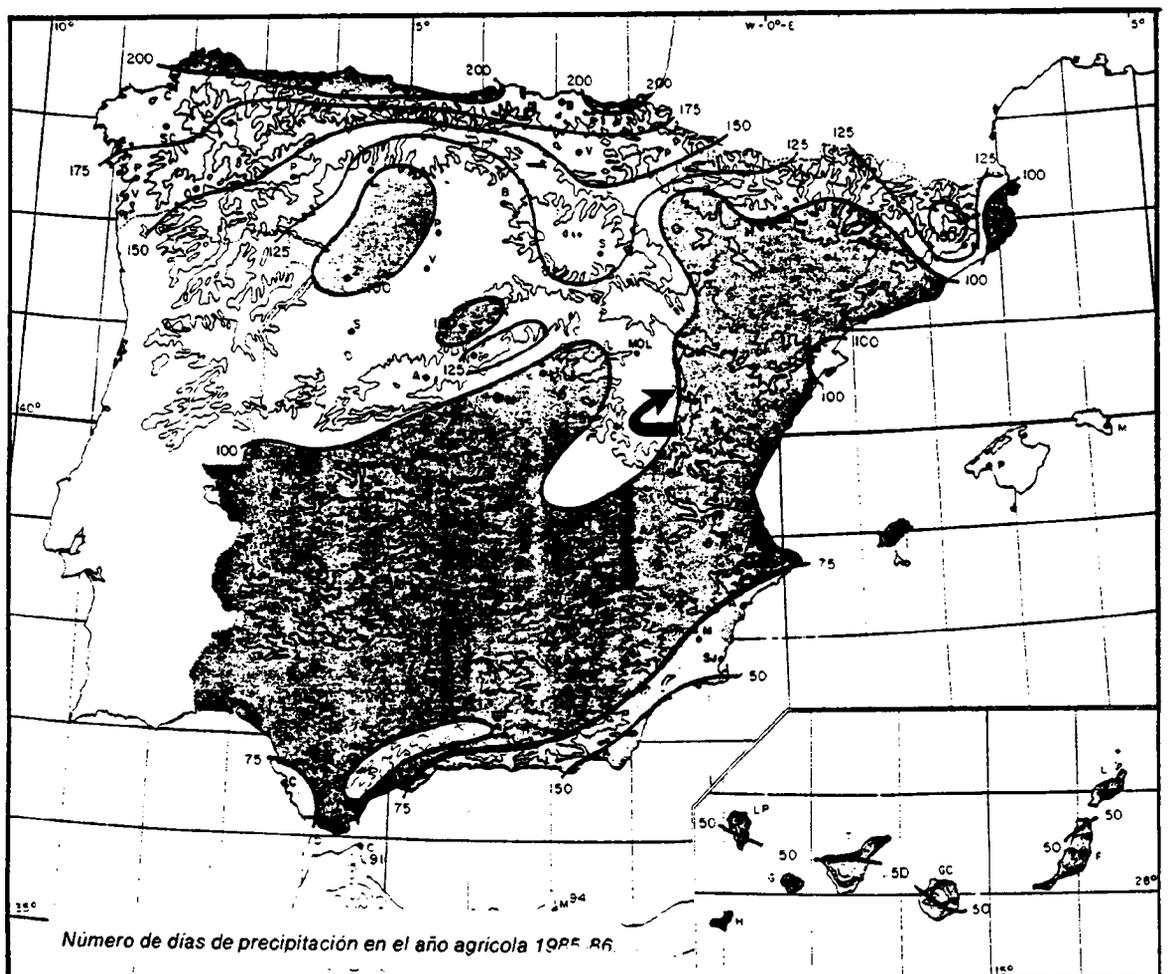
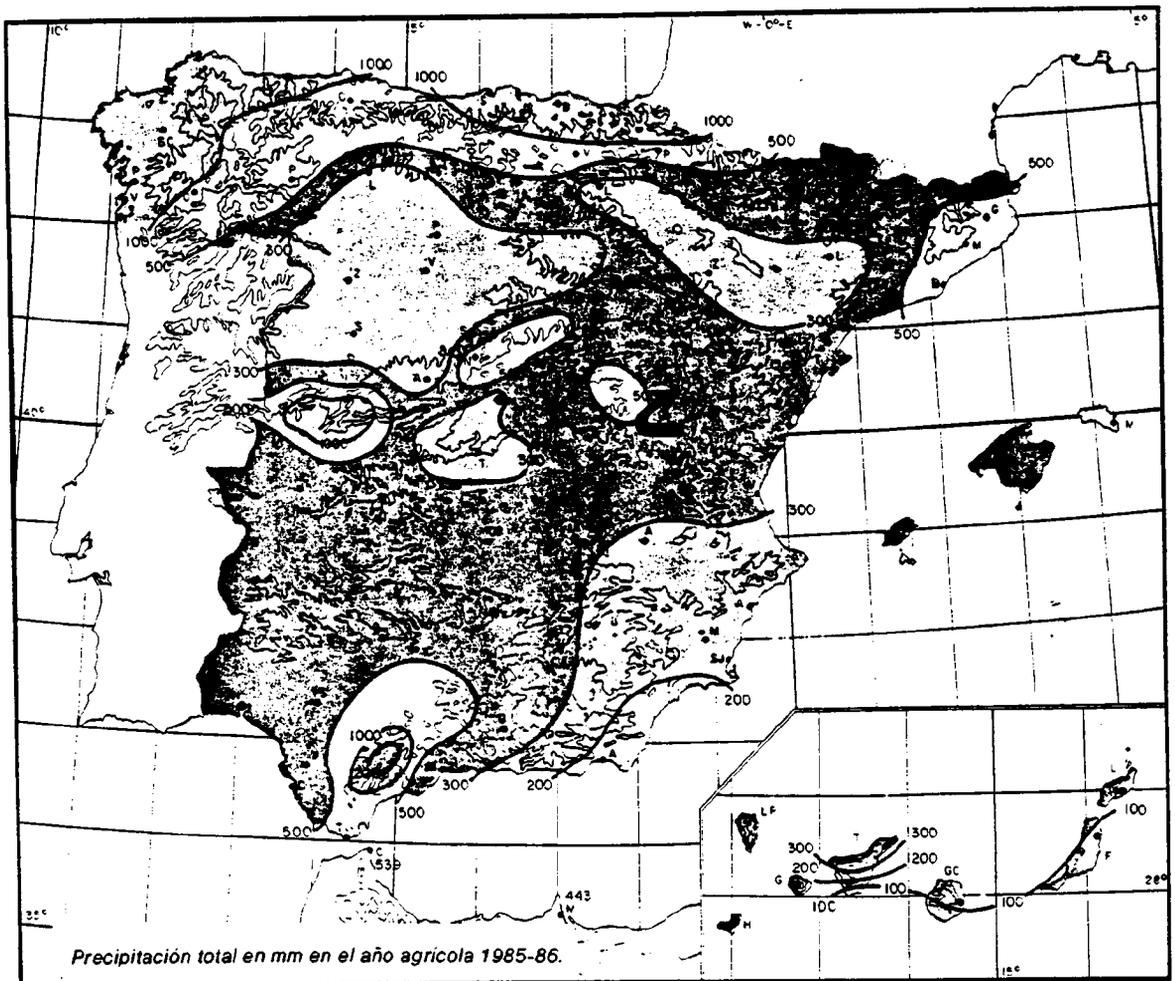
Datos aportados por el Instituto Nacional de Meteorología del M.T.T.C.
"Calendario Meteorológico, 1.987".

NUMERO DE DIAS DE PRECIPITACION

Nombre de la Estación	1985				1986								Año
	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ags.	
Molina de Aragón	5	3	12	12	9	17	10	16	9	10	3	3	109
Daroca	2	7	13	10	15	17	12	18	14	10	3	3	124
Calamocha	1	2	10	8	9	16	11	13	8	8	3	2	91
Teruel	—	—	—	—	—	—	—	18	8	8	5	3	—

PRECIPITACION TOTAL (mm)

Nombre de la Estación	1985				1986								Año
	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ags.	
Molina de Aragón	10	16	33	44	28	62	29	77	36	66	18	22	441
Daroca	0,5	7	20	21	24	37	39	73	64	33	15	30	364
Calamocha	ip	20	26	23	26	30	24	73	65	32	8	17	344
Teruel	—	—	—	—	—	—	—	40	94	19	37	0,5	—



NUMERO DE DIAS DE HELADA

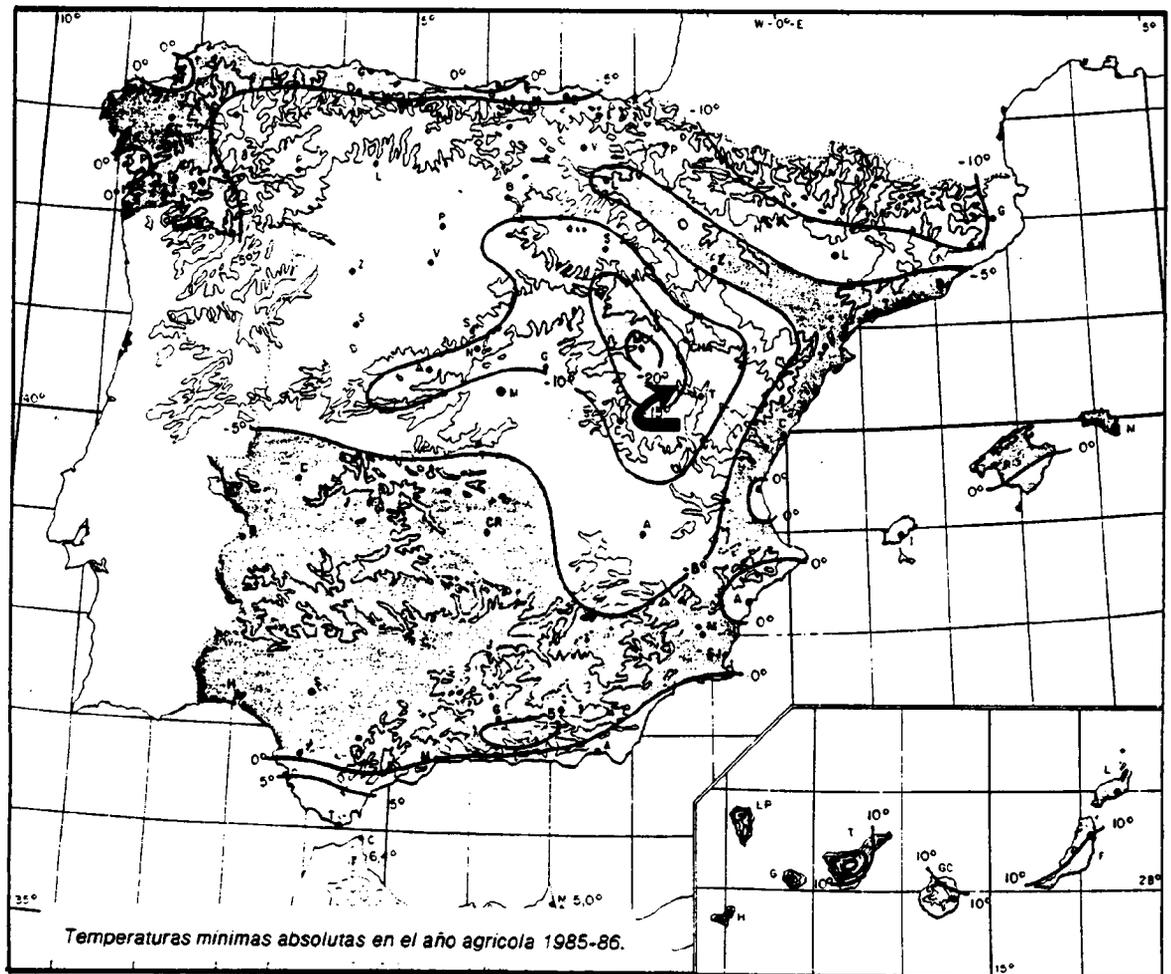
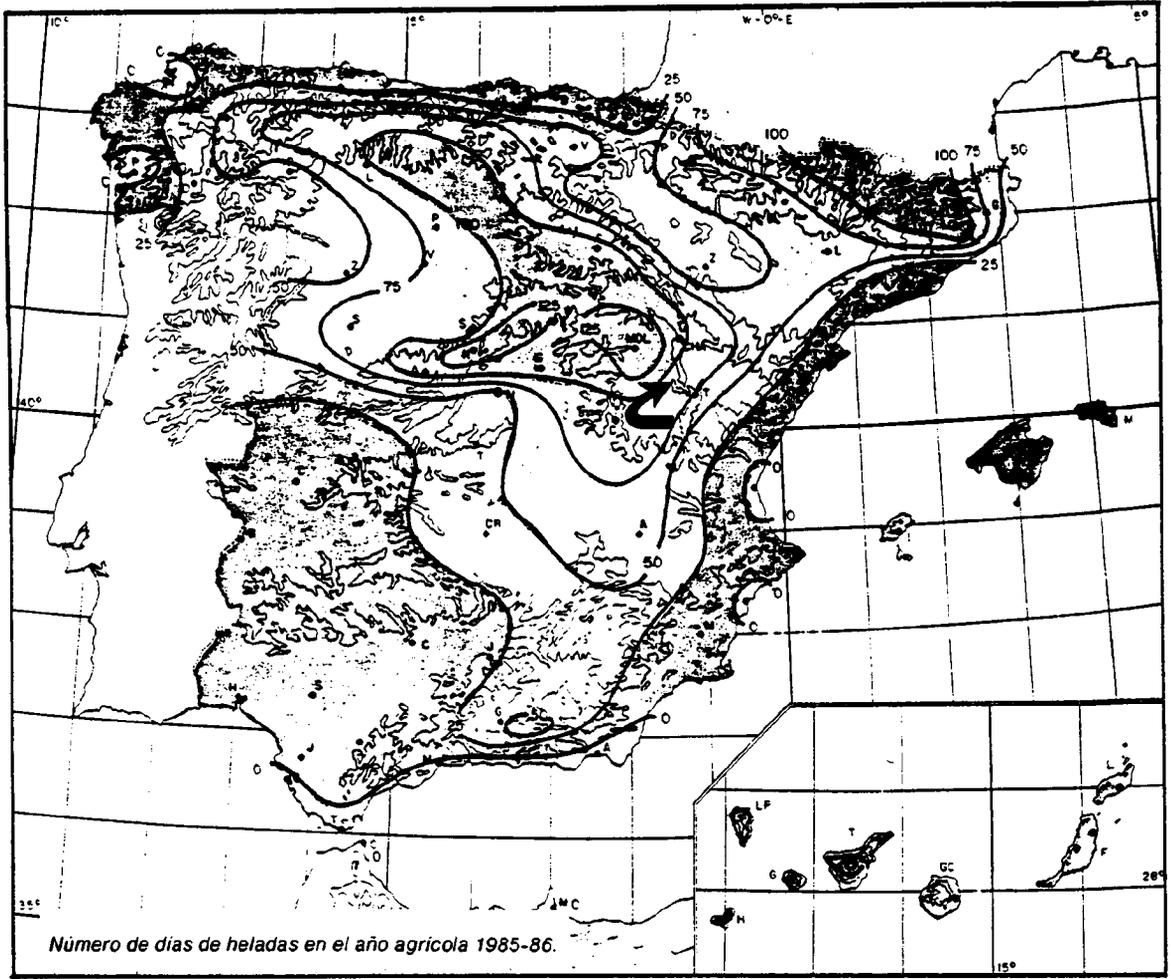
Nombre de la Estación	1985				1986								Año
	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ags.	
Molina de Aragón	0	10	19	22	28	17	23	18	2	0	0	0	139
Daroca	0	0	15	19	21	11	11	5	0	0	0	0	82
Calamocha	0	2	17	16	21	16	15	14	2	0	0	0	103
Teruel	—	—	—	—	—	—	—	11	0	0	0	0	—

TEMPERATURA MINIMA MEDIA (°C)

Nombre de la Estación	1985				1986								Año
	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ags.	
Molina de Aragón	7.0	2.2	0.0	-3.2	-3.1	-3.2	-1.7	-0.5	5.7	8.0	10.4	9.2	2.6
Daroca	12.0	7.0	2.1	-0.3	-0.4	0.9	1.6	2.3	10.0	11.8	14.6	14.7	6.4
Calamocha	9.3	4.8	1.2	-1.3	-1.2	-1.1	-0.1	1.1	7.2	9.1	11.6	11.9	4.4
Teruel	—	—	—	—	—	—	—	1.3	7.0	9.8	12.6	12.8	—

TEMPERATURA MINIMA ABSOLUTA (°C)

Nombre de la Estación	1985				1986								Año
	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ags.	
Molina de Aragón	1.2	-1.8	-10.0	-11.2	9.2	-20.2	-10.4	-5.0	-1.4	1.2	4.6	1.8	-20.2
Daroca	5.4	2.2	-6.8	-6.2	-4.0	-8.6	-3.6	-3.4	1.6	5.0	8.8	4.4	-8.6
Calamocha	1.5	0.0	-9.0	-13.0	-5.5	-14.6	-5.0	-4.8	-1.0	2.0	7.0	2.8	-14.6
Teruel	—	—	—	—	—	—	—	-4.4	0.4	5.4	7.0	8.0	—



VI. Presupuesto estimado

- PRESUPUESTO DE LA SOLUCION "EMPALIZADA" PARA LA CONTENCIÓN DE INESTABILIDADES EN CALOMARDE (TERUEL).

CONCEPTO	TIPO	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
I. Materiales.	* Carriles de tren 54 Kg/m.	250 m.	30 Pts/Kg.	405.000
	* Mortero	10 m ³ .	6.110 Pts/m ³ .	61.100
			Suma.....	446.100
			12% I.V.A....	55.932
			TOTAL.....	522.032
II. Transporte y Maquinaria especializada.	* ¹ Camión Grúa	1		180.000
	* Motor compresor Diesel Móvil, 77 CV. 7000 L/min.	-	6.300 Pts/día (8 días)	50.400
	* Martillo Perforador - con 25 m. de manguera		1.260 Pts/día	10.080
	* 200 m. de manguera		1.000 Pts/día (8 días)	8.000
			Suma	248.480
			12% I.V.A....	29.818
			TOTAL.....	800.320
* ¹ Se incluye transporte desde origen de los materiales y carga y descarga de los mismos en su lugar.				
III. Mano de obra.	* Oficial 1.ª	1	1.400 Pts/hora (10 días)	112.000
	* Peón	3	1.300 Pts/hora (10 días)	312.000
			Suma.....	424.000
			12% I.V.A....	50.880
				474.880
			TOTAL	1.275.219