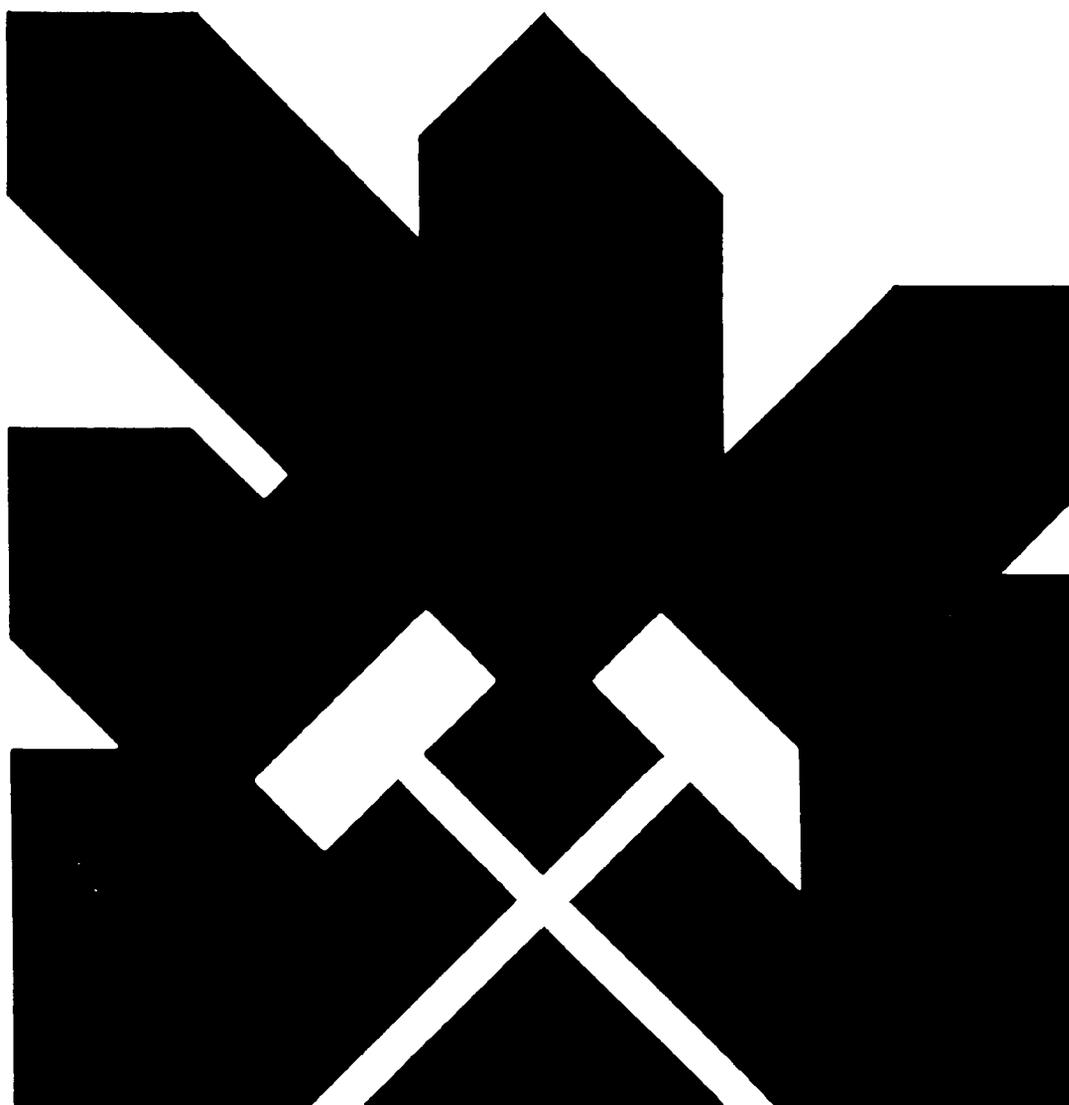


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO DE RIESGO PUNTUAL DE DESPRENDIMIENTOS SOBRE  
LA LOCALIDAD DE PIZARRAS (Málaga).

Marzo 1.988

Nº SICDAN: 87528



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

01224

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo:

- D. Francisco Javier Ayala Carcedo.  
Ingeniero de Minas,  
Director del Estudio. I.G.M.E.
- Dña. Mercedes Ferrer Gijón.  
Licenciada en CC. Geológicas. I.G.M.E.
- D. Vicente Aparicio Valls.  
Licenciado en CC. Geológicas. GEONOC, S.A.
- D. Guillermo O. Conconi.  
Ingeniero Civil. GEONOC, S.A.
- D. José Antonio Grao del Pueyo.  
Licenciado en CC. Geológicas. GEONOC, S.A.
- D. Alberto Gracia Bernal.  
Licenciado en CC. Geológicas. GEONOC, S.A.

## INDICE

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.
- 3.- ANTECEDENTES.
- 4.- SITUACION GEOLOGICA.
  - 4.1. Plano geológico.
  - 4.2. Corte.
- 5.- DESCRIPCION DEL FENOMENO.
- 6.- ANALISIS DE LA SITUACION DE INESTABILIDAD.
- 7.- SOLUCION: VOLADURA DE LA ROCA.
  - 7.1. Factores que intervienen en la voladura.
  - 7.2. Parámetros intrínsecos de la roca.
  - 7.3. Parámetros del macizo rocoso.
  - 7.4. Alternativas.

## ANEXOS

- I. Topográfico de la zona y corte.
- II. Perfil bloque inestable (Dimensiones).
- III. Fotografías y esquemas.

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

En este informe ha sido realizado en virtud de la solicitud de asistencia técnica por parte del Gobierno Civil de la Provincia de Málaga al I.G.M.E.

Se presenta el estudio elaborado sobre una ladera con inestabilidades. Concretamente referido al desgajamiento de un gran bloque con riesgo de desprendimiento que podría afectar a algunas casas de la localidad de Pizarras (Málaga).

Marzo de 1.988.

## 1.- INTRODUCCION.

En cualquier terreno que no sea horizontal existen una serie de fuerzas que tienden a nivelarlo: fuerzas de gravedad, presiones inducidas por filtraciones, presión de agua, que actúan sobre las diaclasas. Se oponen a ello las raíces de las plantas 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 señala "la mayoría de las pendientes abruptas que existen en la naturaleza han sido formadas por la acción de corrientes de agua, olas, glaciars o desmontes de excavación. La erosión en general, y sobre todo los fenómenos de inestabilidad de taludes tienden a suavizar estas pendientes".

Concretamente la formación de este talud se debe al proceso de encajamiento del río Guadalhorce que en su proceso de erosión normal ha creado en este punto taludes de más 30 m. Actualmente el río pasa a algo más de 1 Km. del talud.

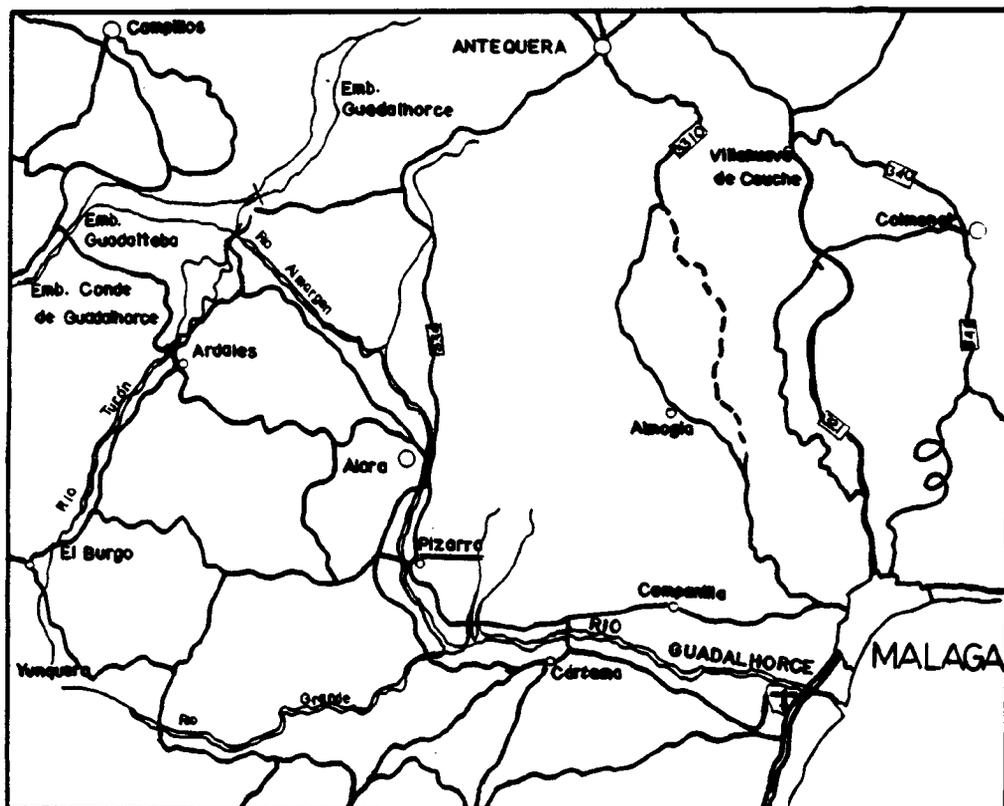
Con el tiempo como un proceso de degradación del talud por meteorización natural se producen desprendimientos locales que unas veces son un proceso gradual, de desgaste de laderas y otras, como en este caso, se producen con des-prendimientos de grandes bloques por socavación.

A algo más de 500 m. de los límites del casco urbano de la Población de Pizarras y a 300 m. de las primeras casas de las afueras existe un gran bloque que presenta indicios de inestabilidad. Los últimos movimientos observados de ese bloque inestable dieron la alarma a la Población. Esta fue recogida por el Gobierno Civil que se puso en contacto con el INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (en su sección de Geotécnia) que mandó a técnicos para evaluar el riesgo y las posibles medidas a tomar.

## 2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.

La capital de la provincia más cercana a Pizarras es Málaga. Para acceder desde esta capital se toma la Comarcal 3310 que sale por el Oeste de la ciudad. A algo más de 3 Km. se toma una local que con dirección Alora y 27 Km. después llega a Pizarras.

Una vez en Pizarras, en el Km. 31 se toma una derivación a la derecha que cruza todo el pueblo. Siguiendo ese camino tras tomar una curva cerrada a la izquierda y otra a la derecha se llega a un punto en el que se divisa perfectamente el bloque inestable situado frente al talud que queda por encima y en la margen izquierda del camino.



### 3.- ANTECEDENTES.

Los antecedentes generales propios del fenómeno son de sobra conocidos. Se trata, descrito de forma simplista, del proceso de erosión de un talud excavado sobre intercalaciones más o menos graduales de areniscas y conglomerados, en cuyo proceso se producen desprendimientos que pueden entrañar riesgo.

Alertados por la Población de Pizarras de que existía un gran bloque "que se había movido", el Gobierno Civil de Málaga, a través de su Consejero de Industria Sr. Manuel Lorite, se pone en contacto con el INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA el día 20 de marzo de 1.988. El día 21 de marzo del mismo año el I.G.M.E. manda técnicos al lugar.

El bloque inestable se movió, según declaraciones de dicho Consejero de Industria, con ocasión de las lluvias especialmente intensas habidas entre los meses de enero y febrero. Entonces se observó ya como el bloque basculó a favor de la pendiente y giró ligeramente hacia uno de sus lados.

También como antecedente se observó un bloque ya caído a unos 50 m. con un volumen estimado cercano a los 250 m<sup>3</sup>. Su posición como también se observó, no era totalmente estable, pues se apreciaban en él movimientos recientes, sin embargo su situación no entraña peligro.

#### 4.- SITUACION GEOLOGICA.

La localidad de Pizarras se encuentra asentada sobre el aluvial del Río Guadalhorce.

Las unidades geológicas que intervienen son cronológicamente:

PALEOGENO (Unidad de aljibe T<sub>2-3</sub><sup>A</sup>).

Fundamentalmente compuesta por areniscas y arcillas que se presentan en series turbidíticas en la mayoría de los casos con estructuras primarias, tales como: estratificación graduada, laminación paralela y "convolute lamination". La arenisca tiene un contenido de cuarzo de hasta el 96 % y se clasifica como sublitoarenita, los estudios sedimentológicos indican un depósito marino de turbidez.

MIOCENO (T<sub>1-1</sub><sup>Bb-Bc</sup>)

Los materiales miocénos, aparte de los que de esta edad pudiera englobar el llamado de un modo amplio "Flysch" son de tipo detrítico grosero, conglomerados y areniscas, en facies que generalmente son llamadas "molasa".

Los estudios de estos materiales los han hecho diversos au  
tores: quizá los más notorios han sido FALLOT (1.945) y BLU  
MENTHAL (1.935). FALLOT cree que estos depósitos se acumu  
laron en un brazo de mar, que desde el Sur subía hasta la  
cuenca del Guadalhorce y se reunía al Este con la cuenca  
de Granada, pasando por el estrecho de Loja. Cree que en  
el mar mioceno había un conjunto de islas y estrechos que  
las separaban.

Estos materiales se encuentran siempre deposita  
dos en discordancia erosiva y angular sobre las series mar  
gosas y detríticas del tipo "Flysch".

Hay dos grandes depósitos molásicos; uno al es  
te de Pizarras y otro al oeste de Alora; tienen aproxima-  
damente la misma altura topográfica y están situados no  
lejos y a cada lado del Río Guadalhorce. En la región del  
Chorro, que está algo más al Norte, FALLOT (1.945) opina  
que este río se encajó y cortó depósitos de esta serie. Es  
bien que algo parecido hubiera ocurrido en esta zona y que  
en un principio ambos depósitos hubieran estado unidos.

Ambos tienen la misma presencia morfológica y  
son en realidad dos relieves tabulares de cumbres planas.

Una datación de estos materiales se la debemos a BLUMENTHAL, según FALLOT (1.945), que reconoció en Alora el *Aequipecten praescabrisculus* FONT, que data el Burdigaliense; según este autor, probablemente las series superiores sean Helvecienses, y se desconocen aquí el Tortoniense y el Pontense.

Sin embargo, en parecidos materiales de facies molasa la Misión de Andalucía (1.889), por una importante asociación de fósiles, dató un Mioceno Medio Superior.

En las series de formación "Flysch" se ha datado Oligoceno terminal y Aquitaniense en facies del Aljibe, que son las mismas que se atribuyen a los materiales sobre las que descansa la molasa.

Se supone que la serie Aljibe se emplazó en la fase Postburdigaliense; por tanto, resulta más verosímil la edad atribuida por la Misión de Andalucía, de MIOCENO Medio Superior, que la atribuida por BLUMENTHAL por un solo fósil.

#### DERRUBIOS DE LADERA (Qcd.).

En toda la Hoja aparecen retazos de coluviones atribuibles al Cuaternario reciente. Como tal deben considerarse las acumulaciones de bloques al pie de Hacho (Alora).

Otras veces, los extensos coluviones que se encuentran en los cerros isla (Sierra de Gibargalla, etc.) deben incluirse en los depósitos áridos pliocuaternarios, tanto por sus tonos rojos como por su espesor y por encontrarse disecados por las vaguadas.

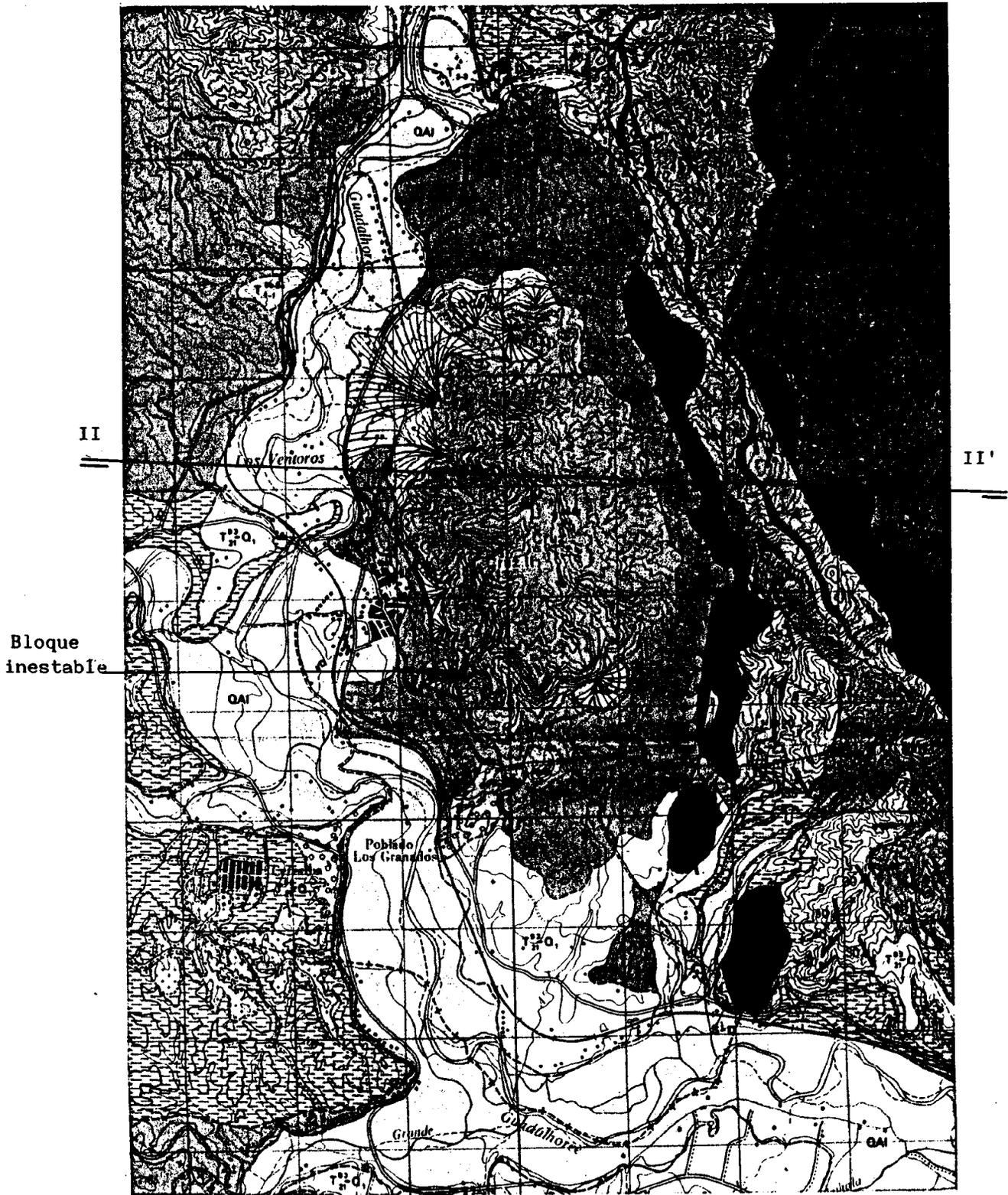
Sin embargo, los derrubios modernos no han sido objeto de especial atención en este trabajo.

#### ALUVIALES (QA1).

Los aluviales forman considerables extensiones en la región, pero su estudio viene dificultado por constituir la base de cultivos muy intensos. La superficie plana de los aluviales se sitúa pocos metros (1 a 4 m.) sobre el cauce actual y representa el lecho máximo de inundación, especialmente en las ramblas, que cortan los macizos quebrados. Los aluviales deben considerarse como formas actuales, pudiendo la rambla funcionar varias veces por siglo.

El Guadalhorce mantiene dirección N.-S. (dirección de consecuencia de los sedimentos pliocenos).

Pero la altura del paralelo de Cártama el río se dispone en dirección E.-O. Este cambio brusco de dirección coincide con la dirección del eje del anticlinal de Cártama y probablemente se debe a la adaptación cuaternaria a la neotectónica, según las directrices E.-O., que produjeron las alineaciones montañosas de las sierras de Mijas y de Cártama.

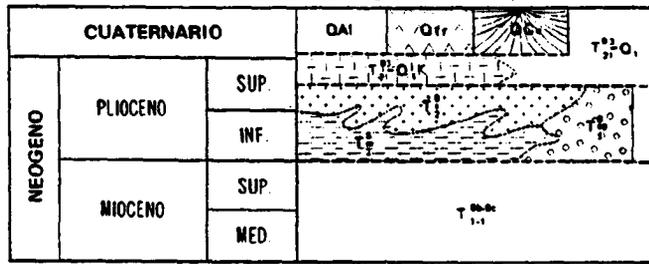


4.1. SITUACION GEOLOGICA DE LA ZONA.

Del mapa Geológico de España. IGME.  
 Hoja 1052 . 16-44 ALORA.  
 E= 1:50.000

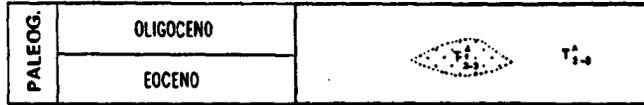
# LEYENDA

## SEDIMENTOS POST-MANTO



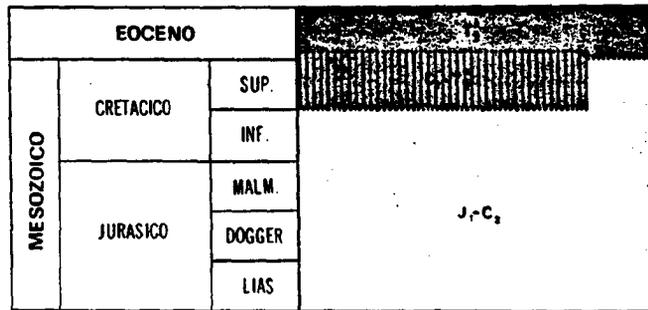
- QAI Aluvial
- Qtr Travertinos
- Qc Piedemonte y Conos
- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup>, K Piedemonte con costas calcáreas
- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup> Piedemonte tipo raña
- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup> Arenas y marges
- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup> Arcillas y/o marges fosilíferas
- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup> Conglomerados
- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup> Molases y molases bioclásticas

## UNIDAD DE ALJIBE



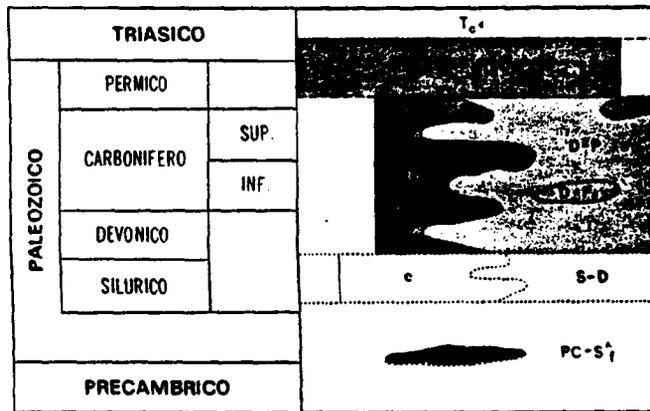
- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup> Marges, arcillas, areniscas
- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup> Areniscas

## UNIDAD DE ARDITE



- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup> Marges y conglomerados
- J-C<sub>2</sub> Calizas
- J-C<sub>2</sub> Calizas y marges

## MALAGUIDE



- T<sub>3,2,1</sub><sup>0</sup> Dolomías
- P-T<sub>0</sub> Areniscas y arcillas rojas, conglomerado de cuarzo
- D-P<sub>0</sub> Conglomerados poligénicos (tipo Marbella)
- D-P Grauwacas, filitas, pizarras, microconglomerados poligénicos y radiolarias
- D-P<sub>1</sub> Calizas de "Almogía"
- S-D Calcofilitas, esquistos, grauwacas
- c Calizas tabulares "alabeadas"
- PC-S<sub>1</sub><sup>+</sup> Filitas con lentillas de cuarzo
- cp Conglomerados de cuarzo y lidita

## ALPUJARRIDE



- Esquistos y cuarcitas con andalucita
- Esquistos y cuarcitas

II-II'



Escala 1:50.000

4.2. Corte

Las altitudes se refieren al nivel medio del Mediterráneo en Alicante Cuadrícula Lambert.—Equidistancia de las curvas de nivel. 20 metros Proyección U.T.M.—Elipsoide Internacional

5.- DESCRIPCION DEL FENOMENO.

Los procesos de erosión lineales desarrollados por cauces sobre rocas del tipo conglomerado o areniscas con un cemento débil dan lugar a encajamientos con formación de taludes de pendientes muy grandes, a veces verticales e incluso extraplomos. Estos taludes sufren con el tiempo procesos de degradación por efecto de los agentes meteorológicos, por meteorización natural, dando situaciones inestables que derivan en una progresiva erosión; bien gradual o bien como en nuestro caso por desprendimientos que pueden llegar a ser grandes masas rocosas.

A un kilómetro del Río Guadalhorce en dirección perpendicular y a la izquierda del sentido de la corriente; a la altura de la población de Pizarras se observa un talud excavado por él mismo sobre una alternancia de arenas y conglomerados.

En este talud se observan desprendimientos recientes al pie del mismo y un gran bloque ya perfectamente individualizado, desgajado del macizo rocoso, que amenaza con desplazarse y rodar por la pendiente.

NATURALEZA del material: Depósitos de conglomerados y arenas, en serie estratigráfica en episodios sucesivos.

Con superficies canaliformes erosivas que se encajan sobre la secuencia anterior. Cada uno de estos episodios presenta todos sus términos: 1.º gravas de base, poco cementadas, de bolos redondeados de naturaleza cuarcítica. 2.º techos de arenas de granulometría decreciente con estratificación cruzada desde su base y con un contenido hacia techo mayor en arcillas. El establecimiento de otro canal superpuesto erosiona los términos más finos del episodio anterior con lo que en muchos casos, no se observan los últimos que suelen ser los más finos.

Evidentemente el ambiente de formación de estos depósitos corresponde a un ambiente de gran energía.

En la base del talud vertical se observa un paquete, de dimensiones variables entre 0,5 y 1,5 m., de gravas con arenas mal cementadas con tamaños máximos de algunos bolos de 30 cm. de diámetro. Su contenido en finos es muy bajo. Su erosionabilidad relativa grande. Aunque no presenta una estructura sedimentaria clara, esta es ligeramente grano decreciente hacia techo.

**DIMENSIONES:** Las dimensiones máximas estimadas del bloque en un plano horizontal son de 22m. y 8,5 m. de ancho. Su altura máxima es de 80 m. Su forma irregular se puede visualizar en esquemas y fotografías.

Por polígonos aproximativos se ha llegado a es timar un volumen cercano a los 3.000 m<sup>3</sup> del bloque. Más un volumen de material encajado en su trasdós cercano a 600 m<sup>3</sup>. Considerando una densidad media de 2,0 grms/cm<sup>3</sup> para estos materiales (estimados entre 1,85 a 2,20; J. SALAS 1.975), podemos evaluar un peso aproximado de 7.200 Tm. de material inestable con riesgo de desprendimiento.

#### MOVIMIENTO DEL BLOQUE.

El movimiento del bloque se puede deducir de su situación actual. El bloque ha sufrido un deslizamiento mo nolítico a favor de un plano cercano a la pendiente, de una rotura circular. También ha sufrido un ligero giro hacia la derecha.

La inestabilidad general comprende tanto el gran bloque descrito así como todo el material que se sitúa suel to, encajado en su parte posterior, entre el bloque y el res to del monte.

El bloque en el momento de desprenderse y alcan- zar mediante deslizamiento y giro relativo un equilibrio me taestable ejerció sobre los materiales que ahora constituyen su base y sobre los que quedaban en su trasdós esfuerzos de cizalla que quedan reflejados en las fracturas y forma de es- tas.

## 6.- ANALISIS DE LA SITUACION DE INESTABILIDAD.

La inestabilidad proviene de la socavación del talud en su base, de la erosión diferencial del macizo a favor de un estrato menos competente compuesto de bolos y arenas poco cementados (ver fotografía n.º 4). Esta socavación inferior progresiva produce en el talud una inestabilidad latente.

El voladizo o extraplomo presente induce un sistema de momentos que le dan inestabilidad.

En situaciones con precipitaciones inusuales, como las registradas en esos días, el terreno es capaz de retener suficiente agua para alcanzar un umbral crítico.

El agua actúa de dos formas sobre el sistema: 1.º El agua que se aloja en los poros de la roca ejerce una presión intersticial que disminuye las presiones efectivas. 2.º El agua que entra por la fractura del trasdós y que queda retenida ahí, ejerce sobre el bloque una subpresión hidrostática inestabilizadora.

Así pues son dos los factores de inestabilidad que destacan:

- 1.- Situación sobre un apoyo frágil.
- 2.- El efecto inestabilizador del agua de lluvia.

A estos dos factores podemos sumar un tercero:

3.- El efecto de empuje horizontal del material suelto en el trasdós del bloque que incrementa el momento volcador del mismo.

De todos estos factores la situación de los materiales, en las actuales circunstancias, es de equilibrio metaestable. En el momento de visitar el lugar no se registraban movimientos y el tiempo era seco. El factor desencadenante es el agua.

Si se producen precipitaciones que penetren suficientemente en el terreno, la resistencia al esfuerzo cortante en la zona de cizalla sobre la que apoya el bloque, disminuye, aumentan las presiones intersticiales en los poros y fisuras de esa misma zona y se establecen esfuerzos de presión hidrostática tanto en la zona de cizalla como en el trasdós del bloque.

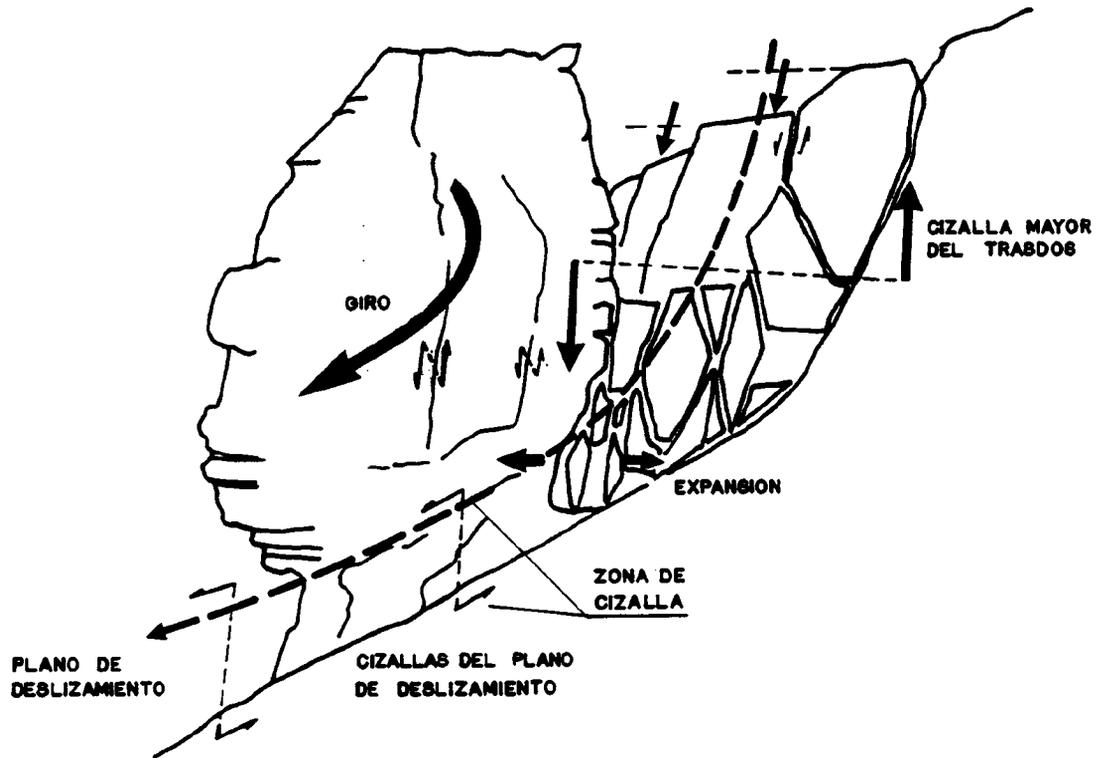
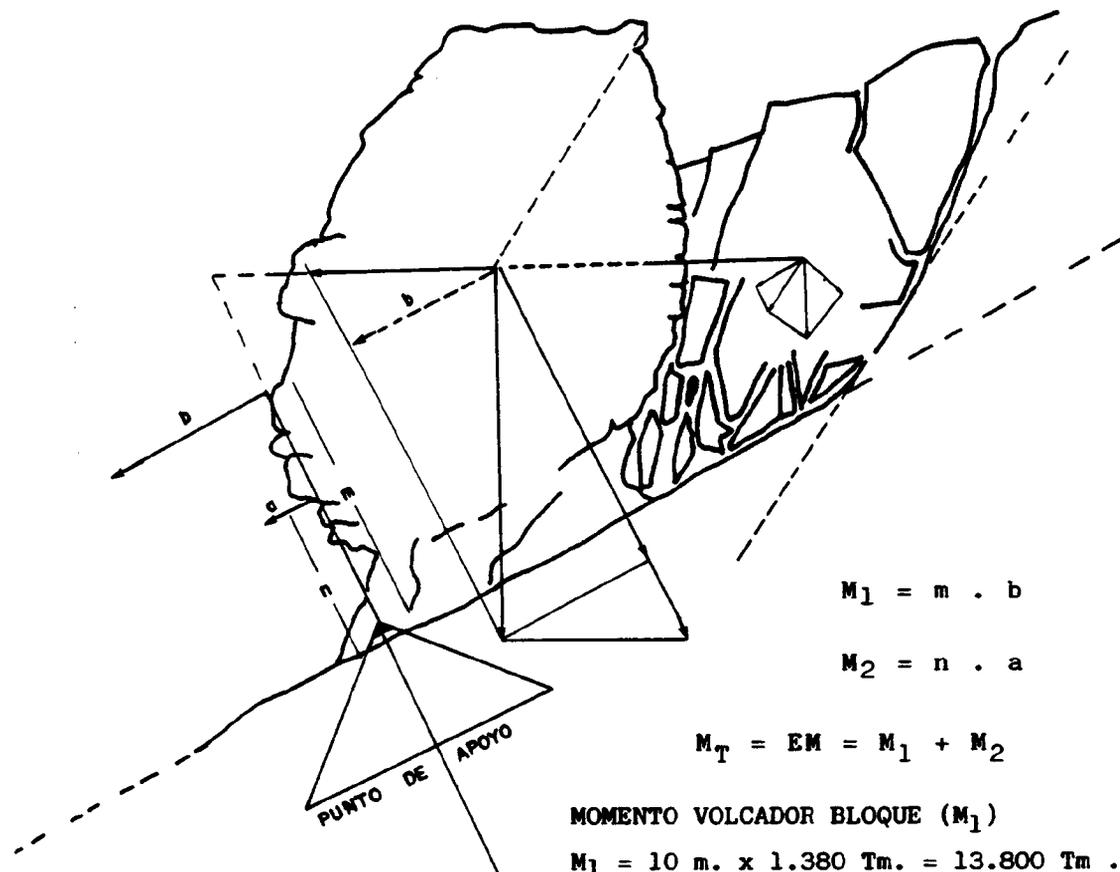


Figura VI-I. - Bloque diagrama en el que se especifican los sistemas de esfuerzo asociados en cada fractura en relación con el movimiento general.

El él se aprecian fácilmente , 1.º la zona de cizalla inferior donde se apoya el bloque y 2.º la zona de cizalla inducida en el trasdós con formación de bloques pequeños, sueltos que se acufian y ejercen una componente horizontal favorable al vuelco.



$$M_1 = m \cdot b$$

$$M_2 = n \cdot a$$

$$M_T = EM = M_1 + M_2$$

**MOMENTO VOLCADOR BLOQUE ( $M_1$ )**

$$M_1 = 10 \text{ m.} \times 1.380 \text{ Tm.} = 13.800 \text{ Tm.} \cdot \text{m}$$

**MOMENTO INDUCIDO ( $M_2$ )**

$$M_2 = 6 \text{ m.} \times 420 \text{ Tm.} = 2,530 \text{ Tm.} \cdot \text{m}$$

**MOMENTO VOLCADOR TOTAL ( $M_T$ )**

$$M_T = 16.320 \text{ Tm.} \cdot \text{m}$$

Figura VI-2. - Bloque diagrama en el que se expresan los momentos de las fuerzas que actúan y el momento volcador total ( $M_T$ ) respecto de un punto teórico en la parte anterior de su base de apoyo.

Punto de apoyo en el que consideramos, sería, donde colocar una carga suficiente, generaría un momento compensador que se opondría al momento volcador a favor de la pendiente y se tendería a alimentar el giro contrario y desplazamiento deseado.

7.- SOLUCION: VOLADURA DE LA ROCA.

Dentro de las soluciones posibles de la inestabilidad concreta de la peña desprendida la voladura controlada parece ser una de las más indicadas. Presenta ventajas en el factor tiempo y en el factor económico de la posible solución. El factor riesgo que afecta implícitamente en este caso, si la voladura se realiza de forma controlada por técnicos especializados, es mínimo. No obstante la adopción de esta solución implica tener en cuenta una serie de medidas de seguridad preventivas como pueden ser: el desalojo de vecinos en las casas más cercanas y el acordonamiento de una zona de seguridad.

Durante mucho tiempo el diseño de voladuras ha sido confiado a la experiencia personal; en un largo proceso de probar y errar con el consiguiente riesgo que eso conlleva. Hoy ya existen unas pautas sobre los requerimientos de energía para los distintos tipos de roca específicos. Estos han sido establecidos de una manera que cumplan con el efecto requerido usando el explosivo mínimo indispensable.

El diseño de la voladura ha de realizarse teniendo en cuenta aquellos factores que influyen y favorecen el objetivo que se persigue.

### 7.1. Factores que intervienen en una voladura.

En la voladura de las rocas se aprovecha la disponibilidad instantánea de alta energía de los explosivos, como un recurso para producir la rotura de rocas en forma eficiente y económica. Esta operación puede implicar dos efectos posibles fundamentales:

1.- Fragmentación o micronización de la roca (con un tamaño promedio de los fragmentos obtenidos en función de la cantidad y distribución del explosivo utilizado).

2.- Desplazamiento de la roca ( de forma monolítica deslizando a favor de la pendiente).

Dentro del contexto de ambas posibilidades analizaremos en primer lugar los parámetros intrínsecos de la roca y en segundo lugar los parámetros del macizo rocoso.

### 7.2. Parámetros intrínsecos de la roca.

El primer problema aquí es caracterizar la roca para ajustar su comportamiento geomecánico a un determinado tipo de explosivo (de acuerdo con el consumo energético requerido) y una geometría de la voladura que nos proporcione una de las dos opciones (fragmentación o desplazamiento).

\* Densidad de la roca ( $\gamma$ ) cuyo valor estimativo, por tablas, para esta alternancia de areniscas y conglomerado poco cementada se encuentra entre 1,86 y 2,25 grs/cm<sup>3</sup> (J. SALAS et al. 1.975).

Es un parámetro que indica aproximadamente la dificultad de voladura de una roca y si va a ser necesario emplear o no explosivos de alta energía de tensión ( $E_t$ ) o de burbuja ( $E_b$ ) para romperla.

\* Porosidad ( $n$ ) que desde un punto de vista práctico indica la proporción de poros y oquedades contenidas en la roca y su capacidad para captar y retener agua.

En nuestro caso los conglomerados y arenas poco cementados que constituyen la roca inestable presentan una porosidad entorno al 20 %.

La porosidad provoca dos tipos de efectos: a) Atenúa la energía de la onda de choque y disminuye la resistencia compresiva de la roca, b) interrumpe la propagación de las grietas producidas en la explosión reduciéndose la presión de los gases en las oquedades de las rocas.

\* Dureza: indica aproximadamente el grado de dificultad para su perforación. Según esta escala podemos clasificar la roca de "dureza intermedia"; más que por su dureza general por la de sus elementos constitutivos, en el caso de los conglomerados cantos de gravas redondeados de naturaleza fundamentalmente cuarcítica.

\* Tenacidad: indica la facilidad o dificultad de rotura de las rocas por efecto de los esfuerzos compresivos y traccionales desarrollados durante la voladura. Según esto las rocas pueden ser friables intermedias o tenaces. En nuestro caso esta roca entra dentro del grupo de "friables".

\* Humedad: como contenido porcentual de agua en la roca. En este caso acelera la velocidad de la onda de choque incrementándose por ello el fraccionamiento de la misma.

### 7.3. Parámetros del macizo rocoso.

\*Discontinuidades geológicas: que son las que definen en último término el comportamiento de las rocas frente a la voladura. Se refiere a los caracteres mayores como estratificación, diaclasas, fallas, planos de clivaje... En muchos casos de voladura el patrón estructural de la roca es el que ejerce un mayor control sobre la fragmentación resultante.

Como ocurre en este caso que existe una fractura o juego de fracturas en el "trasdós" del bloque inestable, este ya presente un desplazamiento relativo respecto al macizo, considerable. Por lo tanto disipa en gran medida cualquier tipo de incertidumbre sobre la cual o cuales serán las fracturas que jugarán en un caso de progreso del movimiento. Son el parámetro más importante para caracterizar adecuadamente el macizo rocoso con fines de voladura.

Aplicando la experiencia en voladuras para minería podemos adoptar las conclusiones de WILLIAN (1.978) que afirma que: "en voladuras en dirección a lo largo de los planos de estabilidad, grandes volúmenes de roca pueden ser desatados". Localizando las cargas en el plano de fractura inferior del bloque. Plano sobre el que se apoya; y en su parte más baja.

En voladuras perpendiculares a los principales planos de debilidad, la formación de volúmenes de roca flojos tienen lugar después de un considerable retraso comparado con el caso anterior.

#### 7.4. Alternativas.

Taladrando la roca con orificios según los planos perpendiculares a los planos más débiles de la roca (la estratificación) conseguiríamos en su voladura la micronización o disgregación en bloques mucho menores. La fragmentación de la roca que contiene como anisotropías los planos de estratificación, marcados más que como superficies netas como cambios en la granulometría, necesitará en primer lugar la evaluación correcta y determinación de la dirección predominante de las anisotropías en la dureza de la roca. Según ASH (1.973) la formación y extensión de las fracturas durante la voladura es controlada por el patrón de discontinuidad geológica estructural predominantemente (planos de estratificación) y la máxima rotura ocurrirá cuando la carga es localizada en espaciamiento extendido y orientado en una línea normal a la dirección de la anisotropía predominante y disparadas en intervalos de retardo de periodo corto.

De esta forma conseguimos la micronización "in situ" del bloque con un riesgo muy limitado de desprendimiento de algún fragmento menor que rodara a favor de la pendiente.

Por último; ambas soluciones son posibles. La solución que implica la micronización de la roca adolece, en nuestra opinión, de algunas objeciones:

La perforación de la roca para colocar las pegas en dirección perpendicular a la estratificación supone realizar esa labor subidos al bloque inestable o laborar desde debajo del mismo. Las máquinas que efectúan dichos tallados transmiten vibraciones que pueden llegar a inestabilizar todavía más la situación.

Por todo ello la dificultad e inseguridad que implica el procedimiento para el personal que ha de realizar la voladura nos hace dudar de su viabilidad.

La solución que propone un desplazamiento monolítico de toda la roca se considera más viable sobre la base de las siguientes puntualizaciones:

1.º Aún teniendo en cuenta los considerantes expuestos sobre las propiedades de la roca y condiciones del macizo, el exceso de explosivo podría llegar a incrementar el momento volcador del bloque e inducirlo a pivotar sobre su apoyo inferior más próximo a la pendiente tendiendo a rodar por ella.

2.º Consideramos que las cargas de voladura se han de introducir en la parte más baja de la zona de cizalla inferior, sobre la que apoya el bloque, tomando como "cara libre" precisamente la que da a la pendiente de esa zona cizallada. De esta forma se "arranca" a favor de esa cara libre el material de apoyo inferior sobre el que se habría de articular el apoyo no deseado y el pivotamiento que llevaría a un vuelco hacia delante.

Ese efecto combinado con la inestabilidad inducida por las vibraciones de la propia voladura sería suficiente para hacer deslizar el gran bloque siguiendo una trayectoria que de hecho ya ha iniciado.

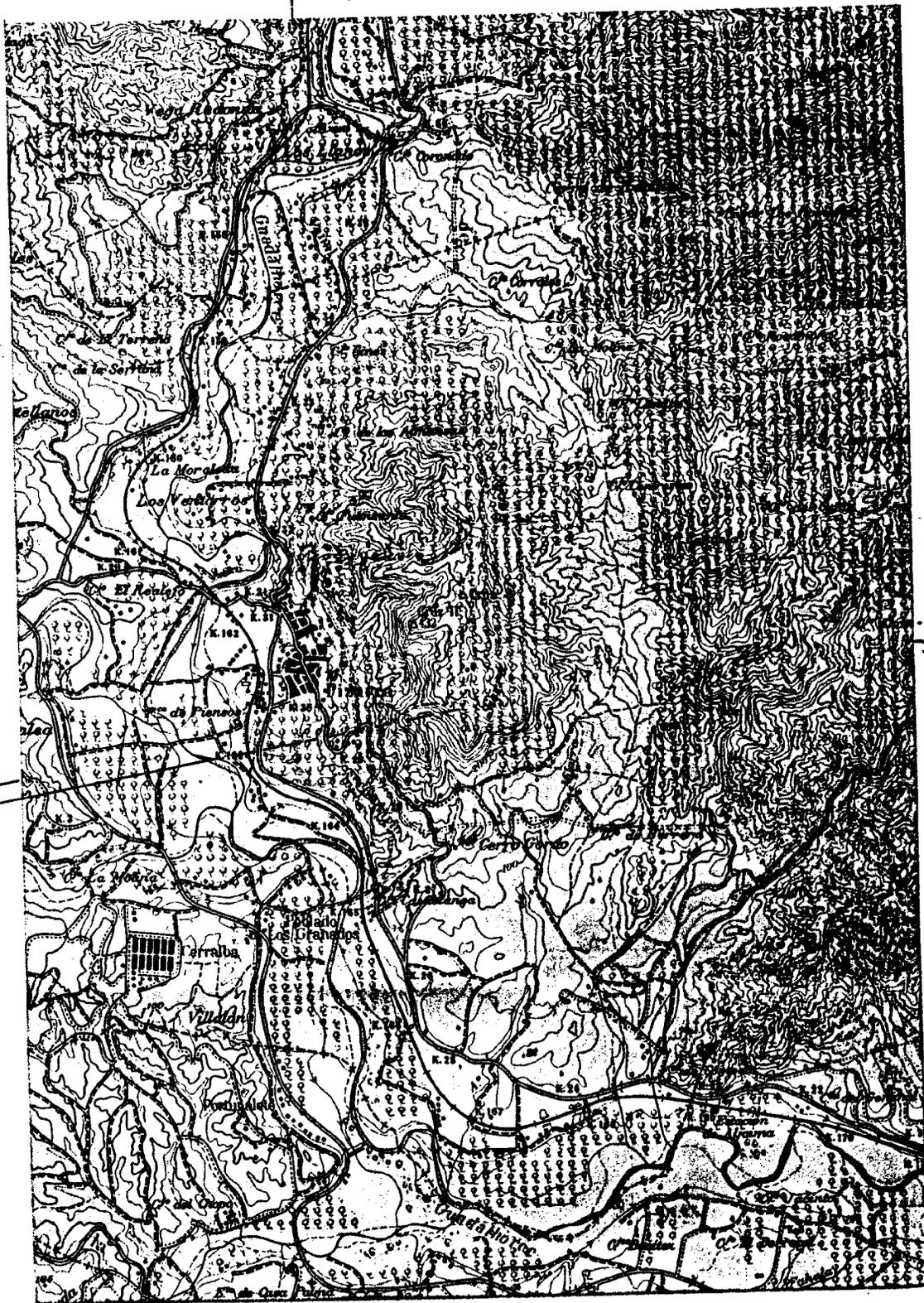
3.º Es indispensable que la situación y magnitud de las cargas sean diseñadas por un especialista en voladuras.

Fdo.: Francisco J. Ayala Carcedo  
Jefe de la División de Geología Ambiental y Geotécnica.  
I.G.M.E.

Fdo.: Alberto Gracia Bernal  
Lcdo. en CC. Geológicas. (GEONOC, S.A.).

A N E X O S .

4° 42' 30"



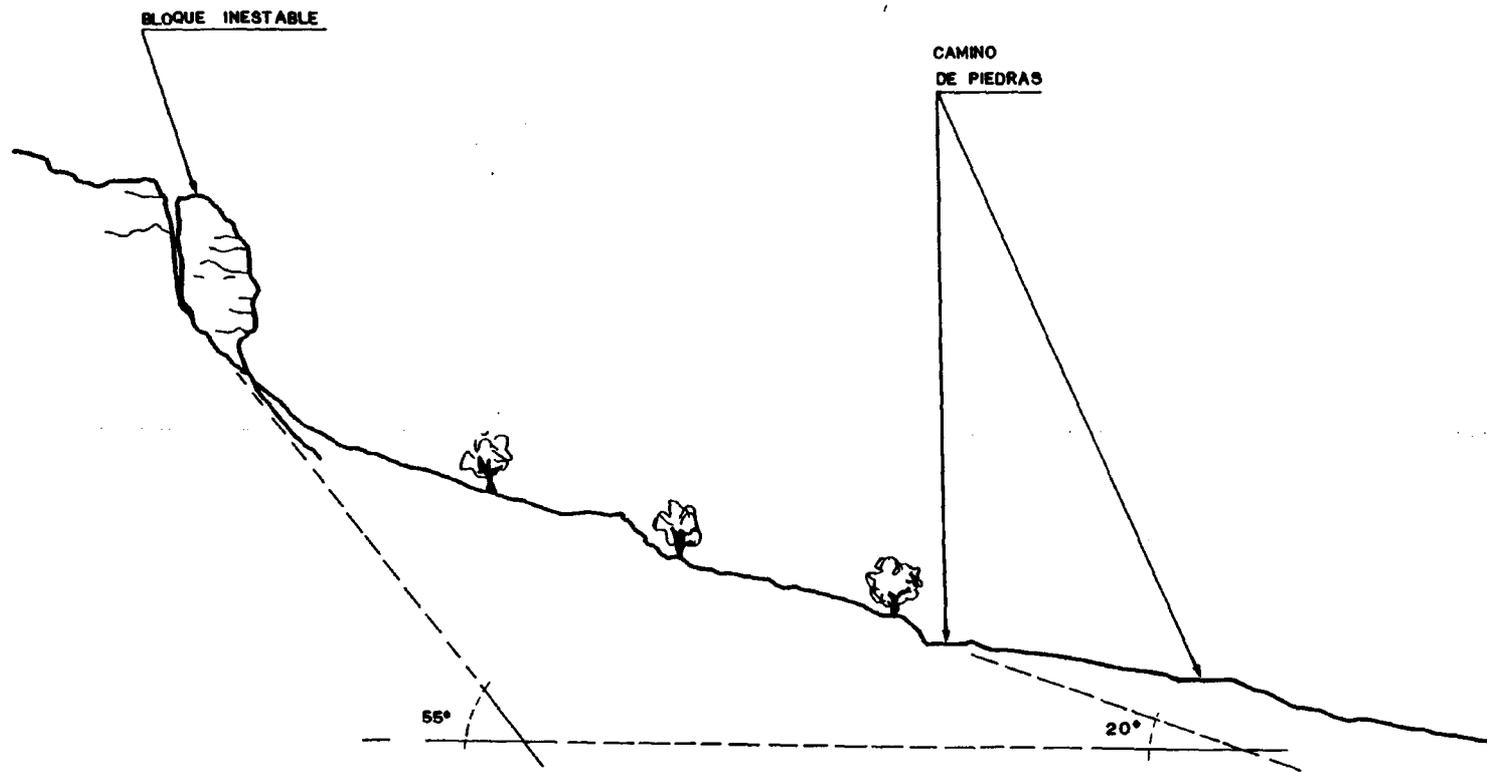
36° 47' 10"

Corte A-A'

I. TOPOGRAFICO DE LA ZONA. Corte.

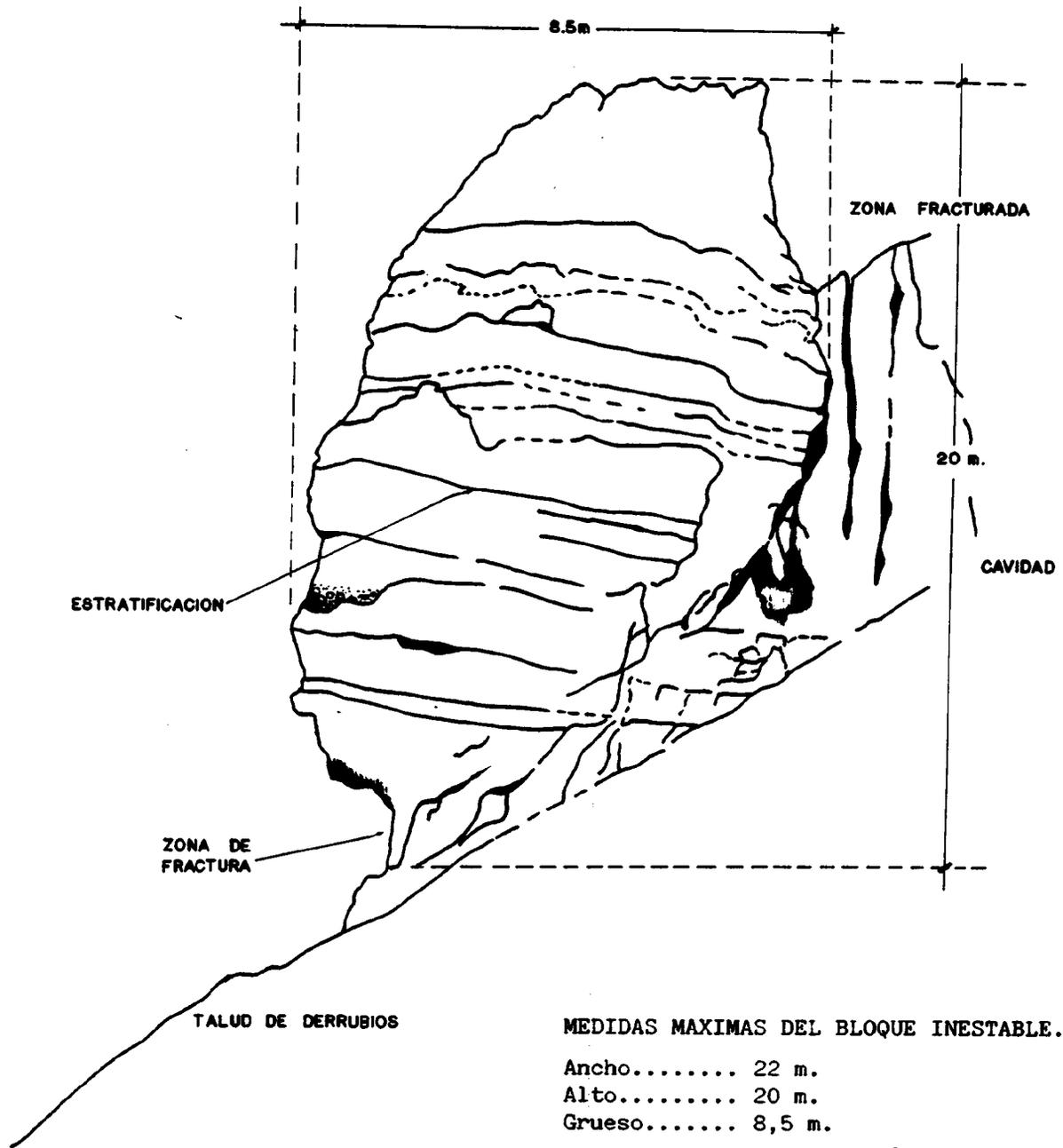
E= 1:50.000

- Sacado del Mapa Topográfico Nacional.  
Hoja 1052. ALORA.  
INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL.



Corte A-A'. Dirección 98° W.  
 Estimado a partir de medidas realizadas en campo.





MEDIDAS MAXIMAS DEL BLOQUE INESTABLE.

Ancho..... 22 m.

Alto..... 20 m.

Grueso..... 8,5 m.

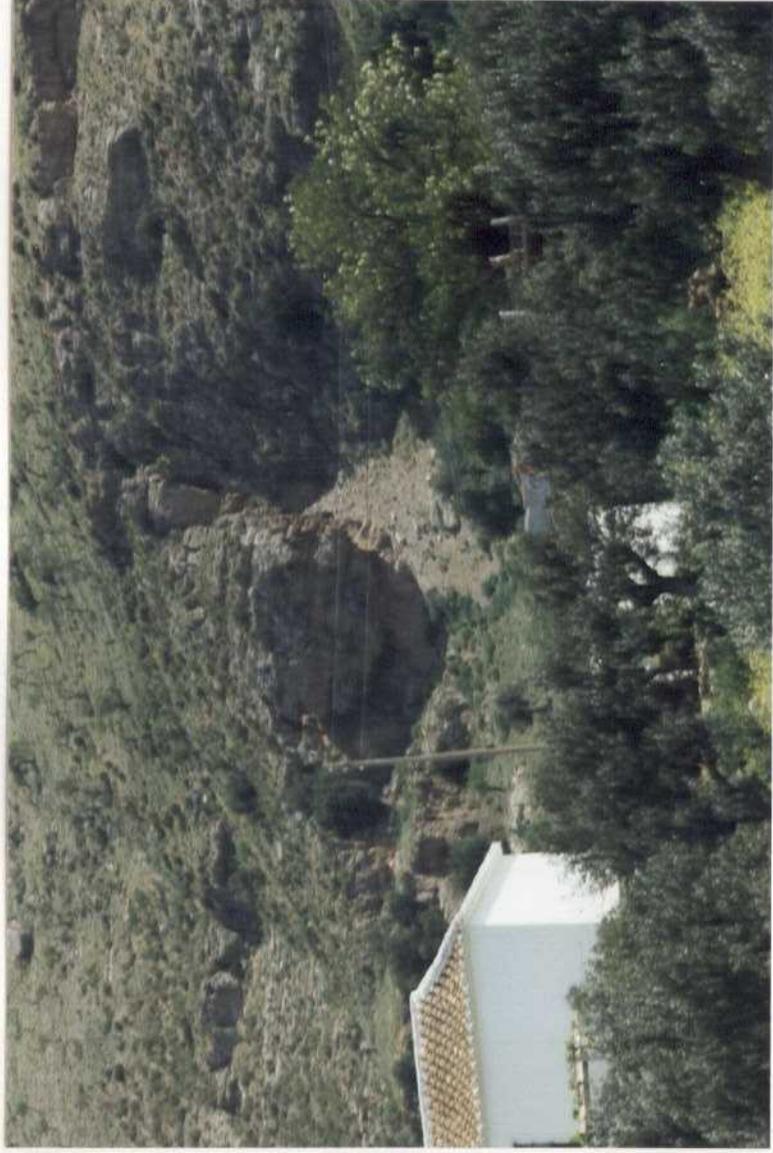
VOLUMEN ESTIMADO 3.000 m<sup>3</sup>.

$\gamma$ media..... 1,9 grs/m<sup>3</sup>.

Peso.....5.700 Tm.

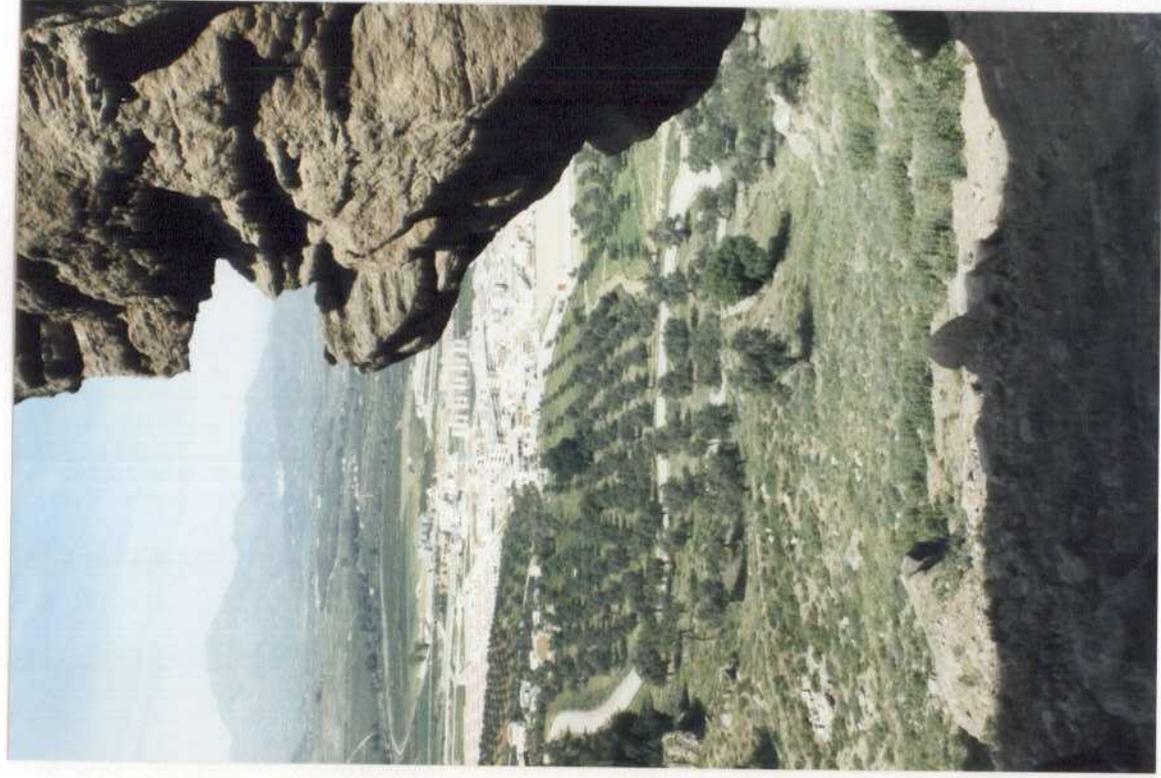
Figura II. (Perfil)

Bloque inestable.



Fotografía 1.

Vista frontal panorámica de la situación del bloque inestable respecto a las viviendas cercanas, al final de la pendiente.



Fotografía 2.

Vista panorámica de la zona de riesgo a la que afectaría el desprendimiento.



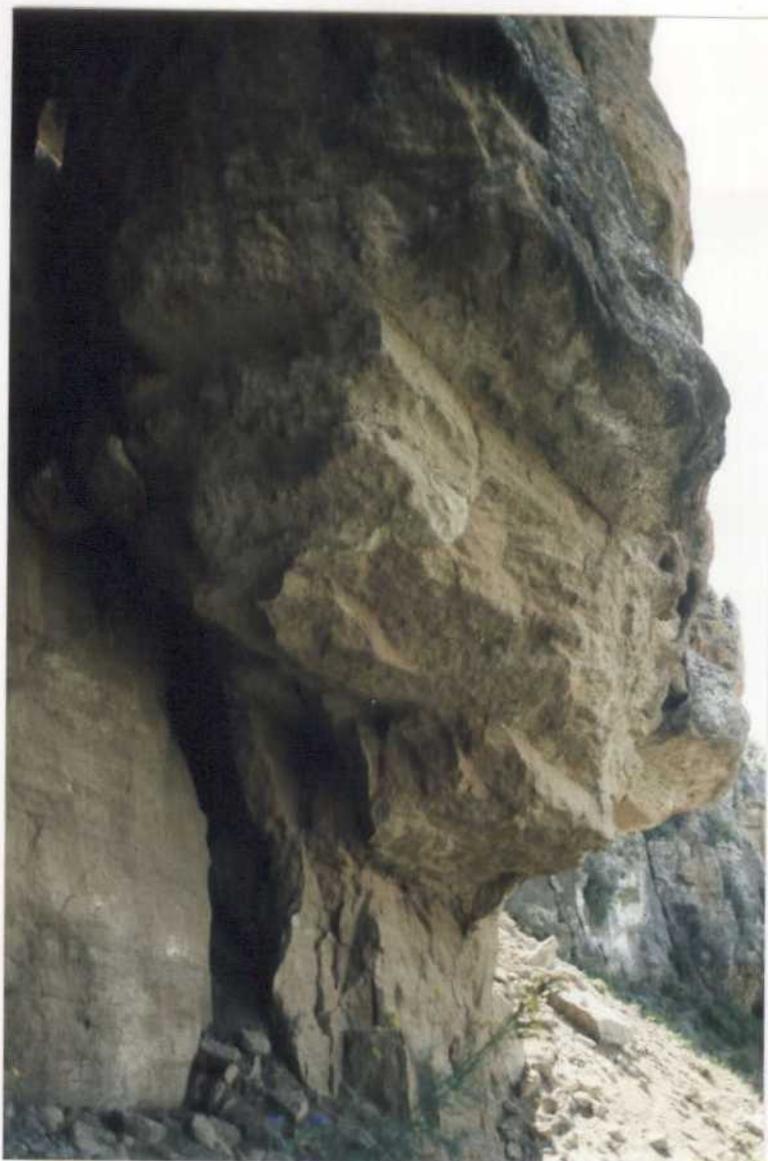
Fotografía 3.

Vista frontal del bloque inestable y del bloque caído.



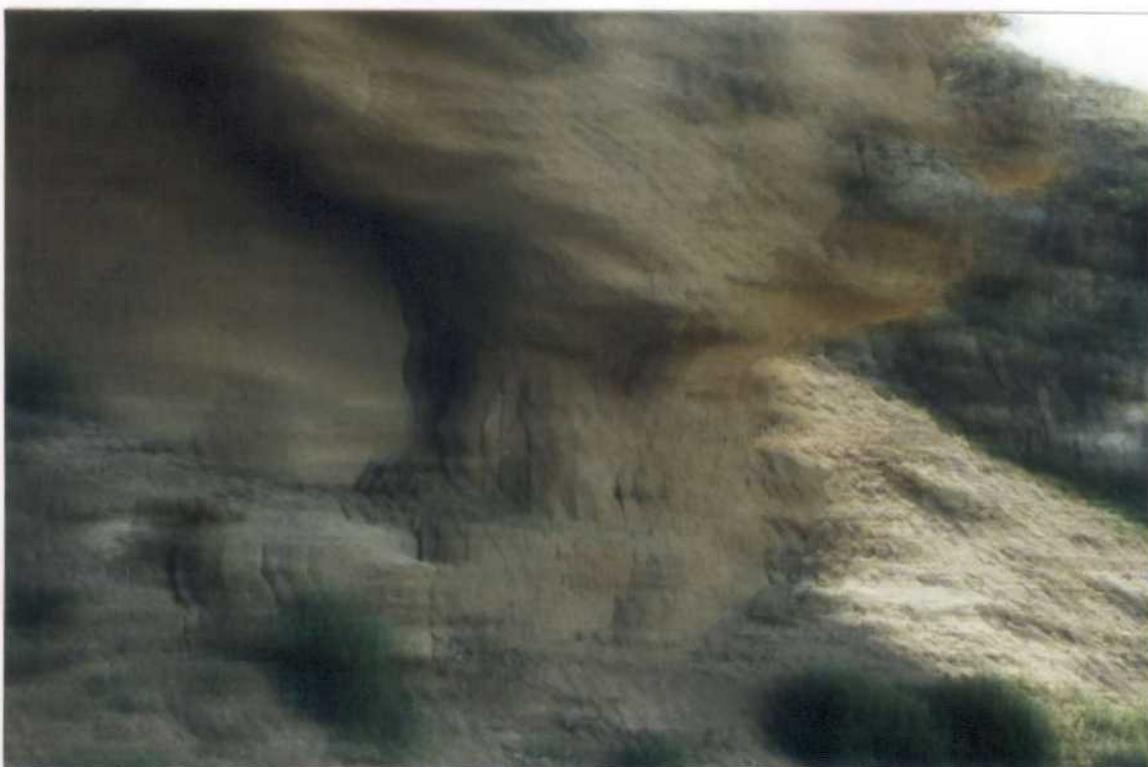
Fotografía 4.

Perfil izquierdo donde se observa el fuerte extraplomo.



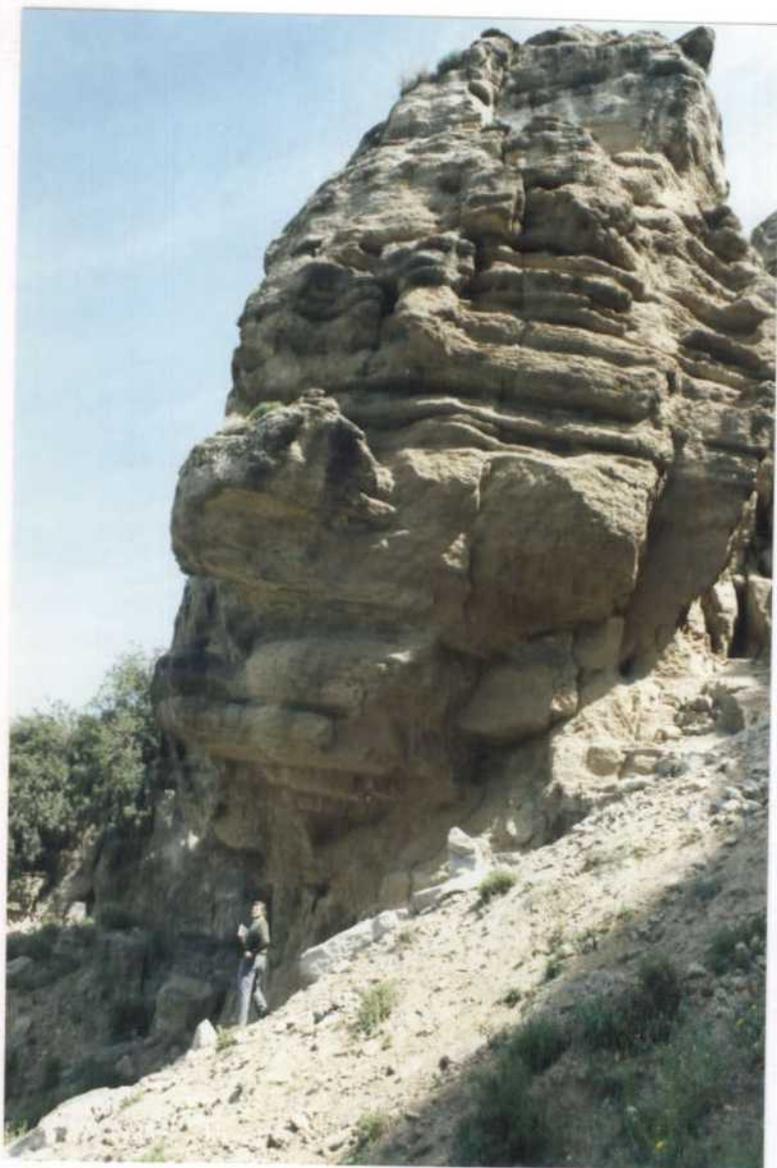
Fotografía 5.

Perfil izquierdo. Detalle de la grieta abierta.

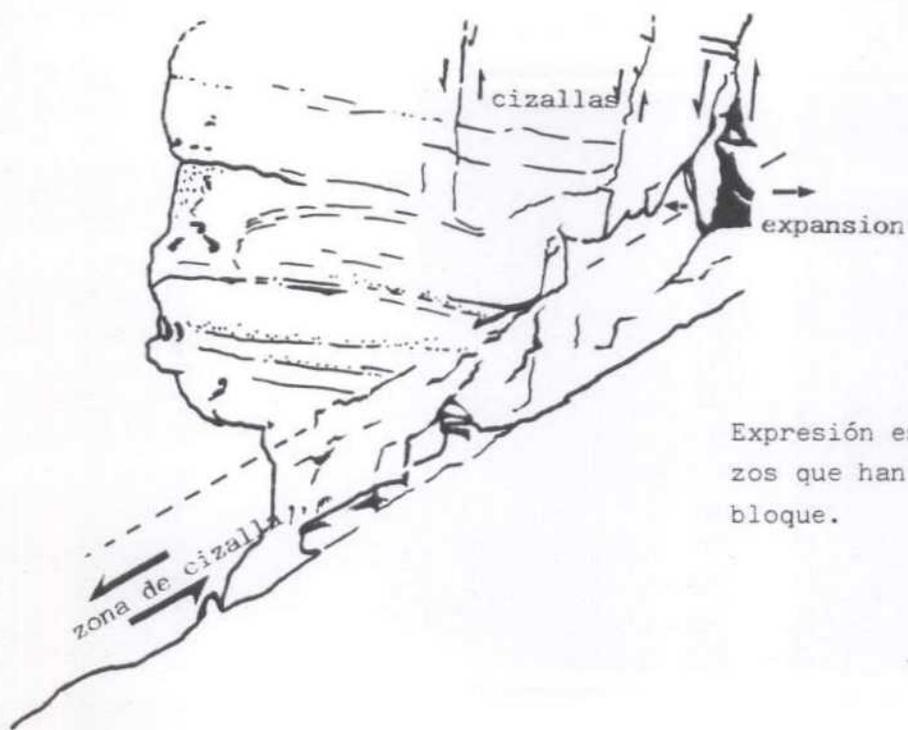


Fotografía 6.

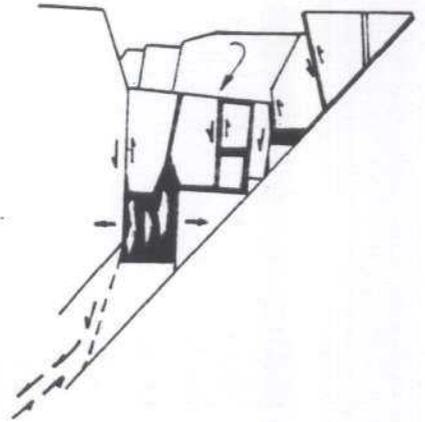
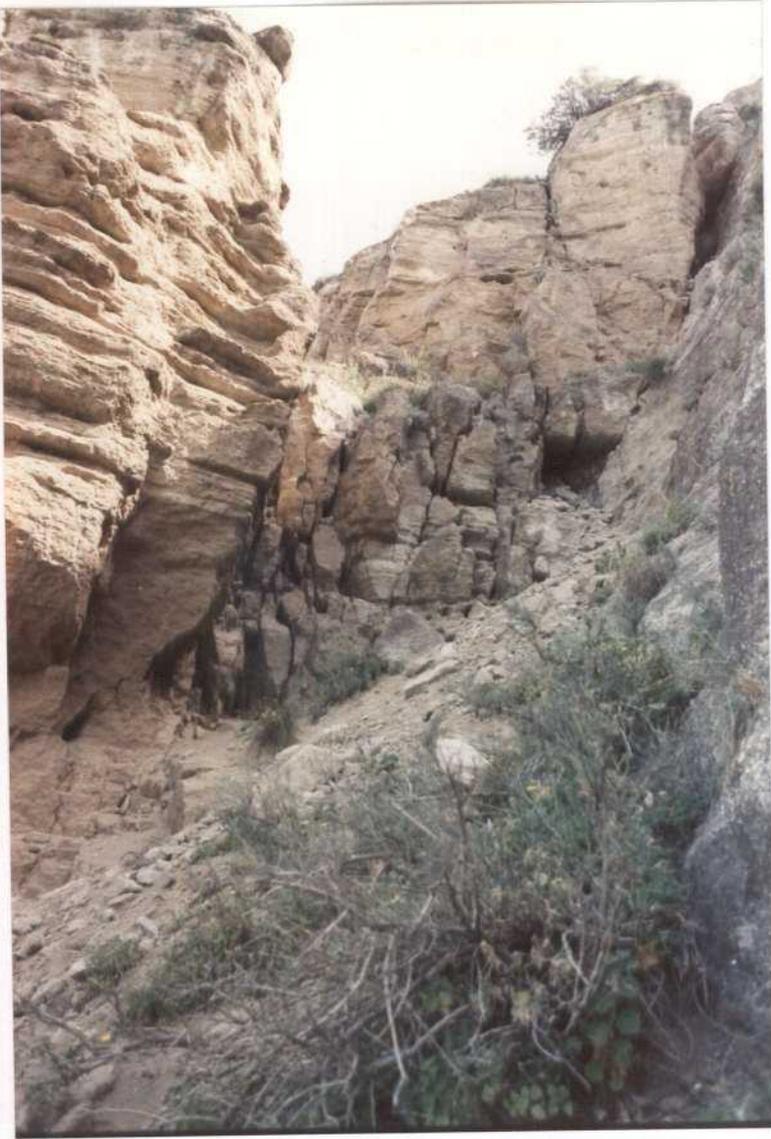
Perfil izquierdo. Detalle de la zona de apoyo del bloque.



Fotografía 7.  
Perfil derecho del bloque  
inestable.



Expresión esquemática del juego de esfuerzos que han producido el movimiento del bloque.



Fotografía 8.

Perfil derecho de la zona de tradós al bloque inestable.

Expresión esquemática de la zona de cizalla inducida en el giro monolítico del bloque en el trasdós del mismo.

