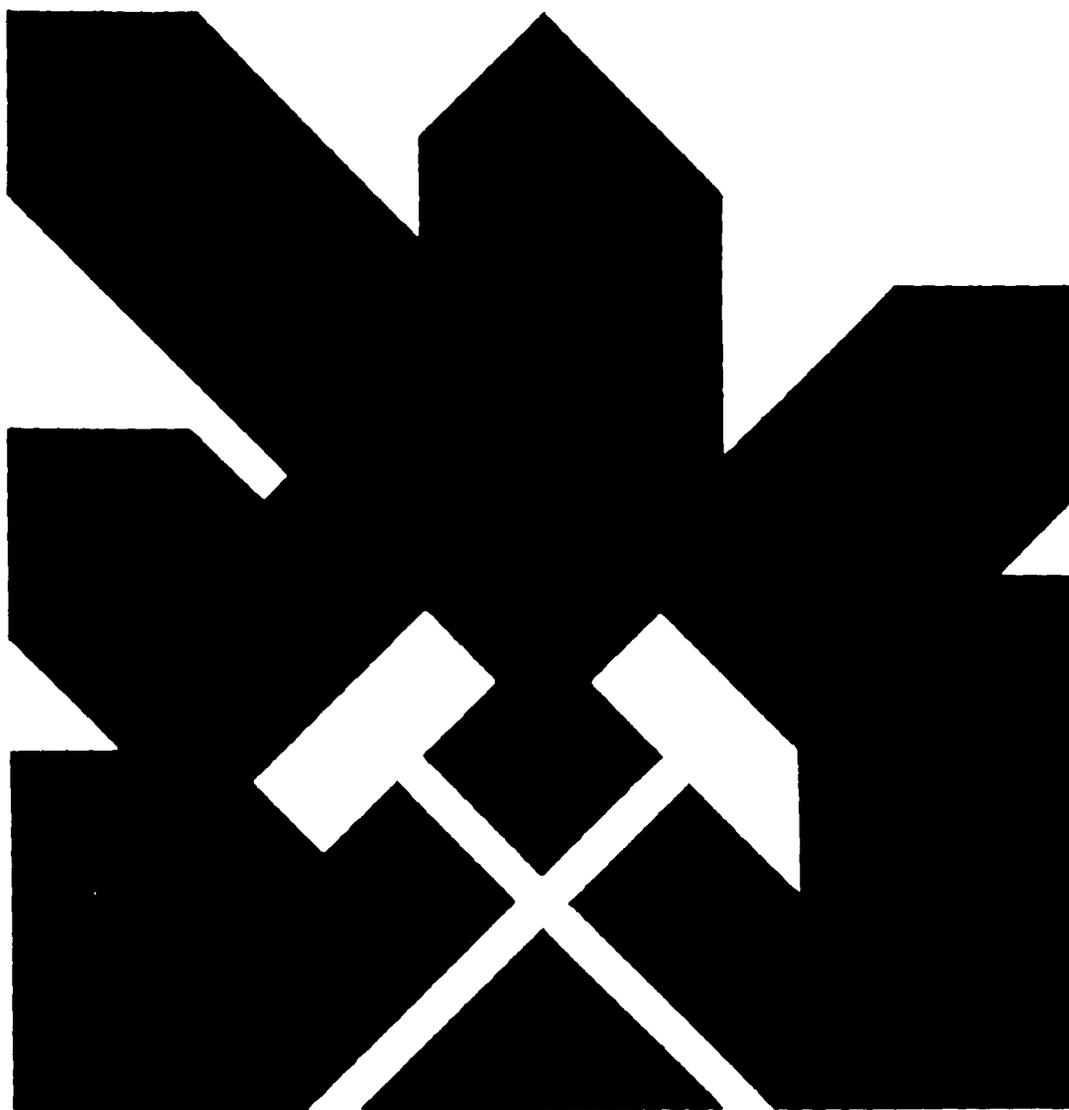


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO DEL RIESGO DE EROSION DE LAS LADE  
RAS DEL CERRO DE "San Juan" QUE PROVOCAN  
INUNDACIONES DE BARRO Y PIEDRAS SOBRE LA  
POBLACION DE -BALLOBAR- (HUESCA).

Nº Sigan: 89 241



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

01218

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo técnico:

- Don Francisco J. Ayala Carcedo.

\* Ing. Minas.

\* Jefe del Area de Geología Ambiental y Geotecnia del I.T.G.E.

\* Director del Estudio.

- Dña. Mercedes Ferrer Gijón.

\* Lcda. en CC. Geológicas.

I.T.G.E.

- Don Guillermo O. Conconi.

\* Ing. Civil.

GEONOC, S.A.

- Don Miguel Pérez Picallo.

\* Lcdo. en CC. Geológicas.

GEONOC, S.A.

- Don Alberto Gracia Bernal.

\* Lcdo. en CC. Geológicas.

GEONOC, S.A.

## I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- ANTECEDENTES.
- 3.- SITUACION GEOGRAFICA y ACCESOS.
- 4.- GEOLOGIA DE LA ZONA.
- 5.- ANALISIS DEL PROCESO DE EROSION.
  - 5.1. Descripción de la situación -problemática general-
  - 5.2. Caracterización geológico-geotécnica de los ma  
teriales.
  - 5.3. Evaluación cuantitativa del riesgo de erosión.
- 6.- CONCLUSIONES.
- 7.- RECOMENDACIONES.

## A N E X O S

- Fotografías.
- Planos y perfiles.
- Nota del Servicio Provincial de Urbanismo de la D.G.A.  
1.985.
- Resumen: "Nota sobre la estabilidad de un talud en el  
pueblo de Ballobar (Huesca). 1.985.
- Escrito de solicitud de ayuda técnica del Gobernador Ci  
vil de Huesca al I.G.M.E. Noviembre 1.988.
- Presupuesto estimativo.
- Ensayos de laboratorio.

## 1.- INTRODUCCION.

El Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) ha realizado, en colaboración con GEONOC, S.A., un estudio sobre la situación en que se encuentra la población de Ballobar (Huesca), que está afectada por una serie de problemas de índole geológico con resultado de inundaciones provocadas por coladas de barro y piedras en las calles de la parte alta del pueblo. Así mismo, en la visita efectuada a la zona, se observó el agrietamiento que sufrían los muros de gran número de casas, hecho que también fué recalcado por las personas del lugar.

Estos problemas responden a dos procesos diferentes. Por un lado, el arrastre de material de la ladera que existe al NE. del pueblo (ladera de San Juan) provocado por procesos erosivos en épocas de lluvias, da lugar a avenidas de barro sobre algunas de las calles de la población; por otro lado, las grietas en los muros de los edificios son producidas por procesos relacionados con las características geotécnicas y la baja resistencia del material que constituye el asiento del pueblo.

En el presente informe, se estudia el fenómeno y proceso erosivo fundamentalmente, incluyéndose también una serie de recomendaciones relacionadas con el problema del agrietamiento de los edificios, problema que ha sido considerado como secundario en este caso.

Este estudio se enmarca dentro de un conjunto de trabajos de investigación solicitados por el Servicio de Protección Civil, en este caso el perteneciente a la provincia de Huesca.

El objetivo principal es el análisis de la estabilidad de una ladera que presenta un proceso intenso de denudación, afectando a la localidad de Ballobar. Se trata de una ladera completamente desforestada, muy acaravada, con grandes surcos, en unos materiales muy blandos y con pendientes muy pronunciadas. Las tormentas y precipitaciones intensas "lavan" la ladera depositando el material arrastrado en las propias calles del pueblo.

El trabajo realizado parte de una primera fase de visitas a la zona y de documentación de antecedentes y circunstancias que rodean al problema.

Posteriormente se lleva a cabo un minucioso análisis de todos los aspectos que influyen, incluyendo el análisis en laboratorio de varias muestras recogidas.

## 2.- ANTECEDENTES.

La población de Ballobar viene padeciendo inundaciones de barro en sus calles desde hace tiempo, fundamentalmente como consecuencia de las especiales características del terreno que constituye la ladera de la que proviene el material (ladera de San Juan), y de su completa deforestación.

Los problemas relacionados con el asentamiento de los edificios han estado, así mismo, presentes en la zona desde siempre, dando lugar al agrietamiento de los muros.

La inestabilidad general de la ladera de San Juan se manifiesta también en el descalce de bloques de material más duro (caliza) por erosión diferencial del sustrato más blando. En la calle de La Libertad, ya se realizó un informe para éste caso en concreto en enero de 1.985 por la empresa E.A.T., S.A. En él se contempla cómo específicamente en este punto se producen vuelcos de bloques y desprendimientos por socavación del sustrato arcilloso. En el mismo informe se denuncia una situación de inestabilidad en un talud vertical, excavado y cuevas, en las inmediaciones de una nave en construcción; el tiempo (3 años) ha confirmado esta inestabilidad.

Situaciones análogas en lo alto del cerro, aunque se producen, no llegan a constituir peligro.

Los procesos de erosión en la ladera del Cerro de San Juan, en épocas con lluvias torrenciales, provocan avalanchas de lodo y piedras que llegan a invadir las calles aledañas al talud. En concreto en el verano del presente año, se han producido inundaciones de barro. Las fotografías del fenómeno se pueden observar en los Anexos.

Consultado el Concejal de Obras de Ballobar, Don José A. Alegre, sobre el estado de la ladera en épocas pasadas, comentó que ésta estuvo poblada de vegetación en otro tiempo, principalmente pinos. Precisamente los más ancianos del lugar aún comentan como determinados maderos, en algunas casas, pertenecieron a árboles de la ladera de San Juan. Esta se fue desforestando conforme la población crecía en la primera mitad del presente siglo; entonces el profundo acarreamiento existente hoy no era tan intenso.

En el anterior sentido y consciente el Ayuntamiento de que la causa mayor del problema de erosión era la desforestación, realizó en colaboración con COMENA la reforestación de una pequeña área al Sur del talud. Los resultados en esta zona son buenos.

En cuanto al agrietamiento de los edificios, teniendo que ver con la naturaleza de los materiales, pero no con procesos erosivos, se plantean problemas de carácter geotécnico en relación con posibles procesos expansivos o de colapso que afectan a los edificios, produciendo en ellos grietas en sus muros, en algunos casos muy llamativas y de importancia.

El Concejal de Obras comentaba el particular comportamiento de estos materiales en las obras de excavación para la instalación de unos depósitos. Según él, la máquina encontraba gran dificultad para la excavación en seco. Pero al llover ésta se atascaba entre el barro y era posible sin gran esfuerzo retirar el material con pala de mano. Se observó que la arcilla se inchaba.

El propio Sacerdote del pueblo comentó su particular visión de las cosas, responsabilizando a corrientes subterráneas, cuyo origen estaría en posibles fugas de los depósitos que hay en la parte alta, del deterioro general de los muros y construcciones.

### 3.- SITUACION GEOGRAFICA, LOCALIZACION Y ACCESOS.

La población de Ballobar se encuentra ubicada en el vértice más Suroriental de la provincia de Huesca, a muy pocos kilómetros de la provincia de Lérida.

Situada en la zona más oriental de Los Monegros, dentro del Valle del Ebro, justo en la confluencia de los ríos Alcanadre y Cinca; éste último uno de los afluentes más importantes del Río Ebro al cual se une a algo menos de veinticinco kilómetros más al Sur.

A una altitud de 150 m. (s.n.m.), tiene al Norte la Sierra de la Litera y al Sur el Llano de Las Menorcas. Son sierras planas, con altitudes medias entorno a los 400 m. con mesetas y cerros testigo como efecto de la profunda acción erosiva de los ríos.

Al Sur de Monzón y a diecinueve kilómetros de Fraga, el acceso desde Zaragoza, se puede realizar en sus tramo más largo, bien por la Nacional II (entre Zaragoza y Lérida) o bien por la Autopista A-2. En el primer caso, veinticuatro kilómetros antes de llegar a Fraga, en Candanos, se tomará la carretera local con dirección a Monzón y Barbastro; nueve kilómetros después encontramos un cruce que indica ya, a la derecha : "12 km. A Ballobar". La opción de la autopista permite llegar hasta Bujaraloz donde se tomará la Nacional II realizando después el recorrido anterior.

La situación del Cerro de San Juan es inmediata: se trata del promontorio más alto al Noroeste del Pueblo. Es inconfundible la Ermita de San Juan en su cima. El acceso al pie del cerro es mejor a través del camino del cementerio.



#### 4.- GEOLOGIA DE LA ZONA.

##### - Introducción.

Ballobar se encuentra situado en la zona más oriental del gran área conocida como Los Monegros, sobre materiales miocenos bastante estudiados: ya EZQUERRA DEL BAYO en 1.836 hace un trabajo en el que incluye la zona del Valle del Ebro. Hoy, los últimos estudios pertenecen a: RIOS (1.959) que hace un interesante análisis sobre la sedimentación y estructura de la parte central de la cubeta del Ebro, basada en sondeos realizados por empresas petrolíferas; posteriormente, casi al mismo tiempo, LLAMAS presenta en 1.959 su tesis doctoral "Estudio geológico-técnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro"; es de resaltar el trabajo de QUIRANTES PUERTAS (1.978) sobre el "Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario Continental de Los Monegros".

##### - Estratigrafía.

En la zona de Los Monegros existe todo un mosaico de formaciones de origen terciario que presentan un complejo sistema de variaciones tanto en la vertical, como en la horizontal. Todas ellas con rasgos que las relacionan, provienen de un ambiente sedimentario semejante, con variaciones en función de la profundidad, distancia del área fuente, etc. del punto en concreto que se trate.

Identificar las formaciones que se presentan en el Cerro de San Juan en Ballobar es posible correlacionando columnas de localidades cercanas. Así pues, en función de la gran regularidad en cuanto a la horizontalidad de la estratificación se puede correlacionar fácilmente con los puntos más cercanos: Ontiñena; Las Cuestas de Fraga y Las Huegas.

Se puede por lo tanto, determinar que se trata de la "formación Mequinenza" cuyo término superior está definido en "Los Arcos".

Consiste en un primer paquete en la base entre 30-35 metros de margas arcillosas de color rojo intercalando frecuentes niveles centimétricos de yesos laminares y fibrosos y eventuales estratos calcomargosos fundamentalmente hacia la base de la formación, con potencias variables entre 0,1 y 1 metro.

Un ejemplo del tipo de secuencia se puede apreciar en la fotografía n.º 4. Los niveles son muy finos, es muy alto el contenido en yesos y al exterior, en el talud natural, la degradación de la roca impide apreciar bien la estratificación.

Un segundo paquete entre 25-27 m. (Nivel II) está compuesto por margas grises, blanquecinas con niveles calcomargosos intercalados de 0,25-0,50 m. de gran continuidad lateral aparente. Se aprecia un cambio en la litología no solo por el cambio de color, sino por un cambio en la pendiente de la ladera.

Un tercer paquete lo constituyen entre 16 y 18 m. de unas calizas tableadas de color gris con intercalaciones margosas. Aquí la estratificación es mucho más clara presentando niveles muy uniformes entre 0,5 y 1,0 m. de potencia con niveles margosos más finos.

Su diferenciación también es posible hacerla en función del cambio de pendiente apreciada en el relieve. Esta es mucho mayor lo que nos da una idea de la dureza de la roca.

- Estructura.

El Terciario de esta zona se encuentra horizontal. No se aprecia buzamiento de las capas. Tan sólo se han conseguido medir suaves deformaciones a nivel regional con el empleo de la barra de paralaje, sobre fotografía aérea o llevando las líneas de capa sobre el mapa topográfico midiendo así los desniveles.

En Ballobar nos encontramos en el vértice más oriental de un suave sinclinal cuyo eje alcanza en su extremo occidental la Sierra de Alcubierre. Aquí se ha medido un buzamiento general de la serie muy suave, de unos 2° hacia el Oeste.

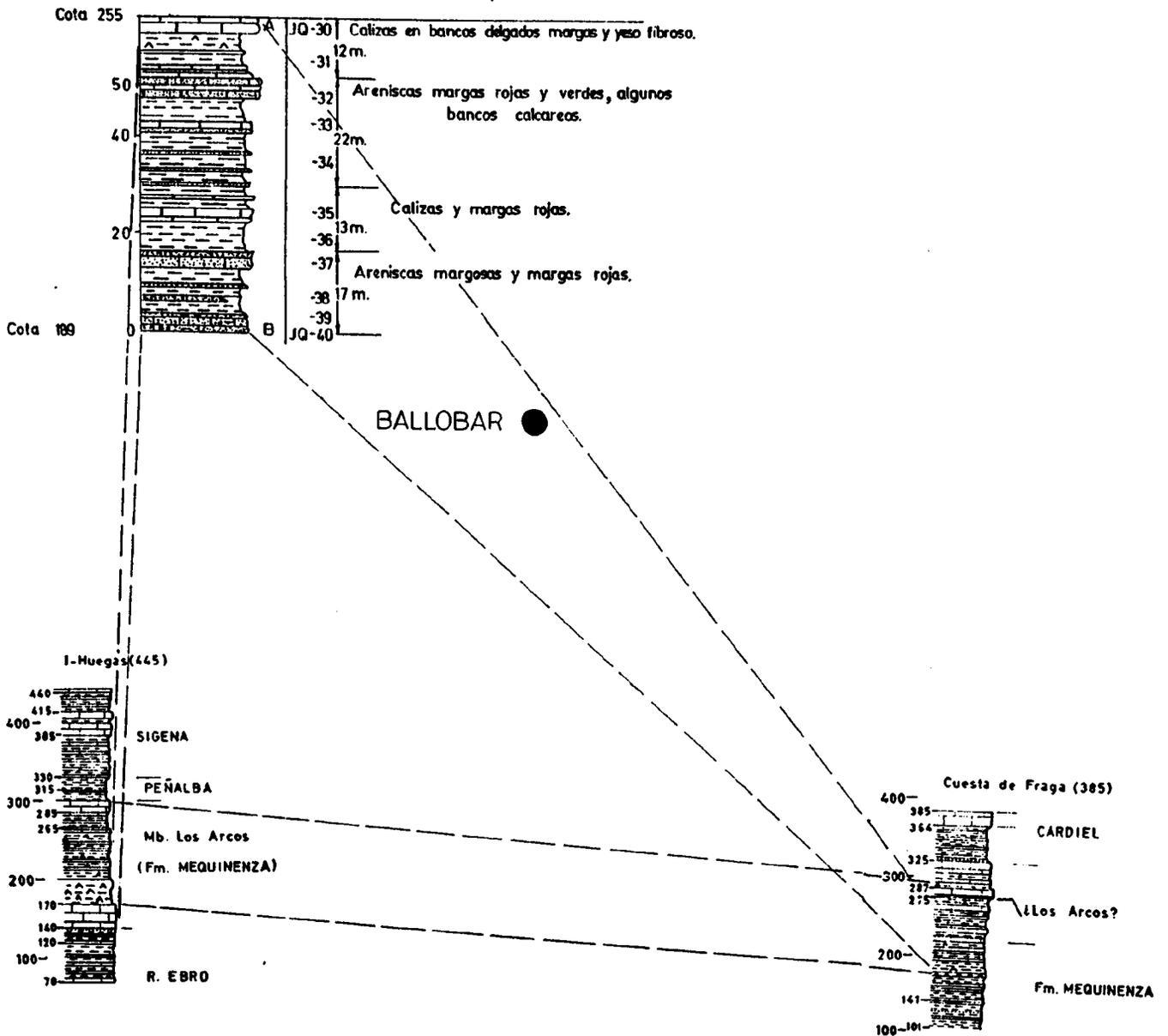
- Geomorfología.

Ballobar se encuentra a algo menos de 1 Km. de la confluencia de los ríos Cinca y Alcanadre y a orillas de éste último, que en este sector discurre muy encajado respecto de su margen derecha, presentando taludes casi verticales de más de 100 m. Precisamente en esa margen, sobre un pequeño valle excavado por la confluencia de varios barrancos (Barranco de la Cruz, Valcarrera, De las Hechiceras, De Rufo...) se encuentra la Población.

El Cerro de San Juan es un gran "Cerro Testigo" unido al resto del macizo por su extremo Noroeste. Presenta pendientes variables en función de la litología: en la zona alta (Nivel 1) compuesta de calizas tableadas se registran ángulos entre 55° y 64°; en la zona media (Nivel 2) compuesta por margas grises alternando con finos niveles calcáreos, entorno a los 43°, y en la zona más baja (Nivel 3) compuesta por arcillas margosas y limos de color rojo, es entorno a los 31°.

Las altas pendientes determinan en materiales tan blandos que las precipitaciones dan formas características: relieve general muy abarrancado donde los interfluvios prácticamente no existen, quedando reducidos a simples aristas y, en conjunto, a un paisaje típico de badlands o "tierras malas".

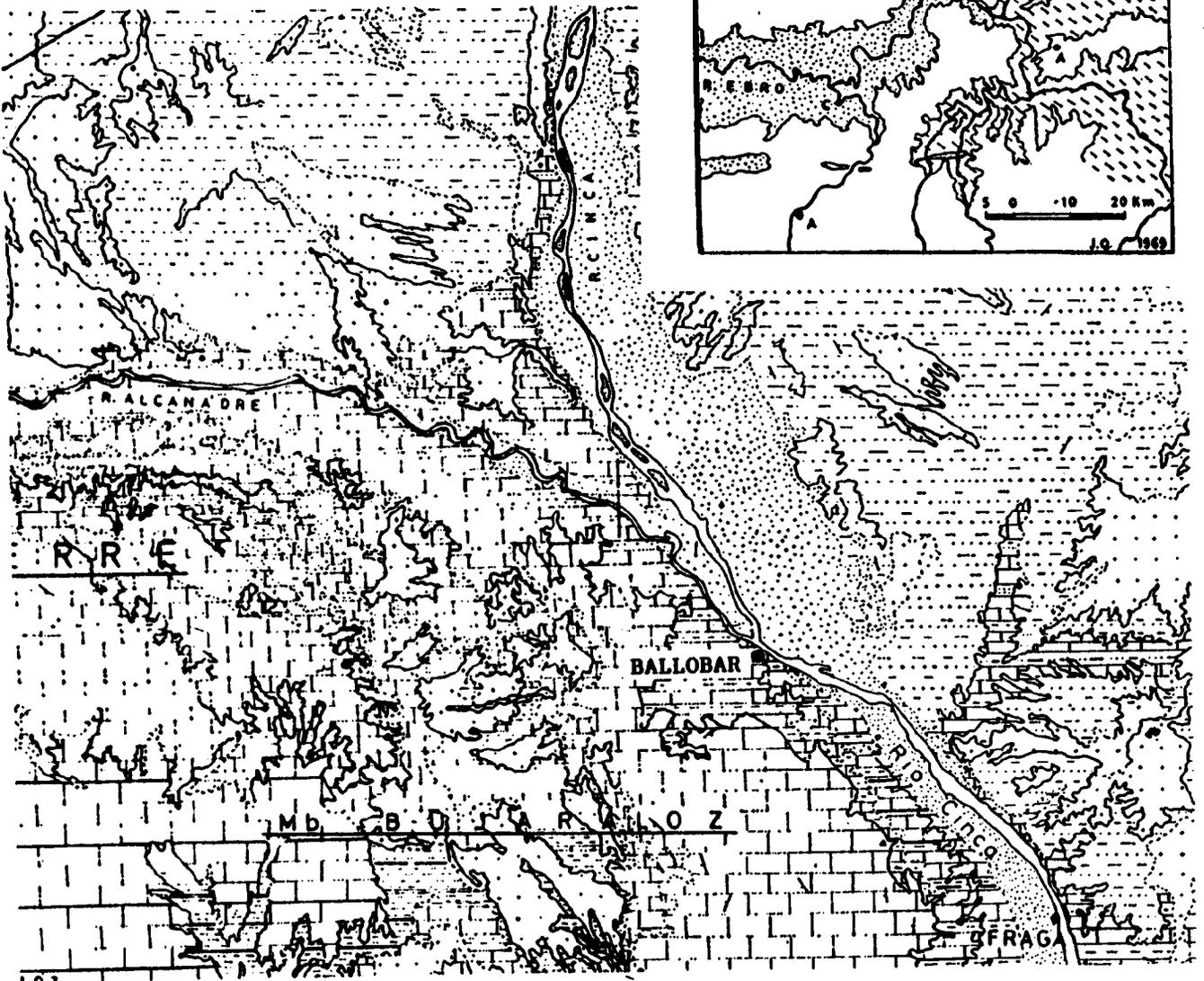
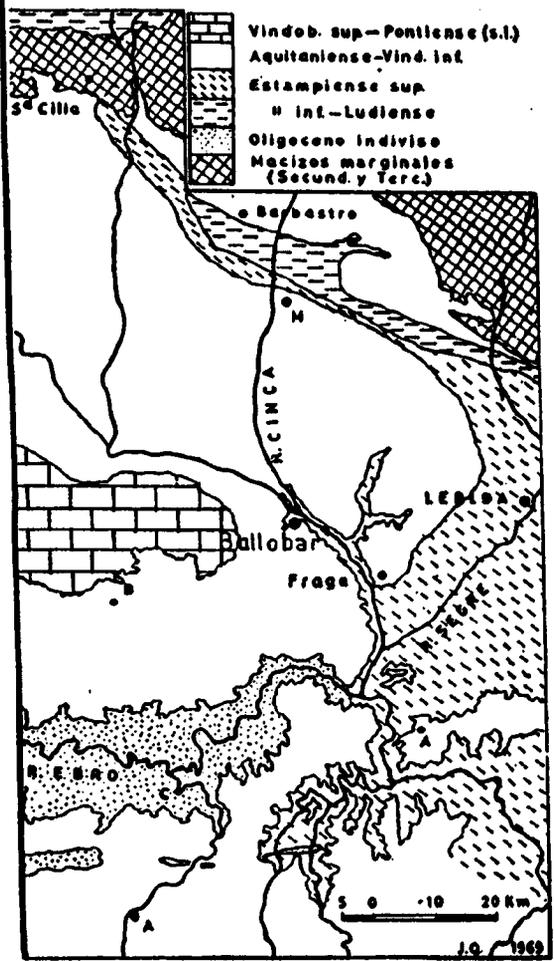
CORTE DE ONTINENA (H 357, Sariñena)



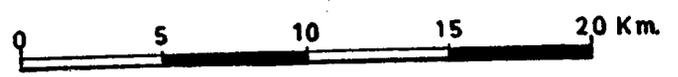
Correlación estratigráfica entre las distintas columnas existentes en localidades próximas.

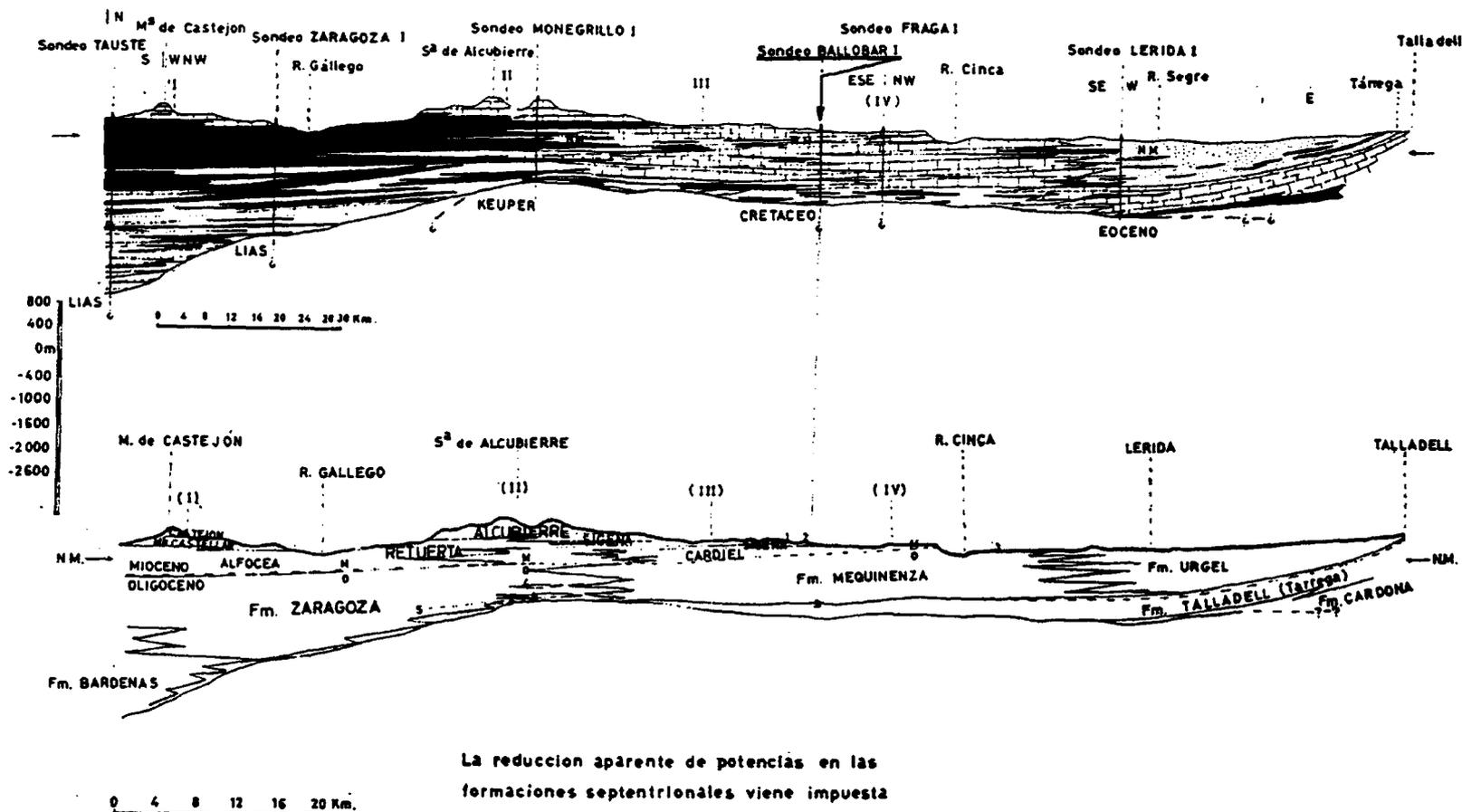
MAPA CRONOESTRATIGRÁFICO

-  ARCILLAS y MARGAS
-  CALIZAS
-  ARENISCAS
-  YESOS
-  YESOS y LIMOS YESÍFEROS
-  LIMOS YESÍFEROS
-  PALEOCANALES de CASPE
-  SECUNDARIO
-  LAGUNAS
-  TERRAZAS
-  GLACIS



J. QUIRANTES  
1969





La reducción aparente de potencias en las formaciones septentrionales viene impuesta por el realizado de la escala vertical

## 5.- ANALISIS DEL PROCESO DE EROSION.

### 5.1. Descripción de la problemática general.

Las laderas de San Juan que soportan un intenso proceso de erosión presentan, en planta, una superficie en torno a los 24.000 m<sup>2</sup> (2,4 Hectáreas). Esta superficie coincide con el área de recepción de aportes.

Aplicada una pendiente media en torno a los 35-37 ° la superficie total real de la ladera se estima en 29.500 m<sup>2</sup> (2,95 Hectáreas).

El frente de la ladera tiene en su base, donde comienzan las primeras casas del pueblo, algo más de 400 m. Siendo de éstos en torno a los 220, en el centro de la ladera, los que presentan el proceso de erosión manifestado por profundas incisiones en el terreno.

La altitud relativa del Cerro de San Juan es de 250 m. sobre el nivel de base de la ladera que se sitúa a una cota de 160 m.

Las pendientes apreciadas sobre el corte topográfico se inician en la base, sobre la formación limo-arcillosa con yesos de color rojo, con un ángulo suave que se incrementa en este primer tramo hasta una media en todo él de 31°. Un segundo tramo de limos margosos alternando con niveles margo-calcáreos más cohesivos, presenta un ángulo medio relativamente uniforme entorno a los 43°. El último tramo de calizas grises-blanquecinas varía entre 55° y 64° en sus pendientes máximas.

El problema que se presenta es fundamentalmente el de erosión. En éste caso por ser el agente erosivo de tipo físico, mecánico, lo denominaremos CORRASION.

Dentro de los posibles tipos de erosión, sería éste definido como un proceso de disgregación de las partículas por la actuación del agua de escorrentía superficial y dispersión con arrastre de las partículas que constituyen el suelo.

La forma de manifestarse, como se puede ver en las fotografías, es la formación de surcos o regueros orientados normalmente a las curvas de nivel, llegando la confluencia de varios de estos surcos a formar, en cotas más bajas, autenticos barrancos o cárcavas como profundas incisiones que llegan a tener más de tres metros de profundidad.

El mecanismo de erosión tiene varios factores que inciden de forma que incrementan su efecto:

- La pendiente: que en este caso llega a ser en muchos puntos de hasta 70°-75°.
- El tipo de material: las arcillas y limos son meteorizados, disgregados y fácilmente arrastrables.
- La falta de cobertera vegetal.
- El clima con escasas precipitaciones, que cuando se presentan lo hacen en forma de intensos aguaceros.

LA PENDIENTE como ya se ha mencionado, presenta tres tramos que coinciden de forma general con los tres niveles, caracterizados por su litología.

El primer nivel presenta una roca que permite, por su cohesión y resistencia a la erosión, mantener pendientes relativas muy elevadas. Se registran tramos sobre el corte topográfico entre 55° y 64° apreciándose, desde abajo, pendientes mucho mayores en determinadas zonas. En este se producen procesos de erosión diferencial de los estratos margoarcillosos favoreciendo así el desprendimiento por vuelco de los niveles más duros constituidos por calizas margosas de color gris.

El segundo nivel (Nivel II en transparencia sobre las panorámica 1) presenta pendientes entorno a los 43°. Su composición no varía aparentemente respecto de la anterior; si varía la potencia relativa entre niveles duros y blandos. Aquí las margas que constituían en el nivel I finos interestratos decimétricos presentan potentes niveles de más de 2 m. en algunos casos entre estratos muy finos, entre 20 y 40 cm. de marga calcárea dura. En este nivel es donde se aprecia una incisión más acusada de las cárcavas que llegan a incidir de tal forma que los interfluvios adoptan disposiciones en aristas verticales que en algunos casos presentan dudosa estabilidad.

El tercer nivel presenta las pendientes relativas globales más bajas. En éste la composición varía ligeramente presentando una estructura de niveles análoga a la anterior con arcillas margosas de color rojo y niveles yesíferos. Aquí todas las cárcavas del nivel superior se concentran en 5 pequeños barrancos que originariamente verterían en la base de la ladera.

Este nivel presenta entre las cotas 185-190 una gran berma que constituye el camino de acceso a los depósitos de agua cilíndricos, que hay al Norte del pueblo, desde el Sur del mismo.

Este camino entre 3 y 4 m. de anchura se realizó en parte sobre excavación en la ladera y en su mayor parte con terraplén de echadizo con materiales de la misma formación, aparentemente. Este material presenta características de cohesión y compacidad muy bajas.

Como se puede apreciar en las fotografías, los cinco barrancos (numerados sobre superponible) se ven cortados en su base por la citada berma. En este punto es donde cada uno de los barrancos concentra todas las escorrentías superficiales de cada una de las pequeñas cuencas de recepción (líneas de puntos) y con la mayor energía. En este punto se cortó en su día, al realizar el camino, el desagüe principal que de forma natural tenía continuación hasta la base de la pendiente.

Técnicos consultados por el Ayuntamiento ante el problema que en principio incidía cortando el camino, decidieron realizar un sistema de gaviones enterrados que han impedido que el camino quedas cortado. El sistema se ha manifestado eficaz en el punto en el que se encuentran, pero traslada el problema a otros, donde existen estas defensas.

Como se puede apreciar en las fotografías 5 y 6, la escorrentía superficial acumulada en el camino encuentra en la cuneta exterior de este varios puntos de salida. Es en estos puntos donde está el origen de la mayor parte de los materiales que arrastrados inundan las calles del pueblo. Es un material de echadizo, de relleno, sin cohesión, con gran facilidad para ser arrastrado. Se pudo observar, bajando a uno de estos grandes surcos, que el material está suelto.

El TIPO DE MATERIAL que constituye la ladera presenta una cohesión muy baja. Realizada una cata superficial sobre el tercer nivel, en una cara del talud (fotografía n.º 11), se aprecia perfectamente como existe una franja superficial de alteración que presenta el material con una densidad muy baja, fácilmente disgregable. A menos de 20 cm. la roca se presenta mucho más cohesiva y dura.

Aunque las precipitaciones determinan el proceso de alteración de la fracción margosa, es, sin embargo, el proceso de expansión-retracción en el cambio de mojado a seco el que produce la esponjosidad de ese material superficial. Se aprecian perfectamente en las fotografías las grietas de retracción del material como manifestación superficial. Ese mismo proceso con efectos análogos se produce hacia dentro en una "capa" variable entre 10 y 20 cm. En estas condiciones las precipitaciones, cuando son intensas, logran arrastrar ese suelo disgregado. En el proceso se ha observado como pequeños terrones individualizados en el mecanismo de expansión-retracción (ver fotografías n.º 10 y 11), al empaparse de forma relativamente súbita, consiguen desprenderse e integrarse a una masa-colada que fluye arrastrada por el agua en virtud de la energía que esta lleva al descender por las cárcavas en fuertes pendientes.

LA FALTA DE COBERTERA VEGETAL se considera otro de los factores de mayor importancia. Como ya quedó mencionado en los antecedentes, en la primera mitad del presente siglo se talaron todos los árboles de la ladera en el proceso de expansión de la población. La acción sustentadora y de "armado" del suelo que ejercen las raíces de los árboles y arbustos así como la absorción del agua del suelo fue eliminada.

En este momento parte de la zona sur de la ladera de San Juan está repoblada en un plan de que realizó el COMENA para investigar la eficacia de la medida. En las laderas próximas este problema de desprendimientos y avalanchas era frecuente. En los años 50-60 (según el Ayuntamiento) se repobló y hoy la ladera presenta una tupida vegetación (pinos) que ha resuelto el problema.

El CLIMA es factor principal en el proceso erosivo. El agente erosivo principal es el agua de lluvia, por lo tanto es importante hacer un análisis de las condiciones de precipitación de la zona. Para ello se cuenta con datos pluviométricos de las estaciones de Fraga y Ontiñena, ambas poblaciones cercanas a Ballebar y con estación pluviométrica y registro en el Instituto Nacional de Meteorología.

Se recogen en las figuras adjuntas 5.1.1. y 5.1.2. estos datos: en la primera las precipitaciones en mm. diarias durante el año 1988 en la estación de Ontiñena (la más cercana, 10 Km. al Norte) y la segunda en un histograma en el que se combinan Fraga y Ontiñena.

Las precipitaciones, como corresponde en un clima continental con una fuerte influencia mediterránea, son escasas, con 35 días de lluvia.

Sin embargo en 14 de las ocasiones se superó los 10 mm/día, que en este tipo de clima significa que la precipitación ha tenido lugar en condiciones de tormenta con fuertes aguaceros.

Según TAYLOR (1.970), con precipitaciones de 10 mm. ó más en este tipo de clima se produce erosión.

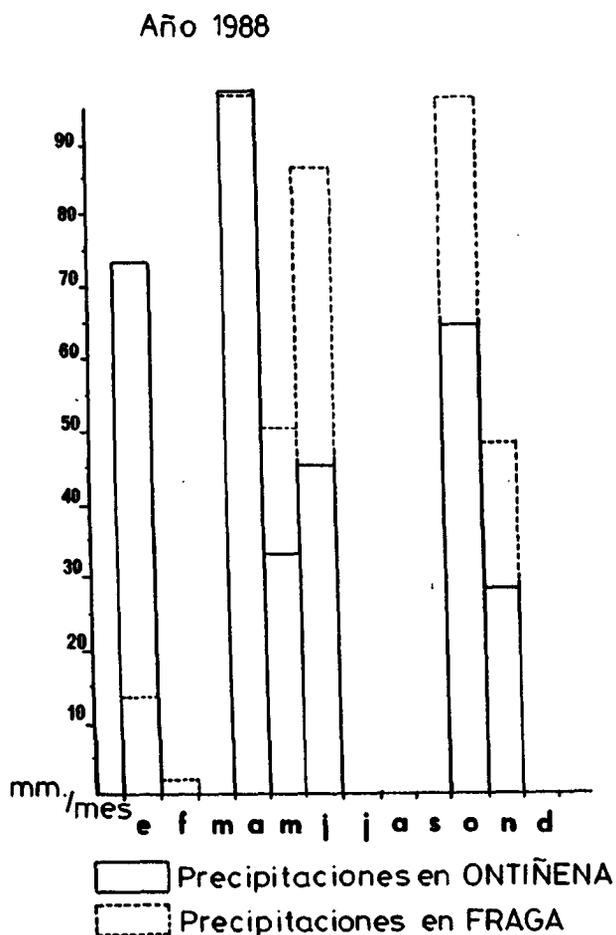


Fig. 5.1.2.

Mes	Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL mm.	
ENERO												8		3		7	5	12	2	12					6								73 mm.	
FEBRE.																																		
MARZO																																		
ABRIL				12	22	3	1		13			4			7								6				11						97 mm.	
MAYO	5				2			12					2			5									7								33 mm.	
JUNIO									19	11					5						7		11				8	13	6				45 mm.	
JULIO																																		
AGOSTO																																		
SEPTI.																																		
OCTUB.															10		49	5																64 mm.
NOVIEM													28																				28 mm.	
DICIEN																																		

-Fig. 5.1.1.

340 mm.  
anuales

PRECIPITACIONES DIARIAS DURANTE EL AÑO 1.988

-OBSERVATORIO DE ONTIÑENA (HUESCA).

N.º 911 Del INSTITUTO NACIONAL DE METEREOLOGIA

5.2. Características geológico-geotécnicas de los materiales.

Se tomaron cinco muestras en cinco puntos distintos dentro del talud, en la ladera, eliminando una capa superficial entre 10 y 20 cm.

Para la identificación del material, éste se disgregó y tamizó, obteniéndose un rango entre el 93 % y el 99,8 % de fracción que pasa el Tamiz 200 (limos y arcillas). Tres de las cuatro muestras tamizadas dieron valores por encima del 99% en finos.

Contenido de fracción limosa-arenosa a partir de las granulometrías.

	Limos	Arenas
(2) -	57 %	7 %
(3) -	51 %	0,8 %
(4) -	58,6 %	0,4 %
(5) -	40 %	0,2 %

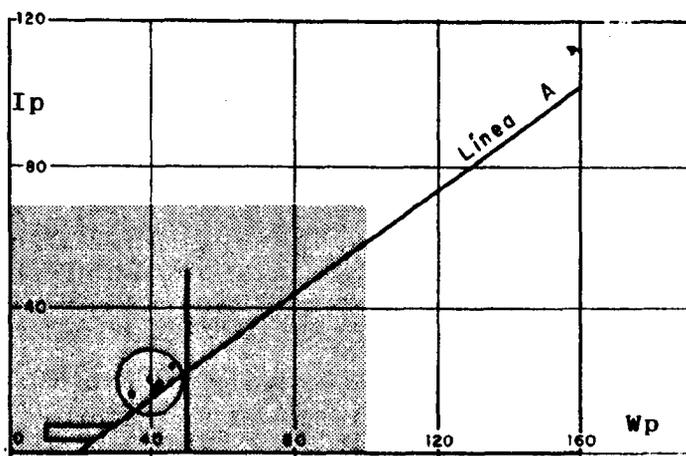
Los límites dieron los valores máximos y mínimos:

$W_L$  (%) = 35,2 % y 43,2 % estando 4 de los 5 por encima de 40 %.

$W_p$  (%) = 16,8 % y 23,2 %

$I_p$  (%) = 18,3 % y 23,6 %

Utilizando el sistema de clasificación de suelos unificado U.S.C.S. las muestras se clasifican dentro del grupo CL de arcillas limosas de plasticidad media-baja, muy cerca del campo ML de limos arcillosos con ligera plasticidad.



- Diagrama de plasticidad.

En cuanto a la caracterización de la expansividad, se adoptó el sistema LAMBE con los siguientes valores obtenidos:

- (2) - 1,2 Kp/cm<sup>2</sup>
- (3) - 1,4 "
- (4) - 1,5 "
- (5) - 1,7 "

Siendo la muestra n.º 2 (la de mayor contenido limos-arenas) la de menor valor relativo y presentando una expansividad media, siendo la del resto alta.

### 5.3. Evaluación cuantitativa del riesgo de erosión.

Para determinar el nivel absoluto de erosión sobre la ladera se aplicará un modelo de erosión hídrica que se diseñó para predecir y controlar las alteraciones en las condiciones del suelo debidas a erosión superficial, ésta como natural o provocada por actividades humanas.

Para ello se utiliza la "Ecuación Universal de Pérdida del Suelo" o simplemente la "Ecuación Universal" que se debe al Soil Conservation Service y al Agricultural Research Service, U.S.A., actualizado por TAYLOR (1.970) y cuya expresión fundamental es como sigue:

$$A = 2,24 R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Siendo:

A = Pérdida media anual del suelo en Tm. por unidad de superficie (Hectárea).

R = Factor de lluvia

K = Factor de erosionabilidad del suelo

L = Factor de longitud de declive

S = Factor de pendiente del declive

C = Factor de cultivo y ordenación

P = Factor de prácticas y conservación de suelos

Esta ecuación está orientada hacia los usos agrícolas y para suelos de estos usos. Sin embargo dadas las características de los materiales, ya descritas, no se cree que se acuse un gran error en su aplicación. En la aplicación de la citada ecuación, se puede conseguir una adecuada exactitud en la cuantificación de los factores generales, mientras que existen ciertas reservas en los valores que se manifiestan difícilmente interpolables.

FACTOR LLUVIA (R):

Su determinación es la más importante, pues el régimen de lluvias, que es en realidad el principal agente activo de la erosión, es muy variable de unos puntos a otros.

Este factor se define como el producto de la energía cinética del aguacero (E) por su densidad en 30 minutos (I). Es decir:

$$R = E \cdot I$$

El valor de E viene medido en Kgm/Ha. y para su determinación es necesario hacer las siguientes consideraciones:

Experimentalmente se ha visto que la ecuación que relaciona la energía cinética con la intensidad de lluvia es:

$$E = 12.142 + 8.877 \log_{10} \cdot I$$

donde E representa la energía cinética en Kgm. por mm. de lluvia sobre una Ha. ; I, la intensidad de la lluvia en una hora en mm.

Aplicando los datos que se tienen de precipitaciones y como para valores de precipitación media diaria menor de 10 milímetros se considera la erosión nula, se toman como datos la media de todas las precipitaciones diarias habidas con más de 10 mm. y la precipitación máxima diaria del año.

Precipitación media ( $\geq$  10 mm/día) = 17,30 mm/día  
Precipitación máxima = 49,00 mm/día

El cuadro 5.3.1. permite calcular los valores de la energía del aguacero en Kgm/mm./Ha.

Para entrar en el cuadro 1 es necesario conocer la intensidad de la lluvia en mm/hora; para obtener este dato se considerará la intensidad media de la lluvia en una hora, a partir de los datos del I.N.M. para cada día. Esta precipitación se reparte desigualmente a lo largo del día, aceptándose que:

\* Para zonas muy lluviosas del Norte de España, la precipitación diaria se reparte entre 5-6 horas.

\* Para las zonas tormentosas del Levante y Sureste, la precipitación diaria se reparte en dos horas o menos.

\* Para las zonas intermedias se puede admitir que la precipitación se reparte en cuatro horas.

Evidentemente, estas cifras pecan de moderadas; no obstante, si se admiten es posible calcular la precipitación media por hora dividiendo la precipitación máxima en 24 horas del mes considerando por 6, 2 ó 4, según la zona geográfica, que en este caso puede encajar dentro del clima mediterráneo. O sea, en dos horas:

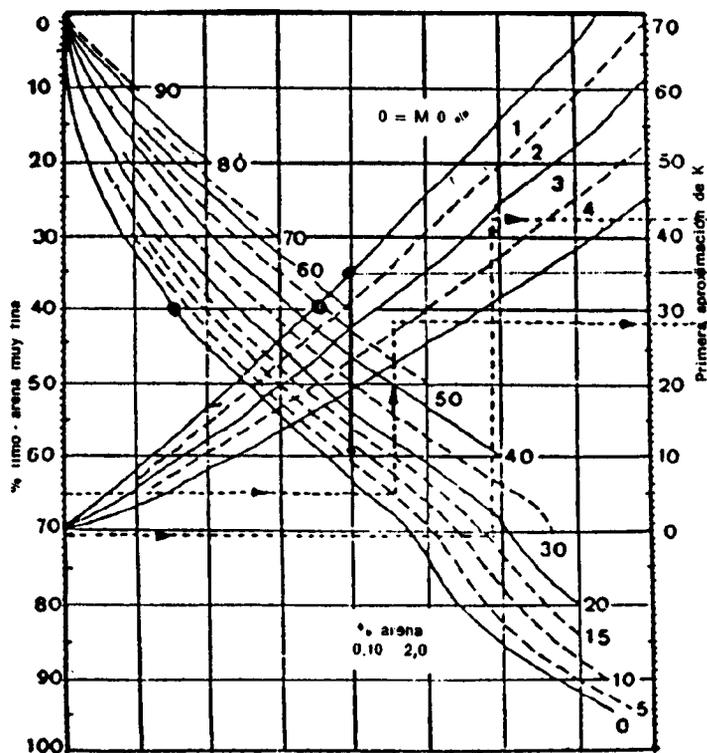
E = Para precipitación media 8,7 mm/hora. 20,482 (Valor Tablas).

E = Para precipitación máxima 24,5 mm/hora. 24,294 (Valor Tablas).

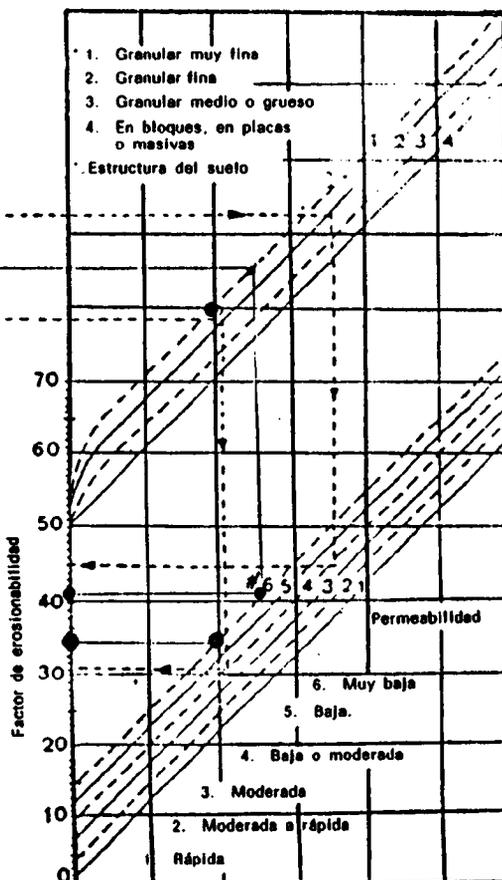
**ENERGIA CINÉTICA DE LA LLUVIA NATURAL**  
 (Kilogramos/Hectárea - mm.)  
 (WISCHMEIER y SMITH, 1958)

Intensidad (mm./h.)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,000	3,265	9,937	7,499	8,606	9,470	10,171	10,765	11,281	11,734
1	12,142	12,509	12,845	13,253	13,439	13,705	13,945	14,188	14,488	14,616
2	14,814	15,002	15,182	15,353	15,717	15,674	15,826	15,971	16,111	16,247
3	16,377	16,504	16,626	16,745	16,860	16,972	17,080	17,196	17,289	17,389
4	17,486	17,582	17,614	17,765	17,854	17,940	18,025	18,108	18,189	18,269
5	18,347	18,425	18,498	18,571	18,643	18,714	18,852	18,852	18,919	18,958
6	19,050	19,113	19,176	19,238	19,298	19,385	19,417	19,475	19,532	19,588
7	19,644	19,699	19,752	19,806	19,858	19,920	19,961	20,011	20,061	20,110
8	20,159	20,207	20,554	20,301	20,347	20,392	20,437	20,482	20,526	20,570
9	20,613	20,654	20,694	20,435	20,775	20,816	20,857	20,897	20,938	20,978
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	21,029	21,386	21,722	22,030	22,316	22,582	22,830	23,065	23,285	23,493
20	23,642	23,879	24,059	24,230	24,294	24,551	24,703	23,065	24,988	25,194
30	25,254	25,321	25,503	25,622	25,737	25,894	25,957	26,063	26,116	26,265
40	25,363	26,459	26,551	26,642	26,732	26,817	26,902	26,965	27,066	27,146
50	27,224	27,300	27,375	27,443	27,520	27,591	27,651	27,723	27,796	27,862

Cuadro 5.3.1.



La escala de K viene expresada en Tm./acre. Para pasar a Tm./Ha., multiplicar el resultado final por 2,47 (1 Ha. = 2,47 acres).



El Cálculo de I, ó intensidad máxima de lluvia en 30 minutos es inmediata conociendo la precipitación horaria

$$I = \begin{cases} \text{Para precip. med. } \approx 4,35 \\ \text{Para precip. max. } \approx 12,25 \end{cases}$$

$$\text{De forma que } R = \begin{cases} \text{Para precip. med. } 4,35 \cdot 20,482 = 89,09 \\ \text{Para precip. max. } 12,25 \cdot 24,294 = 297,60 \end{cases}$$

#### FACTOR DE EROSIONABILIDAD DEL SUELO (K).

Expresa la influencia de las propiedades químicas y físicas del suelo en la erosión, a través de la infiltración, permeabilidad, capacidad de retención de agua, resistencia a la dispersión, aplastamiento, abrasión y fuerzas de transporte.

Se determina empíricamente y se expresa en Tm./Ha. por unidad de pluviosidad EI, en condiciones estándar de pendiente del 9 %, longitud 22,13 m. y en barbecho continuo.

Generalmente son menos erosionables los suelos profundos permeables de arenas gruesas. Los más erosionables serán los suelos arenosos y poco profundos sobre subsuelo impermeable.

Para la mayoría de los suelos, K varía entre 0,74 y 1,70, pero su magnitud relativa puede llegar a variar de 1 a 1,20, lo que ya da idea de la profunda influencia que ejerce. En la práctica, no obstante, su peso es escaso, pues para los suelos más corrientes (los franco limosos) varía de 0,60 a 1,12 Tm/Ha.

Para facilitar el cálculo de K. WISCHMEIER y colaboradores (1.971) han elaborado un monograma que resuelve gráficamente la ecuación que liga las variables del proceso de erosión. Su utilización parece ser especialmente interesante cuando el horizonte del suelo expuesto a la erosión por las actividades llevadas cabo en el terreno pueden ser cualquiera de los del perfil.

En función de las características del terreno recogidas en capítulos anteriores (5.2) tenemos para ambas posibilidades max - min.

Contenido en limos:			Valores finales de K	
40 %	--	35	--	<u>0,95</u>
58,6 %	--	42	--	<u>1,04</u>

FACTOR DE LONGITUD DE DECLIVE (L).

Representa la longitud del terreno, talud, ladera, etc. que se ha tomado como unidad de estudio y donde se manifiesta la escorrentía; se expresa:

$$L = \left( \frac{\lambda}{22,13} \right)^m$$

$\lambda$  = Longitud del declive de escorrentía en el campo.

22,13 (en m.) = Unidad estándar de longitud.

m = Exponente que se determina a partir de los datos de campo y viene influenciado por la longitud y el ángulo de pendiente, las propiedades del suelo, el clima, etc.

El U.S. Department of Agriculture recomienda:

- m = 0,6 para pendientes > 10 %
- m = 0,3 para pendientes muy largas y menores del 1,5 %
- m = 0,5 para el resto de las pendientes.

O Simplemente:

- m = 0,6 para pendientes > 10 %
- m = 0,5 para pendientes < 10 %

$$L = \left( \frac{150}{22,13} \right)^{0,6} = 3,15 \quad \text{Siendo la pendiente con un ángulo muy superior al 10 \%}$$

FACTOR DE PENDIENTE DE DECLIVE (S).

Basados en el análisis de los datos del Runoff and Soil-Loss Data Center WISCHMEIER y SMITH propusieron la relación

$$S = \frac{0,43 + 0,30 \cdot s + 0,043 \cdot s^2}{6,613}$$

donde S es la pendiente en % según el sistema seguido por Soil Conservation Service.

Para los tres valores definidos:

$$\begin{aligned} 31^\circ & \text{ ----- } 154,8 + 18 + 0,43 / 6,613 = 26,19 \\ 43^\circ & \text{ ----- } 356 + 27,3 + 0,43 / 6,613 = 58,02 \\ 60^\circ & \text{ ----- } 1213,6 + 50,4 + 0,43 / 6,613 = 191,10 \end{aligned}$$

Tomando la proporción relativa (7,4,2).S (integrado) =  
= 60,79 que tomando el valor absoluto máximo para pendiente mayor de 25 ° queda en 30

Los factores (C): de CULTIVO y ORDENACION y (P): de PRACTICAS DE CONSERVACION no intervienen en este caso.

Asi pues, la "Ecuación Universal" quedará de la forma:

$$2,24 \cdot \begin{Bmatrix} 89,1 \\ 297,6 \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} 0,95 \\ 1,04 \end{Bmatrix} \cdot 3,15 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 1 = \begin{matrix} 65,51 \text{ Tn/Ha.} \\ 17,91 \text{ Tn/Ha.} \end{matrix}$$

Las cantidades obtenidas son excesivas y denotan una falta de ajuste entre el método utilizado y el modelo aplicado. Sin embargo sirven perfectamente para apreciar que el orden de magnitud es alto fundamentalmente por el régimen de precipitaciones y la excesiva pendiente.

Teniendo un total estimado de 2,95 Ha. la erosión máxima calculada para toda la ladera es de: 193 Tn/Ha. y la media que se tomó entre aquellas que presentaban precipitaciones por encima de 10 mm. (límite mínimo tomado de erosionabilidad) es de: 52,83 Tn/Ha.

Ambos valores hacen referencia del potencial erosivo evaluado en función de los parámetros introducidos. No pueden ser tomados como valores absolutos.

Para poder tener criterios de comparación se utilizará también una de las relaciones más conocidas entre erosión y clima que es la establecida por FOURNIER (1.960).

Considera que la erosión, a la que denomina degradación específica, es función fundamental del coeficiente  $p^2/P$  ( p = precipitación del mes más lluvioso del año en mm.; P = precipitación anual en mm.), relación establecida en base a datos de una serie de cuencas fluviales de más de 2.000 Km<sup>2</sup>. Así se considera al clima -y más concretamente al régimen de precipitaciones- como el único elemento de diferenciación a escala regional. También se considera el factor o coeficiente orográfico de la cuenca.

La fórmula toma la expresión:

$$\log D = 2,65 \log \frac{p^2}{P} + 0,46 \log H \cdot \operatorname{tg} \alpha - 1,56$$

donde:

D = degradación específica en Tn/Km<sup>2</sup>/año

H = altura media de la cuenca

$\alpha$  = pendiente media de la cuenca

$$\log D = 2,65 \cdot \log \frac{(97)^2}{340} + 0,46 \cdot \log 90 \cdot \operatorname{tg} 36^\circ - 1,56$$

$$\log D = 2,81 \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} D &= 645,6 \text{ Tm/Km}^2/\text{año} \\ D &= 6,456 \text{ Tm/Ha/año} \end{aligned}$$

Para 2,95 Ha. de ladera la erosión global calculada es de : 19,04 Tn/año.

El producto  $H \cdot \operatorname{tg} \alpha$  es conocido como coeficiente orográfico de la cuenca y el valor  $\operatorname{tg} \alpha$  como coeficiente de masividad de Martonne (relación entre la altura media y la superficie de la cuenca).

Este valor, es comparativamente pequeño y no tiene en cuenta las especiales circunstancias de falta de cobertura vegetal, tramos con pendiente mayor y tipo de material, así como la intensidad de las precipitaciones en su punto máximo en éste tipo de clima. Sin embargo, intenta llegar a un rango de magnitud que de forma global se ajusta bastante a lo observado.

## 6.- CONCLUSIONES.

1. Ballobar se encuentra situado sobre un coluvial, producto de la erosión y desprendimientos del vecino Cerro de San Juan y sobre una terraza alta del Río Alcanadre, que poco más al Sur se une al Cinca. La zona alta del Pueblo queda sobre un depósito limoarcilloso, colapsable y con claros signos de expansividad.

2. El problema de las grietas a veces importantes en las fachadas se debe al apoyo directo sobre este tipo de materiales, a su colapso y a su expansividad agravados ambos por eventuales subidas del nivel freático en época húmeda, y a la situación de los depósitos de agua, si éstos efectivamente como se sospecha, presenta fugas.

3. El problema de erosionabilidad se agudiza en épocas de tormentas. El elevado caudal de las escorrentías superficiales en momentos de intensas precipitaciones, canalizadas y concentradas en los 5 pequeños barrancos y a favor de una pendiente tan acusada determina una energía suficiente para arrastrar grandes bloques en suspensión en importantes coladas de barro y piedras.

4. El material de la ladera se compone en las cotas inferiores por potentes niveles de margas limo-arcillosas con yesos entre estratos de dimensiones decimétricas calcomargosos alternantes. La erosionabilidad y facilidad para su arrastre ha quedado suficientemente demostrada. Estos, erosionada su base en un proceso de cascada se fracturan y desprenden por vuelco.

5. Las cárcavas determinan un mecanismo progresivo de erosión en el que las condiciones hidráulicas van degenerando el proceso, incrementando las pendientes y canalizando volúmenes de agua cada vez más importantes.

6. La construcción del camino de acceso a los depósitos cilíndricos desde la zona del cementerio ha agravado la situación. El terraplén de material poco compacto es fácilmente erosionable siendo éste arrastrado hacia el pueblo. Se aprecia perfectamente como cada barranco ha labrado en el terraplén su propio surco de desagüe.

7. La desforestación constituye sin duda el factor desencadenante de todo el proceso degenerativo. Como ya hemos mencionado, las altas pendientes de la ladera en un terreno como este sin la acción confinadora de las raíces provocan un lavado del suelo y posteriormente de la roca. Precisamente en la observación de los antecedentes de la ladera está la clave. Desde que se desforestó la misma se vienen produciendo estos problemas y cada vez con mayor intensidad.

## 7.- RECOMENDACIONES.

Los problemas planteados en la población de Ballobar son dos y de distinto carácter. El tratamiento por tanto es diferente.

### A) PROBLEMA DE GRIETAS EN LAS ESTRUCTURAS DE LOS EDIFICIOS.

El problema se localiza fundamentalmente en los edificios de la mitad oeste del pueblo, en la zona más alta, asentados sobre los depósitos coluviales del pie de la pendiente, fundamentalmente relleno natural de limos y arcillas con escasos cantos de caliza. Terreno blando, mal drenado y con procesos de socavación interna producida por aguas freáticas y por la rotura de las conducciones de la red de saneamientos y agua potable.

Los edificios asentados sobre el aluvial del río, sobre las terrazas del Alcanadre no presentan estos problemas.

Por lo tanto las medidas recomendables para las construcciones en la mitad oeste del pueblo son:

- 1.º Procurar utilizar en la construcción estructuras con hormigón armado y no realizadas por el primitivo sistema del muro de carga.
- 2.º Procurar eliminar la capa superficial del coluvial limo-arcilloso llegando a apoyar sobre terreno firme.
- 3.º Realizar un estudio geotécnico y de auscultación del terreno en aquellos casos en los que : a) el edificio a realizar tenga dos o más plantas, b) se observan problemas de fracturas en viviendas vecinas.

B) PROBLEMA DE EROSION E INUNDACION DE LAS CALLES POR COLADAS DE LODO Y PIEDRAS.

Las medidas de corrección del talud se pueden dividir en dos clases:

- 1.º. Medidas urgentes de contención, provisionales, de efecto rápido a corto plazo.
- 2.º. Medidas de contención definitivas, duraderas a largo plazo.

1. MEDIDAS URGENTES DE EFECTO A CORTO PLAZO:

1.1. Barreras de contención de los sedimentos.

Con el fin de ejercer el menor impacto visual posible se propone como medida de corrección la construcción de barreras de contención realizadas con rollizos de madera de pino y empaques de bloques y grava.

Como se aprecia en la figura 7.1. se situarán estas barreras en las cárcavas más profundas de forma transversal a modo de presa de sedimentos.

Se propone como diseño de dichas barreras el que se presenta en la figura 7.1. (Detalle...). Se clavarán rollizos entre 8 y 10 cm. de diámetro metiendo bajo tierra una longitud no inferior a 1/3 de la longitud total del mismo. Quedando visto entre 100 y 50 cm. según la importancia y profundidad relativa del pequeño barranco. Se situarán transversalmente y por la parte interior otros rollizos (puede ser también tablas) entre 6 y 8 cm. de diámetro y ramas-palos que consigan en sí una empalizada consistente que impida atravesarla por el sedimento y que permita salir el agua.

En el fondo de la barrera de contención y como medida de filtro y estabilización del sistema se pondrán gravas y piedras.

El sistema sólo es posible realizarlo en el nivel III, el más bajo y de menor pendiente. Se instalará en las cárcavas más profundas.

El sistema se integra sin impacto visual paisajístico excesivo, siendo posteriormente integrado perfectamente al progresar la medida que se propone como definitiva y que es la repoblación. Presenta ventajas adicionales como son su flexibilidad y mantenimiento menos costoso.

#### 1.2. Cuneta interior al camino.

Se propone una cuneta-cunetón de canalización de las escorrentías superficiales de la ladera y del propio camino. Sus medidas serán ajustadas lo más posible a las propuestas 0,50 m. de alto por 0,80 m. de base.

En su fondo y margen interior al camino estará forrada interiormente por una malla de contención de triple torsión que tendrá aquí su final y punto de anclaje.

Su mantenimiento y limpieza será uno de los puntos más delicados y observados con máxima atención por parte del Ayuntamiento. La eficacia de la medida se basa en la observación permanente de su colmatación sirviendo además de punto de apreciación de las zonas con procesos de erosión más intensa.

1.3. Obras de protección al terraplén del camino de acceso a los depósitos.

Los puntos críticos de todo el talud están situados precisamente en el camino, en el punto en el que cada gran cárcava se ve interrumpida por él. El agua arrastrando sedimentos de la ladera alcanza en este punto su máxima energía. La inercia del agua y sedimento se ve bruscamente frenada por el cambio de pendiente que constituye el camino.

A fin de evitar esta acción se construyó un sistema de gaviones enterrados que impidió que el camino quedase cortado. No obstante al no llegar con los gaviones al extremo exterior del camino el agua ha ido socavando este extremo, encontrando ahí un material blando, de terraplén no compactado, donde a través de varios regueros excavados por ella misma ha ido drenando arrastrando consigo una gran parte del mismo.

Se propone cubrir con malla de protección, de triple torsión y de acero galvanizado, en esta zona del camino. Se propone un sistema como el representado en la figura 7.2. (detalle ...). En él, el camino queda contra pendiente evitando así que la escorrentía directa, en los momentos críticos de aporte, se vaya a verter sobre la cuneta. Se propone además que bajo la malla se vierta grava que permita, si lo anterior no fuese posible, un drenaje interior que no afectaría al terraplén por encontrarse perfectamente sujeto por la acción confinante de la malla.

## 2. MEDIDAS DE CONTENCIÓN DEFINITIVAS.

La medida más efectiva para la contención de la erosión de los suelos es la revegetación.

En las laderas cercanas donde se producían fenómenos análogos a éste se realizaron en las décadas de los 40-50 replantación con coníferas. El sistema tuvo que ser manual por lo escarpado de la pendiente.

Se propone revegetar toda la zona III de la ladera, fundamentalmente la parte baja, por debajo del camino. La decisión de ataluzar o no se deja a elección de quienes realicen el proyecto y obras de repoblación. La parte alta de la zona III se revegetará también haciéndolo preferentemente en los cauces de las cárcavas donde se acondicionará en cada caso el terreno para tal fin.

Para el proyecto primarán criterios funcionales sobre los criterios estéticos, sin por ello dejar de tenerlos en cuenta.

Para la elección de especies nos referimos a las que ya están siendo utilizadas en el entorno para el mismo cometido. Fundamentalmente coníferas, que son las que se adaptan en esta zona a las condiciones meteorológicas y suelo, presentando mínimos cuidados de conservación.

Se contemplará dentro del programa de replantación el cuidado de la misma. De ello dependerá posteriormente el éxito de la medida. Se pondrá especial cuidado en los puntos de mayor erosión actual.

El riego de la replantación será de 6-8 veces al año, necesitándose en el periodo seco del mismo un promedio de 50 litros por árbol/vez. Se replantarán aquellos que en una primera fase de un año queden secos. Se revisarán sus puntos de anclaje rellorando de tierra si ello fuese preciso.

Para alcanzar un nivel mayor de eficacia en el menor tiempo posible, se revegetará en la zona baja de zona III con árboles entre 2 y 3 m. a una distancia media entre ellos de 5 m. En la zona alta se recurrirá a distintos tamaños según lo aconseje el lugar concreto de reposición.

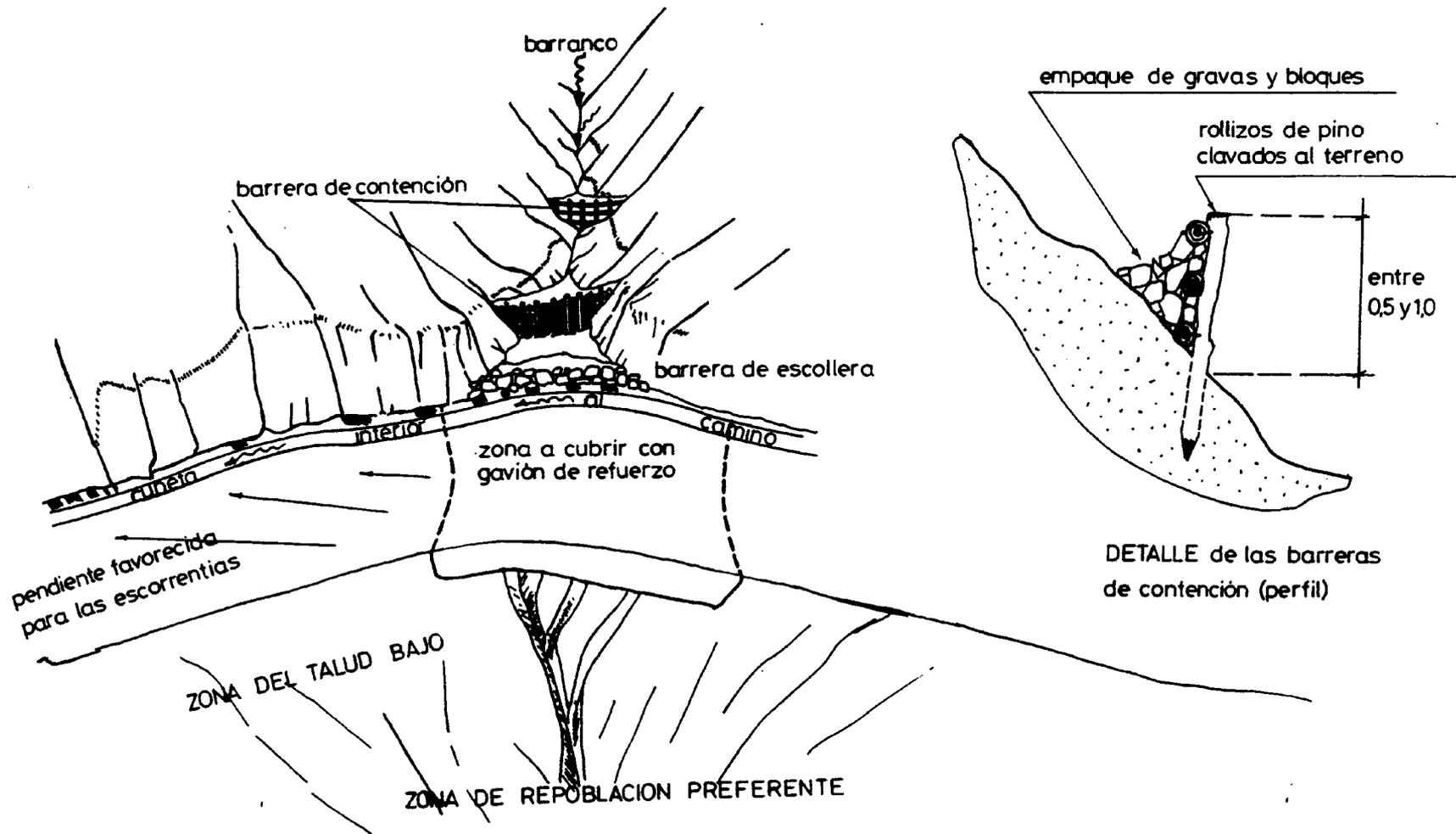


FIGURA 7.1. Medidas de corrección urgentes

REPOBLACION FORESTAL GENERAL DE TODO EL NIVEL III

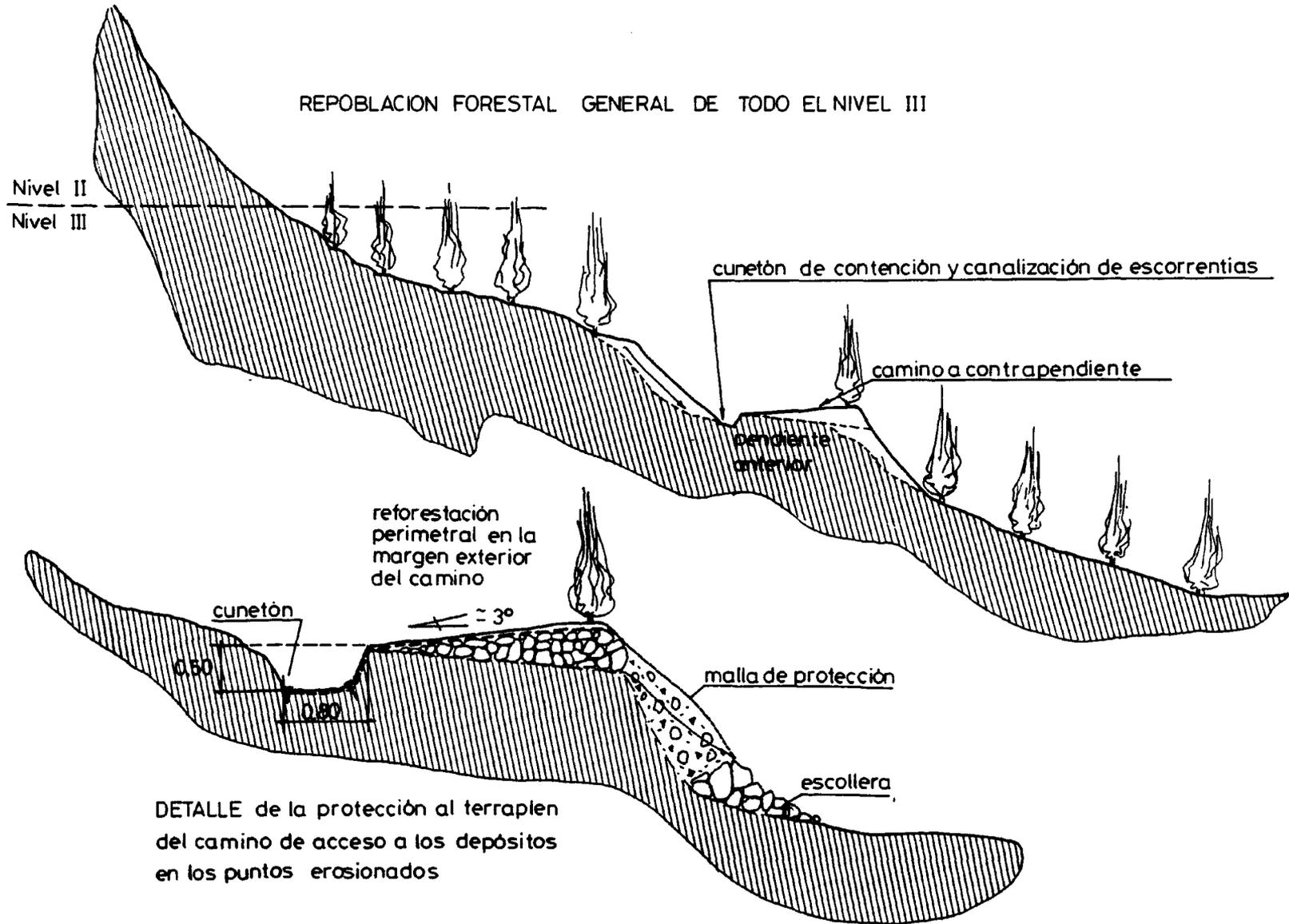
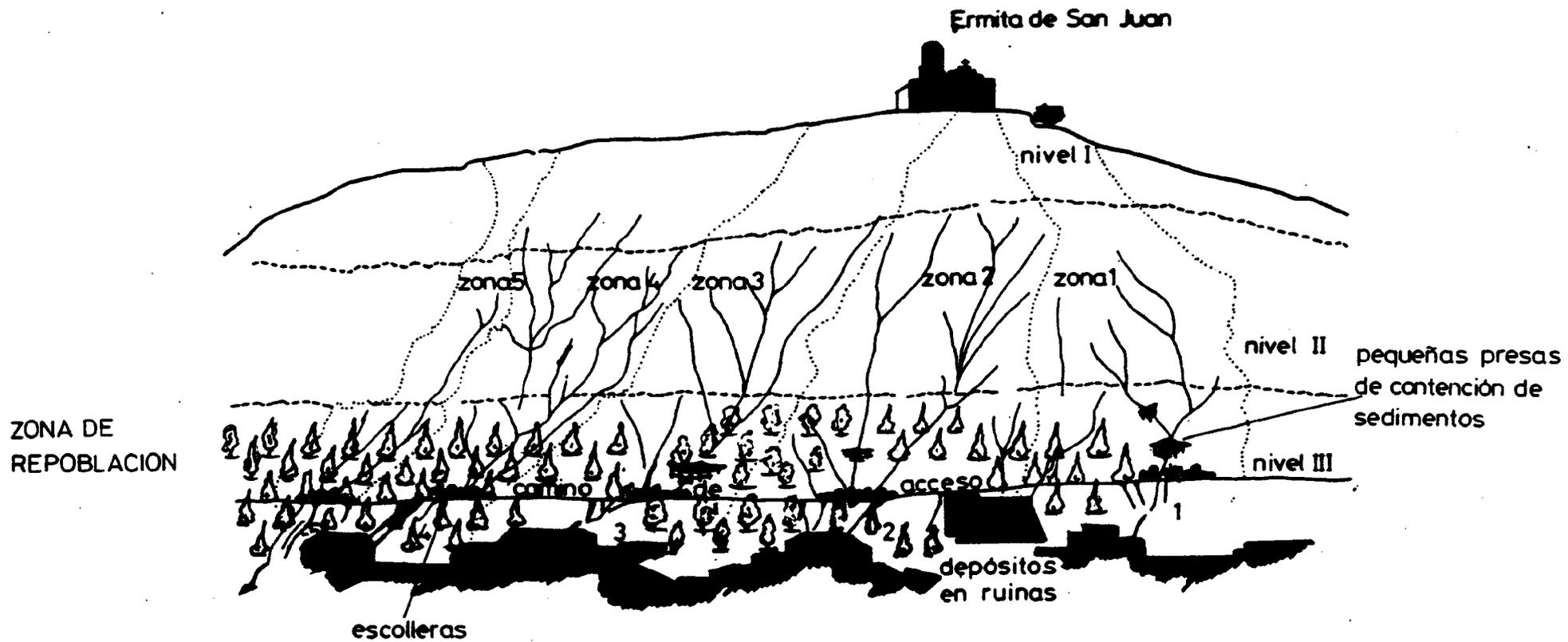


FIGURA 7.2. Medidas de corrección urgentes. (Perfiles)



..... División entre áreas de concentración de aportes  
 ----- División entre los niveles que constituyen la ladera

FIGURA 7.3. Area de repoblación

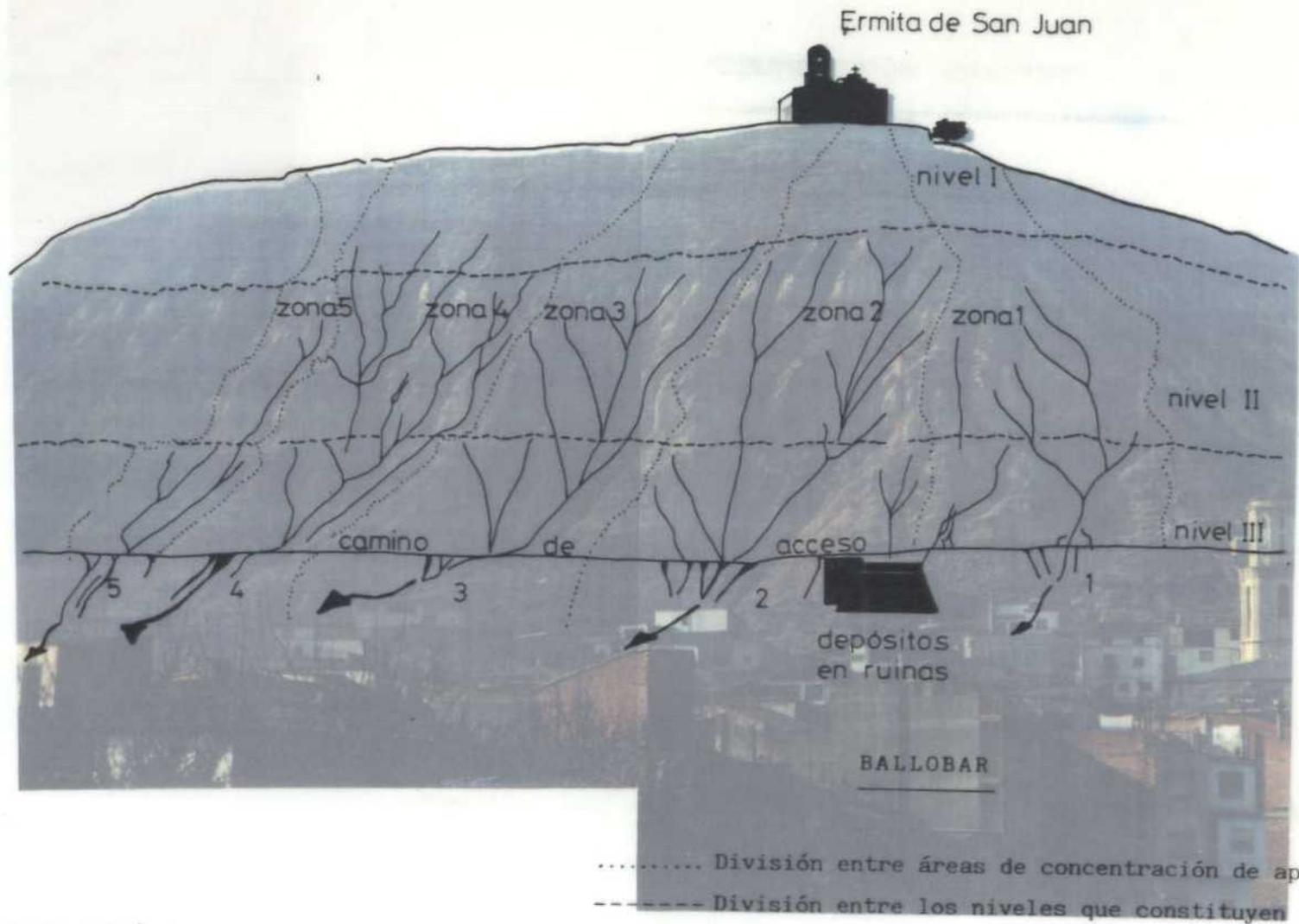
Fdo.: Francisco Ayala Carcedo  
Jefe del Area de Geolo-  
logía Ambiental y Geo-  
tecnia del I.T.G.E.



Fdo.: Alberto Gracia Bernal  
Lcdo. en CC. Geologicas  
GEONOC, S.A.

A N E X O S :

I. FOTOGRAFIAS.



PANORAMICA n.º 1.:

Vista general de la ladera de San Juan. En la cima la Ermita del mismo nombre.

Se aprecia el profundo acarcavamiento en la ladera que producen las escorrentías superficiales sobre un material blando con fuertes pendientes.



FOTOGRAFIA 1.: Construcción abandonada por desprendimientos de bloques en el extremo Norte de la Calle San Juan Alta.

Podemos ver la evolución del proceso comparando con las fotografías en el Anexo IV. (Informe de E.A.T., 1.985).



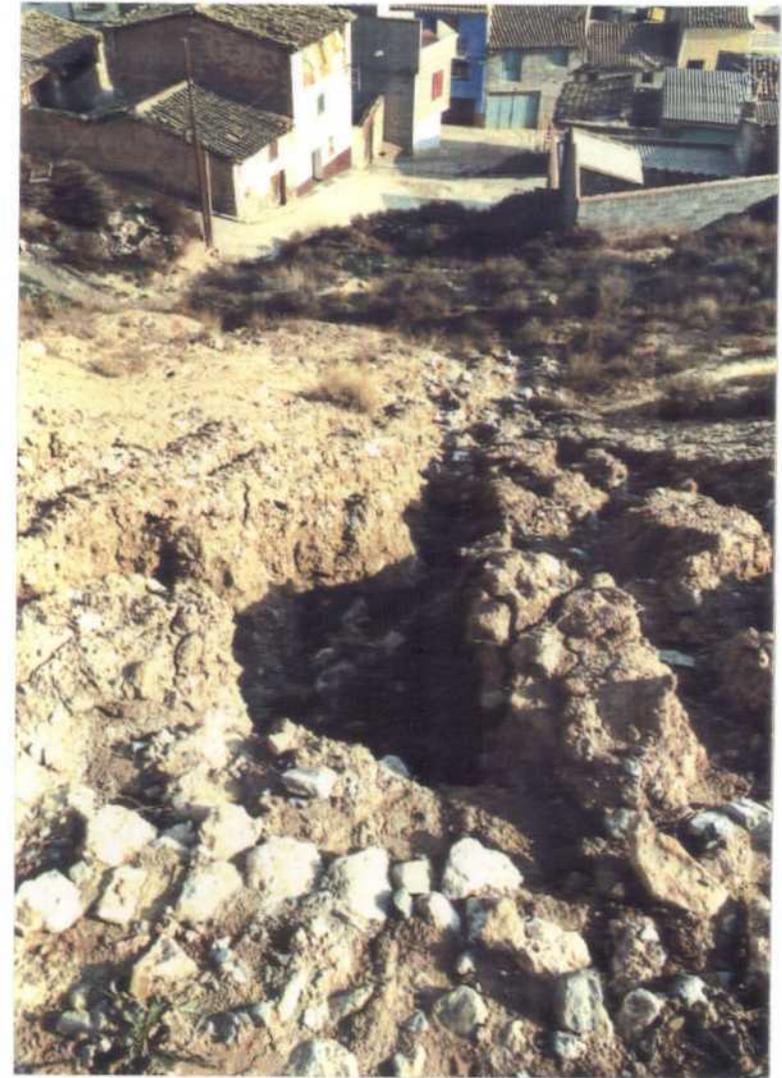
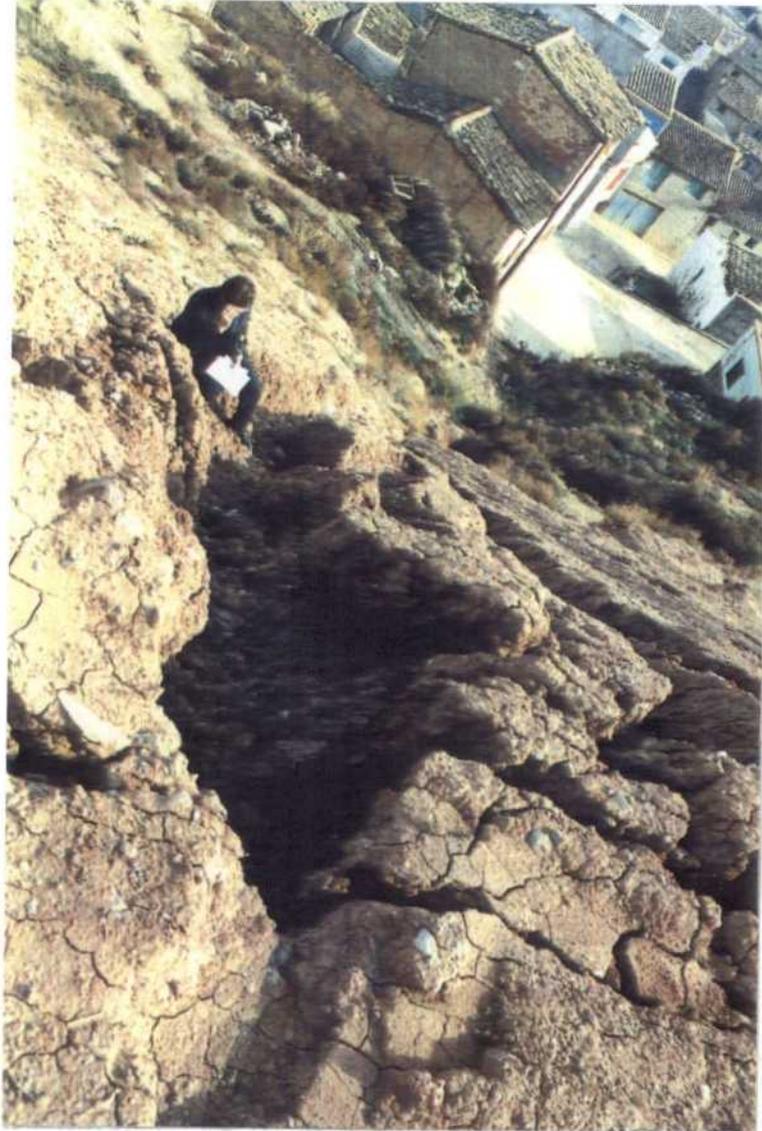
FOTOGRAFIA 2.: Depósito de agua rajado, en desuso al pie de la ladera. Es importante apreciar la gran cantidad de materiales depositados en su parte posterior.



FOTOGRAFIA 3 .: Vista desde una de las calles por las que se producen las coladas de barro de la ladera erosionada. Se aprecia muy bien la erosión sobre el terraplén del camino que va a los depósitos.

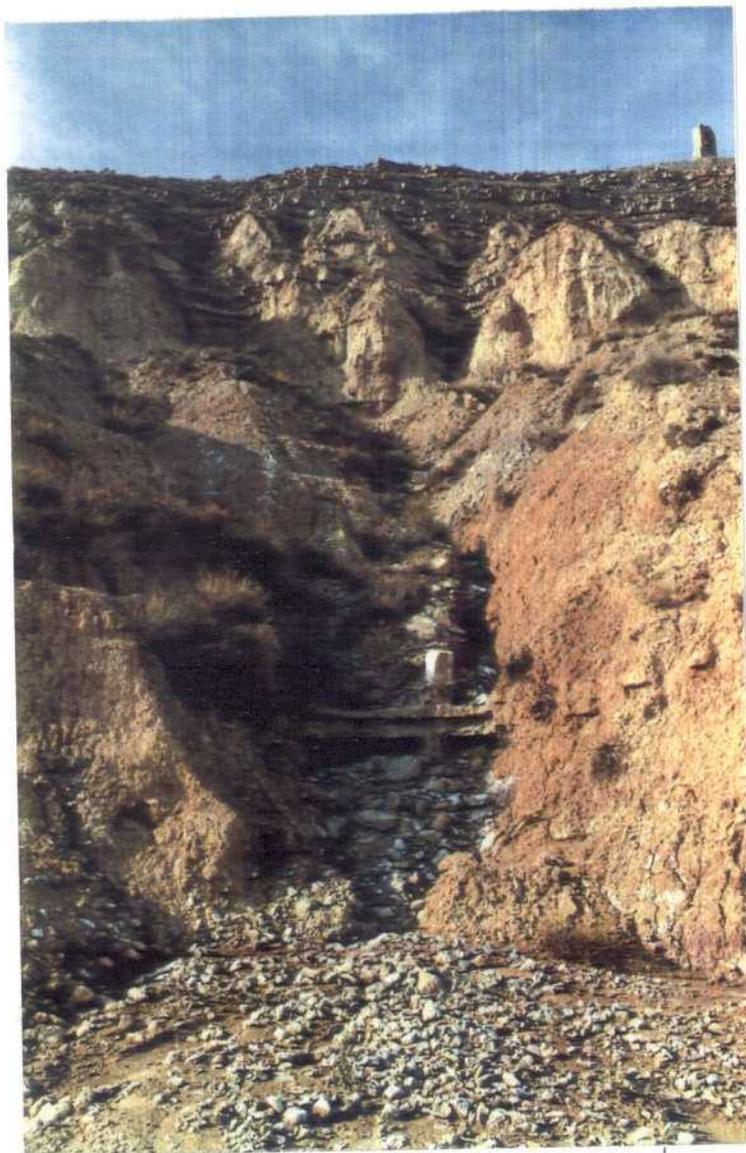


FOTOGRAFIA 4.: Aspecto, disposición de los materiales en una cuneta interior de canalización de las escorrentías del camino que bordea el cerro y lleva a los depósitos de agua. Obsérvese la alta erosión de los niveles blandos respecto de los duros donde el contenido en yeso es muy alto.



FOTOGRAFIAS 5 y 6 .: Talud fuertemente erosionado en el terraplén del camino que conduce a los depósitos. Al fondo la calle por la que, en momentos de intensas precipitaciones discurre un manto de lodo y piedras que llega a impedir el tránsito.



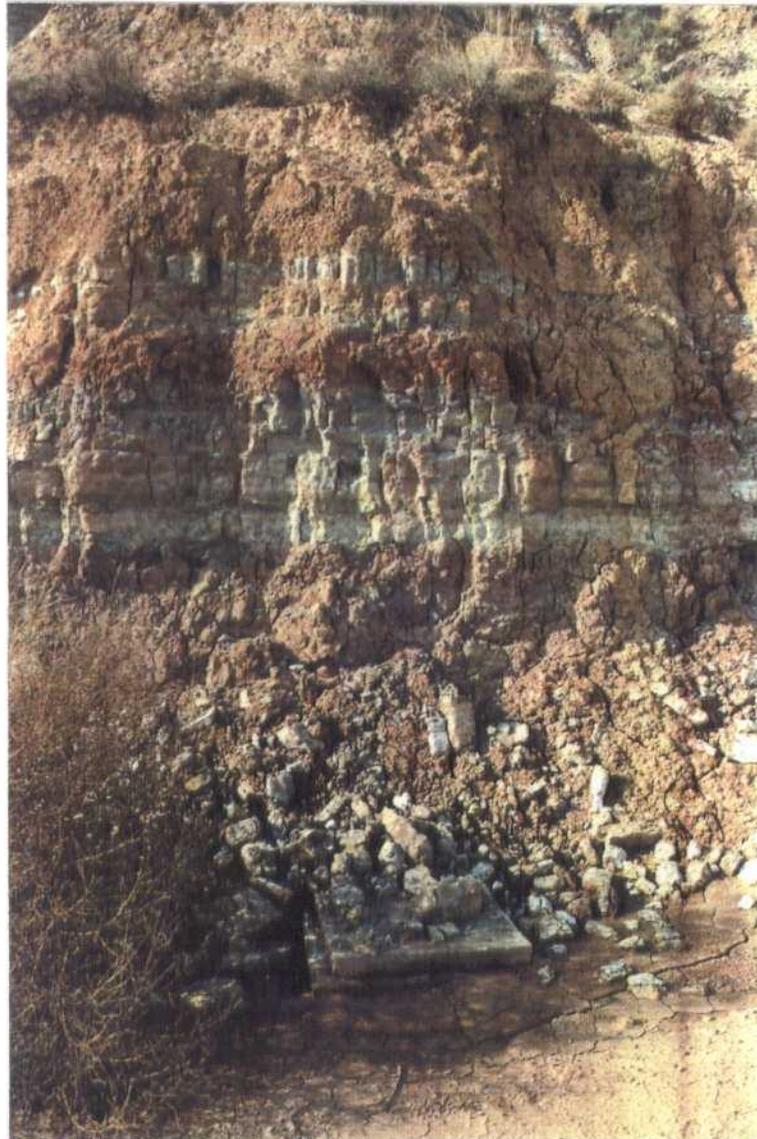


FOTOGRAFÍAS 7 y 8.: Dos de los pequeños barrancos por los que se produce el drenaje de escorrentías superficiales que arrastran gran cantidad de material. En la fotografía 8 se puede ver parte de la malla del gabión como protección a la erosión en el camino.

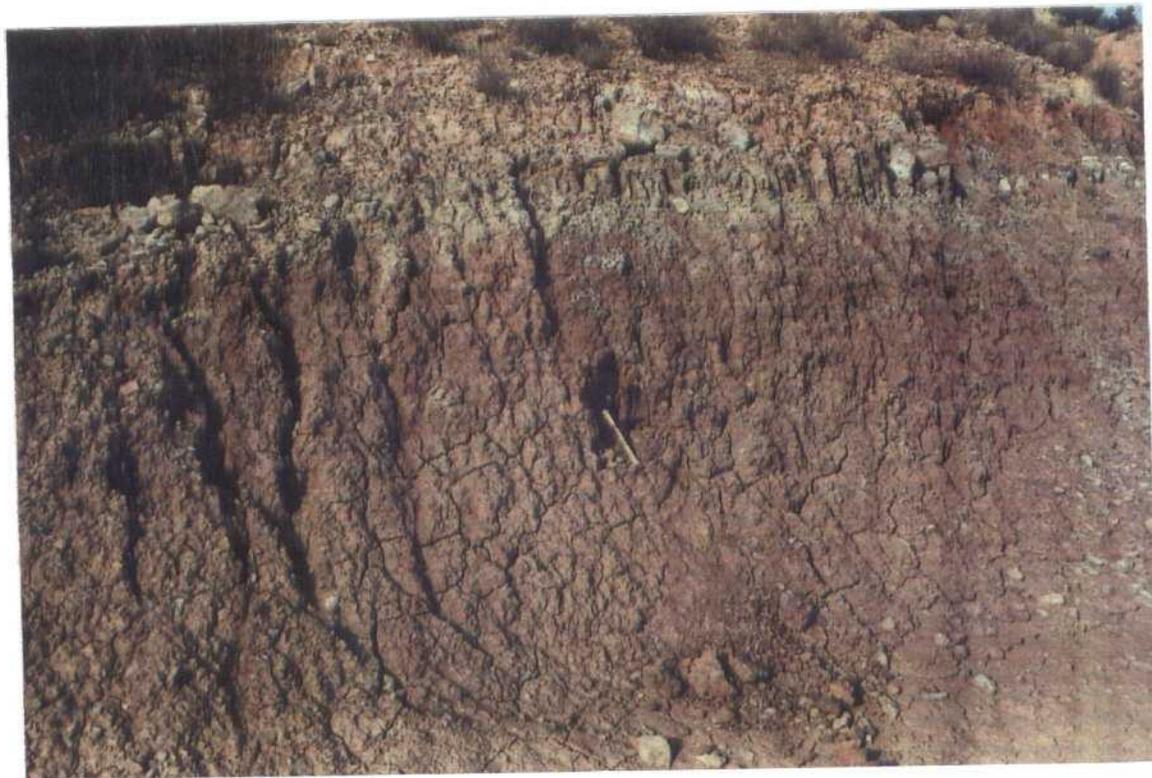




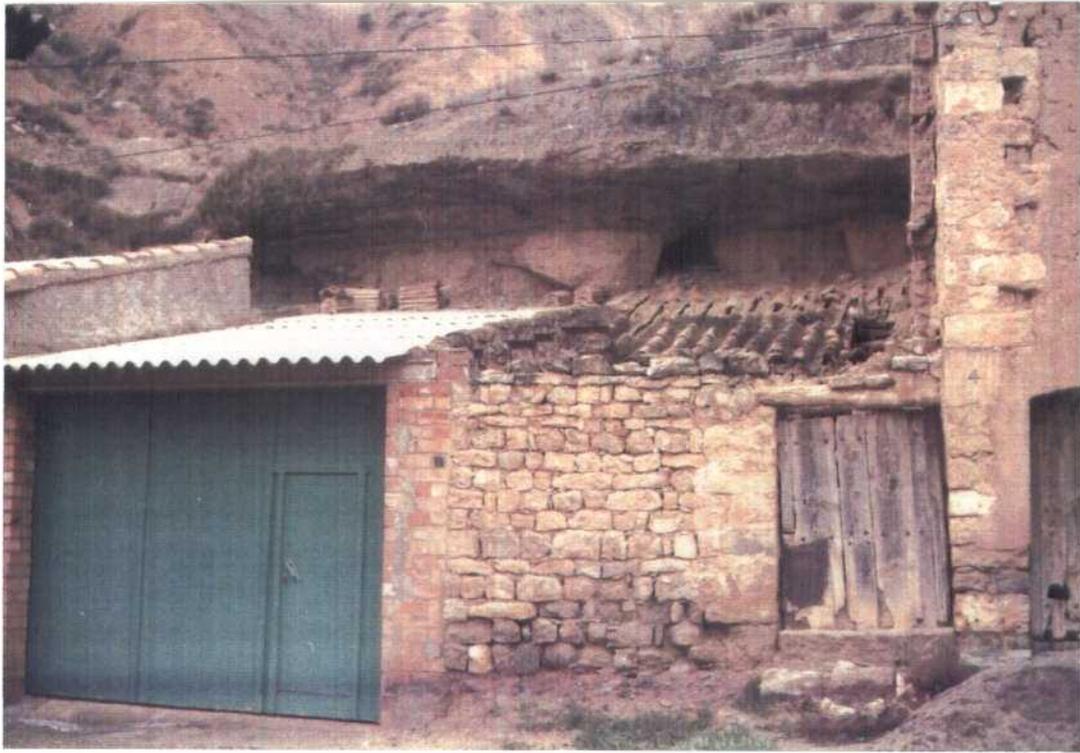
FOTOGRAFIA 9 .: Vista parcial de uno de los profundos barrancos. En la base del mismo se puede apreciar el gavión que impide que los aportes socaven el camino.



FOTOGRAFIA 10.: La parte más baja del talud está formada por una alternancia de arcillas margosas de color rojo con margas grises con niveles yesíferos.



FOTOGRAFIA 11 .: Aspecto de las arcillas sobre el talud interior del camino. Se aprecia como la orla de alteración de la formación penetra varios decímetros en el material. Las profundas grietas por retracción indican una importante expansividad.



FOTOGRAFIA 12 .: La situación particular de esta casa bajo la visera de un estrato areno-margoso se repite en bastantes casos.



FOTOGRAFIA 13 .: El proceso de socavamiento por erosión de los niveles limoarcillosos determina el vuelco de viseras y salientes que pueden dar origen a pequeñas avalanchas.



FOTOGRAFIA 14 .: Vista parcial de una de las calles de Ballobar (San Juan Alta) con inundaciones de barro y piedras tras fuertes precipitaciones.



FOTOGRAFIA 15 .: Detalle de las dimensiones de algunos bloques arrastrados por la colada de barro. Alguno de ellos llegó a pesar mas de 30 Kg.





FOTOGRAFIA 16.:

Aspecto de otra de las calles de Ballobar. El fenómeno no sólo se producía en las calles más altas del pueblo. Este llegaba a manifestarse casi hasta la mitad de éste. En menor proporción y en tamaños más finos se llegaron a ver afectadas zonas ya relativamente alejadas del pie del talud.



## II. PLANOS Y PERFILES



Ermita de S. Juan

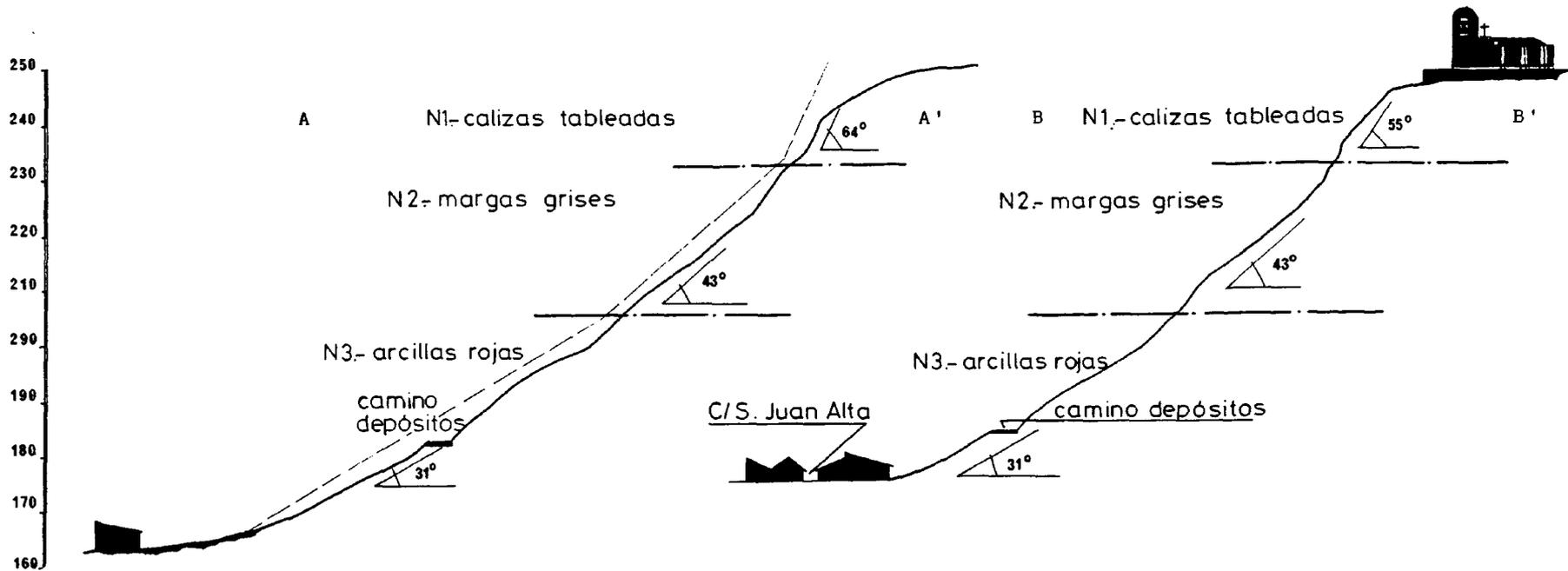
Deposito nuevo  
CAMINO RECONSTRUIDO  
ACCESO DEPÓSITOS

Depositos actuales

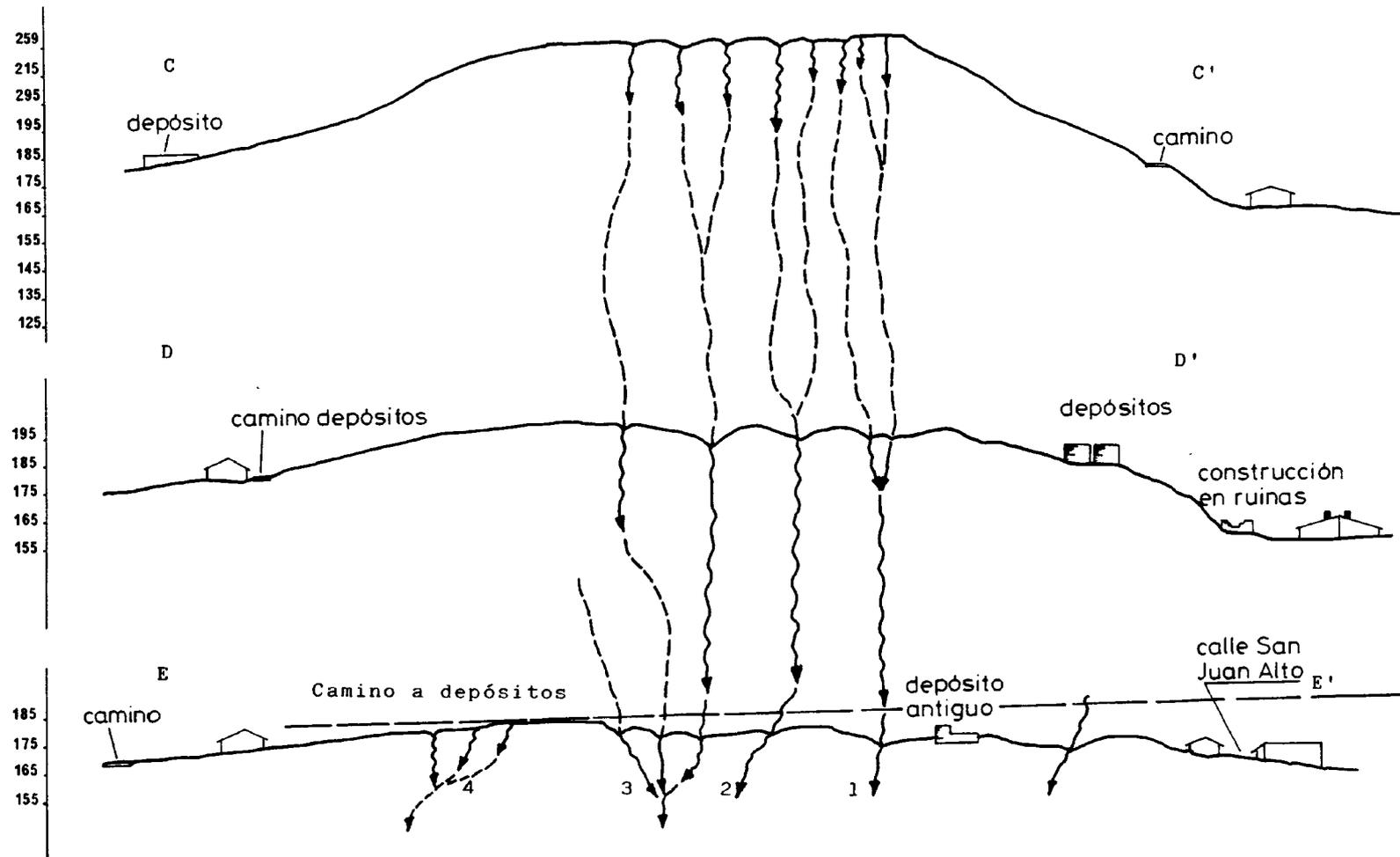
cementerio

BALLOBAR

ESTUDIO DEL RIESGO DE EROSION EN LAS  
LADERAS DEL CERRO DE "SAN JUAN".  
- BALLOBAR - (HUESCA).  
Escala 1:2.000



CORTES PERPENDICULARES AL TALUD.



CORTES PARALELOS AL TALUD. SITUACION DE LAS GRANDES CARCAVAS

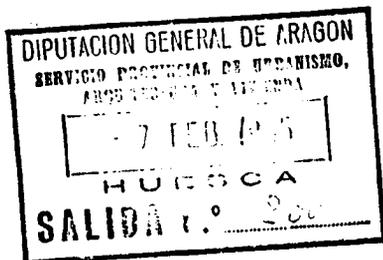
III. NOTA DEL SERVICIO PROVINCIAL DE URBANISMO DE LA D.G.A.  
(1.985).



DIPUTACION GENERAL DE ARAGON

Servicio Provincial de Urbanismo  
Arquitectura y Vivienda.

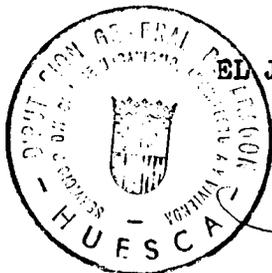
Fecha	Huesca, 6 de febrero de 1,985
Su referencia	
Nuestra referencia	
Asunto	Estudio Talud. Ballobar.
Destinatario	



Sr. Alcalde Presidente del Ayuntamiento de

BALLOBAR.

Cúmpleme adjuntarle "Nota sobre la estabilidad de un Talud en el Pueblo de Ballobar", enviado con escrito del Ilmo. Sr. Director General de Urbanismo, Arquitectura y Vivienda de la Diputación General de Aragón con la indicación de hacerlo llegar a ese Ayuntamiento, para su conocimiento y efectos oportunos insistiendo sobre la peligrosidad que encierra la situación existente.



EL JEFE DEL SERVICIO,

*[Firma manuscrita]*

IV. RESUMEN DE "NOTA SOBRE ESTABILIDAD DE UN TALUD"  
EN EL PUEBLO DE BALLOBAR (HUESCA). 1.985.



EQUIPO DE ASISTENCIA TECNICA, S. A.

FRANCISCO DE ROJAS, 5 - 2.º - MADRID ( 10 )  
Telfs. 448 52 62 - 448 58 48

**NOTA SOBRE LA ESTABILIDAD DE UN TALUD  
EN EL PUEBLO DE BALLOBAR (HUESCA)**

---



NOTA SOBRE LA ESTABILIDAD DE UN TALUD  
EN EL PUEBLO DE BALLOBAR (HUESCA)

Por indicación del Director General de Urbanismo, -  
Arquitectura y Vivienda de la Diputación General de Aragón el  
autor de esta Nota visitó el día 28 de enero de 1985 la loca-  
lidad de Ballobar (Huesca), donde se habían producido diver-  
sos desprendimientos en un talud vertical muy próximo a diver-  
sas edificaciones.

El talud en cuestión está recortado en la base de -  
una alta ladera que asciende más de 50 m por encima del pue-  
blo si bien la altura media del escarpe no supera los 4 m, -  
con un máximo de unos 6 m.

El desarrollo horizontal del talud es de unos 50 m,  
con grados de estabilidad muy diversos. Fuera de la zona afec-  
tada y en la parte inmediata a las traseras de la iglesia pa-  
rroquial el talud está protegido por un muro vertical de blo-  
ques prefabricados entre machones de hormigón. En su parte -  
más baja el muro presenta importantes humedades y el hormigón  
del zócalo de cimiento está descompuesto (foto nº 1).

El talud observado corresponde a una formación Mio-  
cena muy típica de los valles del Ebro y del Cinca, constitui-  
da por una alternancia de areniscas, limolitas y margas sensi-

blemente horizontales. Los niveles de areniscas, debido a su mayor competencia crean cornisas que mantienen escarpes verticales (foto nº 2). Sin embargo al irse degradando los niveles margosos subyacentes por efecto de los agentes climáticos las cornisas de arenisca se desprenden y vuelcan, a veces a favor de una fracturación natural del macizo paralela al frente del talud.

En el caso que nos ocupa la cornisa de arenisca tiene una potencia de unos 0,80 m y se encuentra en una fase intensiva de desprendimientos. Parece ser que hace 8 años uno de los bloques desprendidos destruyó uno de los muros de la casa nº 43 de la adyacente calle de la Libertad, que es la más próxima al talud (foto nº 3). Hace 2 años se produjeron nuevos desprendimientos aunque esta vez con daños muy ligeros en el mismo edificio. En el extremo derecho del talud se inició la construcción de una nave industrial, también hace unos 2 años, teniendo que abandonarla al desprenderse sobre la misma partes del talud en forma de una masa fluida de bloques de arenisca y barro arcilloso (foto nº 4).

De la observación del talud se deduce una importante incidencia tanto de aguas de escorrentía como de surgencias desde la masa de la montaña, que en algún caso han creado auténticas erosiones en túnel. Todo ello hace que la degradación del talud sea mucho más intensa que la observada en taludes semejantes próximos, como por ejemplo en la vecina localidad de Fraga.

Si bien las escorrentías superficiales se explican por la localización del talud al pie de una ladera importante, habiéndose cerrado a unas antiguas vaguadas no puede explicarse de la misma forma las humedades y rezumes del talud, ya que la formación es prácticamente impermeable.

Una investigación más detallada del entorno permite atribuir estas filtraciones a los depósitos de abastecimiento de agua del pueblo, situados a unos 20 m por encima del talud estudiado (foto nº 5).

Éstos depósitos, contruidos hace más de 10 años, presentan en su perímetro hundimientos y desconchados indicativos de un deterioro de las fábricas empleadas. Habida cuenta del notable contenido de sulfatos del terreno y que se han empleado cementos Portland normales, así como tuberías de uralita, no es aventurado pensar que las soleras de los depósitos están intensamente degradadas y existen fugas importantes hacia la masa del talud, las cuales brotan al pie del mismo, sobre todo en la zona de la iglesia, llegando a producir en algunos casos las erosiones antes citadas. Estas aguas sulfatadas son también responsables de la descomposición del hormigón del muro de bloques.

Debemos señalar que ya existe un proyecto para construir un nuevo depósito dejando fuera de servicio los actuales y que en las inmediaciones de éstos existe abandonado y con importantes grietas otro depósito anterior construido en los años 40.

Resulta evidente por tanto que previamente a cualquier tratamiento del talud deben eliminarse las fugas procedentes de los depósitos, efectuando su sustitución lo antes posible.

Una vez subsanado este problema el tratamiento más eficaz del talud puede ser análogo al ya utilizado, es decir su revestimiento con un muro, preferiblemente prolongación del existente.

Es importante no obstante que en la ejecución de este muro se empleen cementos resistentes a los sulfatos (del tipo P-350-Y) y los eventuales mecinales se coloquen lo más bajos posible. Debería repararse también la base alterada del muro existente.

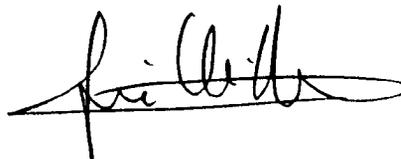
Previamente a la ejecución de este nuevo muro el talud deberá sanearse, eliminando los derrubios y recortando todas las zonas en que las cornisas de arenisca están sueltas o descalzadas. Este recorte debe ser importante en la zona derecha del talud (foto nº 4). Análogamente será conveniente el relleno con grava u hormigón pobre de algunas cavidades importantes abiertas en el talud, en forma de cuevas, en épocas anteriores.

En la visita realizada se pudo observar que algún bloque de arenisca amenazaba la casa citada al principio,

por lo que convendría desprenderla con las oportunas precauciones, evitando así caídas accidentales antes del tratamiento definitivo del talud.

Madrid, 30 de enero de 1.985

EL INGENIERO DE CAMINOS



Fdo.: José M<sup>a</sup> Rodríguez Ortiz.

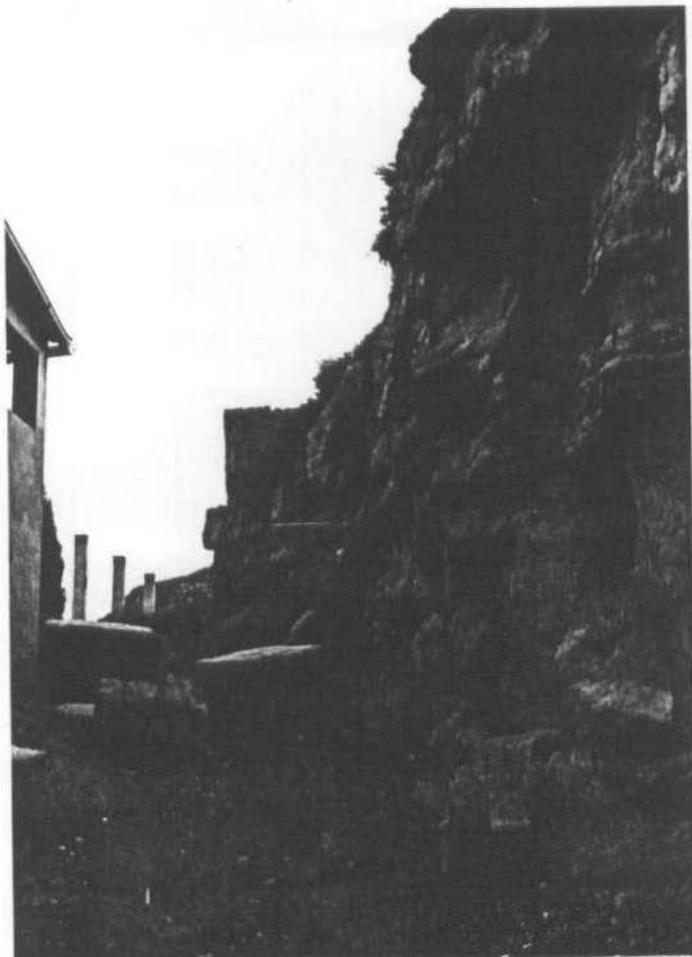


FOTO 3 - BLOQUES DESPRENDIDOS QUE HAN AFECTADO A LA VIVIENDA ADYACENTE.

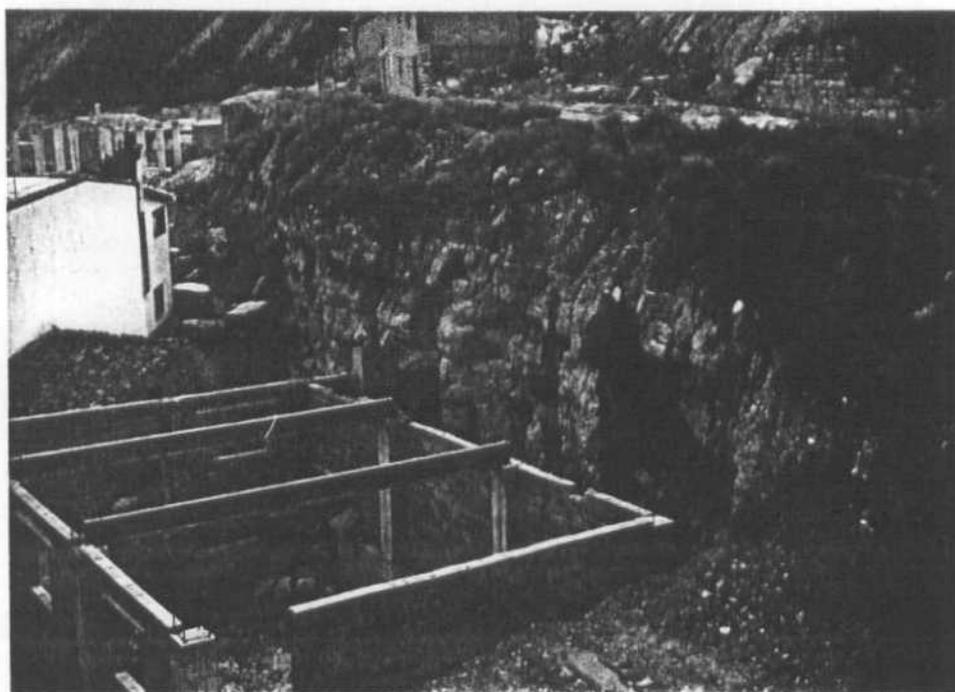


FOTO 4 - EXTREMO DERECHO DEL TALUD, OBSERVENSE LAS IMPORTANTES CAVIDADES Y EL DESPRENDIMIENTO CONTRA EL MURO DE LA NAVE EN CONSTRUCCION.

V. ESCRITO DE SOLICITUD DE AYUDA TECNICA DEL GOBERNADOR CIVIL  
DE HUESCA AL I.G.M.E. Noviembre de 1.988.



# Gobierno Civil de la Provincia

H U E S C A

Plaza Cervantes, 1  
Teléfono 22 15 40  
Télex 58616

PROTECCION CIVIL

I. T. G.   Fecha: 15-11-88	
DIRECTOR A:	PARA:
<input type="checkbox"/> SECR. GRAL.	1. CONOCIM.
<input type="checkbox"/> D. PLANIFIC.	2. INF. ESCR.
<input type="checkbox"/> D. GEOLOGIA	3. INF. VERB.
<input type="checkbox"/> D. REC. MIN.	4. TRAMITAC.
<input type="checkbox"/> D. AGUAS	5. ARCHIVO
<input checked="" type="checkbox"/> F. M. M.	6. PROP. CONT.
<input type="checkbox"/>	7.

En escrito dirigido a este Gobierno Civil con fecha 20 de octubre pasado, el Alcalde de Ballobar, de esta provincia, expone la necesidad de realizar un estudio geológico de una zona de dicha localidad, donde se hallan varias viviendas, que en la actualidad presentan grietas.

Dicha zona está enclavada debajo de una ladera, de la cual, el pasado día 18 de octubre y con motivo de las lluvias torrenciales caídas, se desprendieron varias toneladas de lodo y piedras que inundaron las calles de la localidad, llegando a alcanzar en algunos puntos 40 cms. de espesor.

Por ello, ruego a V.I. que por ese Instituto se considere la posibilidad de efectuar un estudio geológico de la mencionada zona de Ballobar con el fin de poseer los elementos de juicio necesarios para adoptar las medidas adecuadas, tendentes a evitar una eventual catástrofe de lamentables consecuencias para la indicada localidad.

Huesca, 7 de noviembre de 1988.

EL GOBERNADOR CIVIL,

Fdo. Vicente Vario Costa



Instituto Tecnológico GeoMinero de España
DIA. 11-11-88
ENTRADA-N.º 2.401

ILMO. SR. DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA.  
c/ Ríos Rosas, 23

28003-MADRID

VI. PRESUPUESTO ESTIMATIVO.

PRESUPUESTO ESTIMATIVO.

	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
- Unidad de ejecución de barrera de contención de sedimento. Incluyendo 6 rollizos 10 cm x 1,5 m. de anclaje, 18 rollizos 6 cm x 3 m. de traviesa o tabla de 30 mm. x 3 m. Instalación y capa de relleno drenante.	9.000 Pts.	20 Un.	180.000 Pts.
- Excavación y acondicionamiento de cuneta interior. Incluido mano de obra; con excavadora en terreno compacto.	600 Pts.	120 Un.	72.000 Pts.
- Gavión de recubrimiento en el camino. Dimensiones: 10 x 12 m. con malla galvanizada 8 x 10 m., relleno de grava en 30 cm. de espesor.	80.000 Pts	5 Un.	400.000 Pts.
- Acondicionamiento de camino con excavación contrapendiente hasta un ángulo entre 2 ° y 3°. Con tractor trailla y motoniveladora.	6.400 Pts/h.	20 horas.	128.000 Pts.

REPOBLACIÓN:

- Plantación Pino Silvestris en toda la zona baja del terraplén 12.000 m <sup>2</sup> de 2-3 m. de altura, incl. pozo y plantado en 6 hileras de 80 árboles situados al tresbolillo.	5.000 Pts.	480 Un.	2.400.000 Pts.
--	------------	---------	----------------

- Plantación Pino Silvestris en toda la zona alta de la zona III en los puntos que se indican  $\approx 16.000 \text{ m}^2$  de 1 a 1,5 m. de altura, incl. pozo y plantado. 1.500 Pts. 750 1.125.000 Pts

- Concepto de gasto anual por riego a una media entre 6 y 8 veces al año durante época seca. Tomando de forma gratuita el agua del río. 22.000 Pts. 8 Un. 176.000 Pts.

Total ..... 4.481.000

13 % gastos imprevistos ... 582.530

12 % IVA ..... 607.624

SUMA TOTAL ::::::::::::::: 5.671.154 Pts.

VII. ENSAYOS DE LABORATORIO.

CLIENTE:

BALLOBAR (Huesca).

Verificado

Dibujado

## CUADRO GENERAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO

SONDEO Nº													
MUESTRA Nº		1	2	3	4	5							
PROFUNDIDAD m		Marga	Talud arcillo so.	Marga	Laja Sedimen tario.	Marga							
U. S. C. S.													
w (%)													
$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )													
$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )													
$\gamma_s$ (t/m <sup>3</sup> )													
w <sub>L</sub> (%)		43,2	35,2	41,6	40,9	41,4							
w <sub>p</sub> (%)		23,3	16,8	18,1	19,1	18,-							
I <sub>p</sub> (%)		19,9	18,3	23,6	21,8	23,5							
pasa T-200 (%)			93,-	99,2	99,6	99,8							
retenida T-4 (%)			0,-	0,-	0,-	0,-							
C <sub>c</sub>													
q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )													
E (%)													
c (kg/cm <sup>2</sup> )													
$\psi$ (°)													
Ph (kg/cm <sup>2</sup> )													
E <sub>t</sub> (%)													
H <sub>opt</sub> (%)													
$\gamma_{m\acute{a}x}$ (t/m <sup>3</sup> )			No crítico	Idem.	Idem.	Idem.							
Cambio potencial de volumen			1,2	1,4	1,5	1,7							
Clasificac ión			No crítico	No crítico	No crítico	No crítico							
Mat org (%)													
SO <sub>3</sub> (%)													
CO <sub>3</sub> Ca (%)													
K (cm/seg)													

**GEONOC**  
S.A.

CLIENTE

BALIOBAR (Huesca)

**GRANULOMETRIAS**

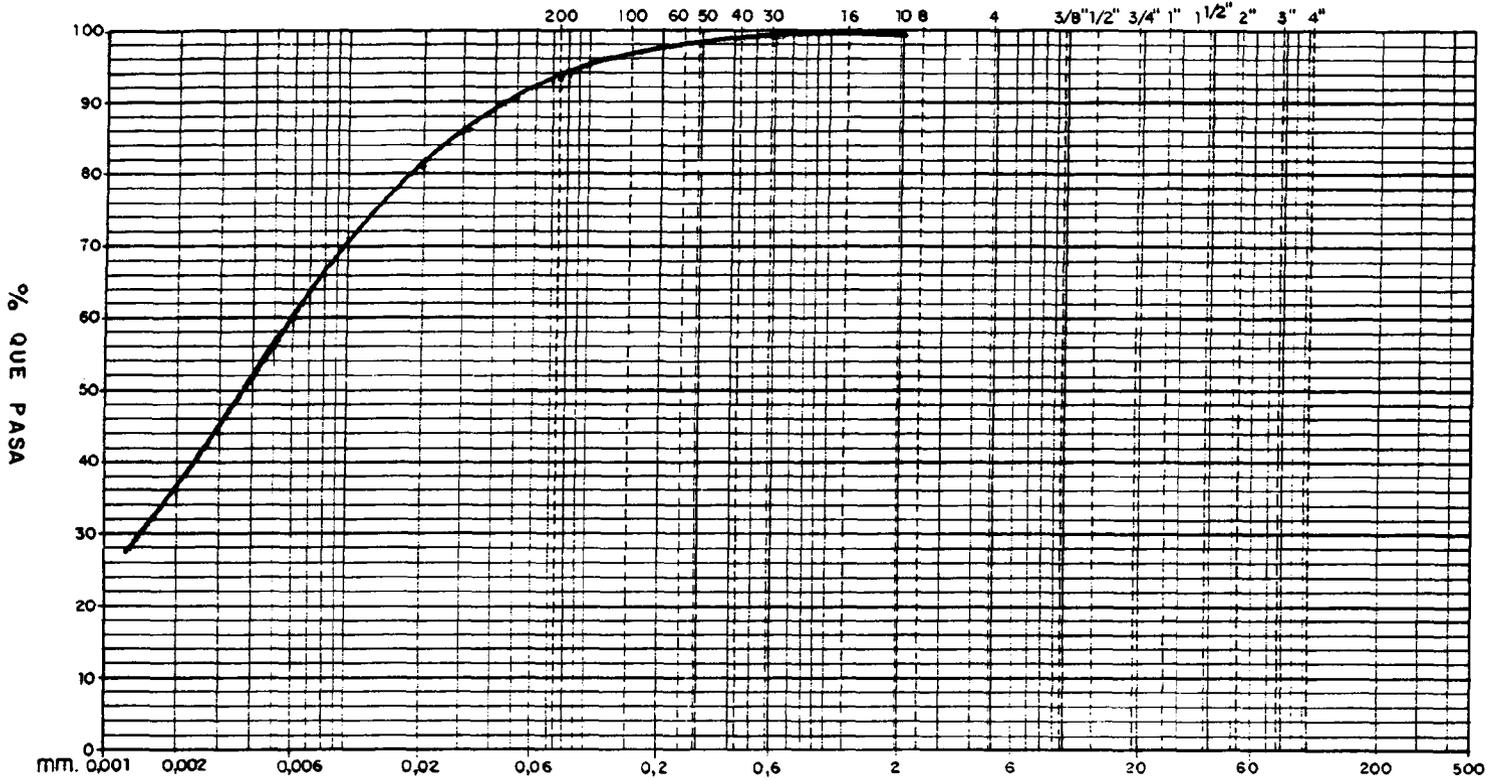
Plano  
nº

Escala:

SEMILOGARITMICA

Verificado  
Dibujado

TAMICES SERIE A.S.T.M.



ARCILLA Y LIMO	ARENA	GRAVA	BOLOS
----------------	-------	-------	-------

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
2			

**GEONOC**  
S.A.

CLIENTE

BALLOBAR (Huesca)

**GRANULOMETRIAS**

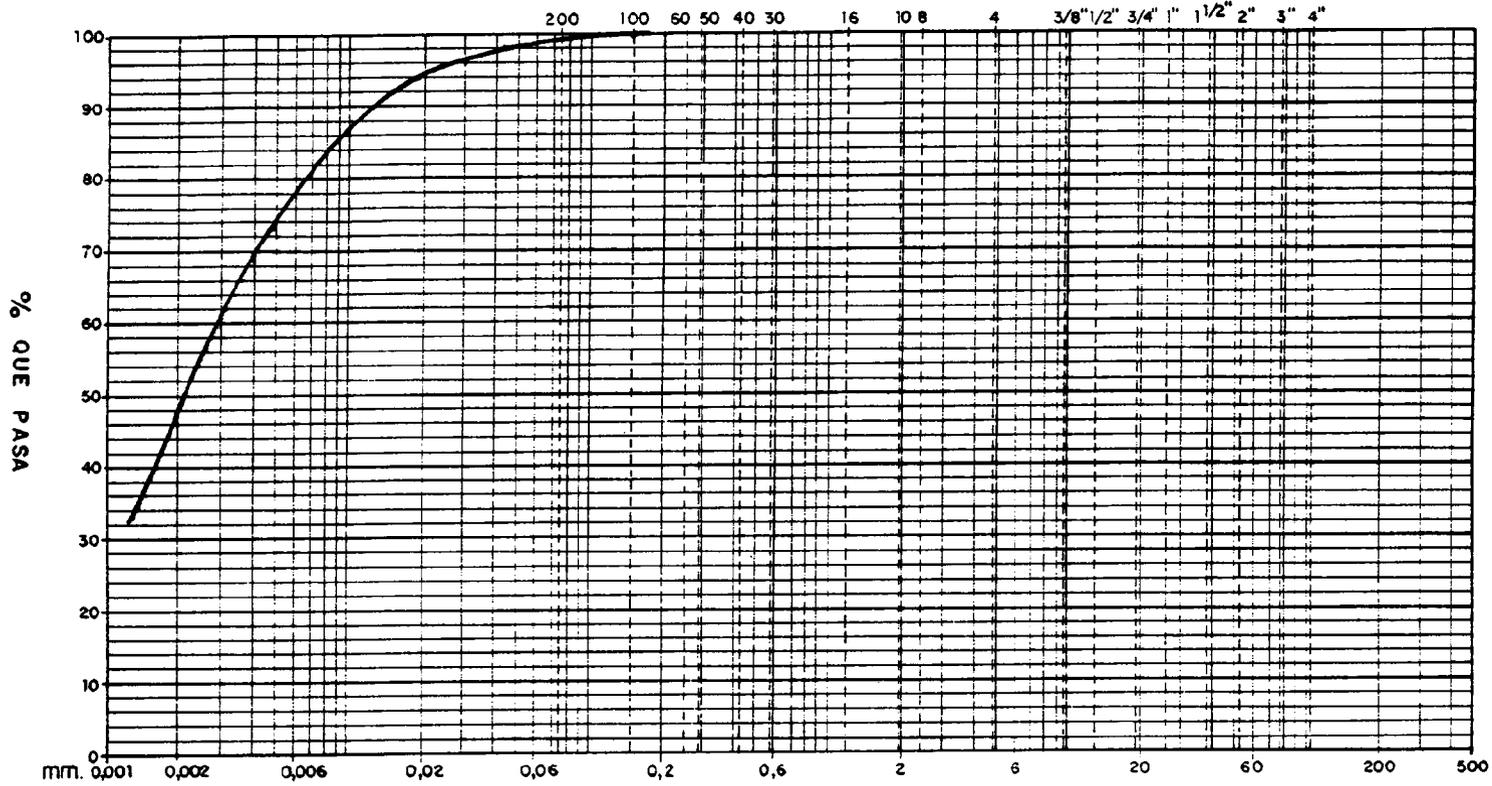
Plano  
nº

Escala :

SEMILOGARITMICA

Verificado  
Dibujado

TAMICES SERIE A.S.T.M.



ARCILLA Y LIMO	ARENA	GRAVA	BOLOS
----------------	-------	-------	-------

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
3			

**GEONOC**  
S.A.

CLIENTE

BALLOBAR (Huesca).

**GRANULOMETRIAS**

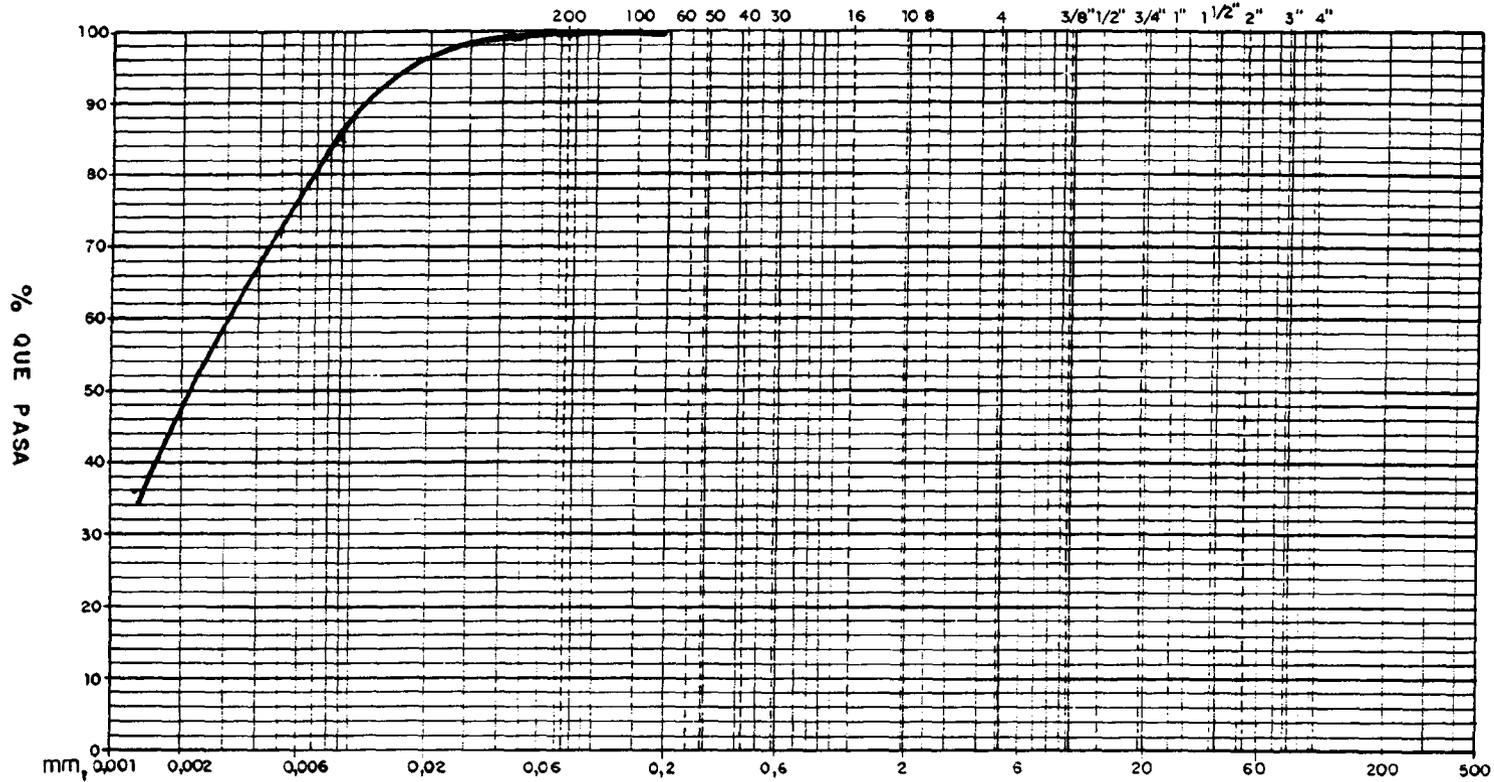
Plano  
n.º

Escala :

SEMILOGARITMICA

Verificado  
Dibujado

TAMICES SERIE A.S.T.M.



ARCILLA Y LIMO	ARENA	GRAVA	BOLOS
----------------	-------	-------	-------

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
4			

**GEONOC**  
S.A.

CLIENTE

BALLOBAR (Huesca)

**GRANULOMETRIAS**

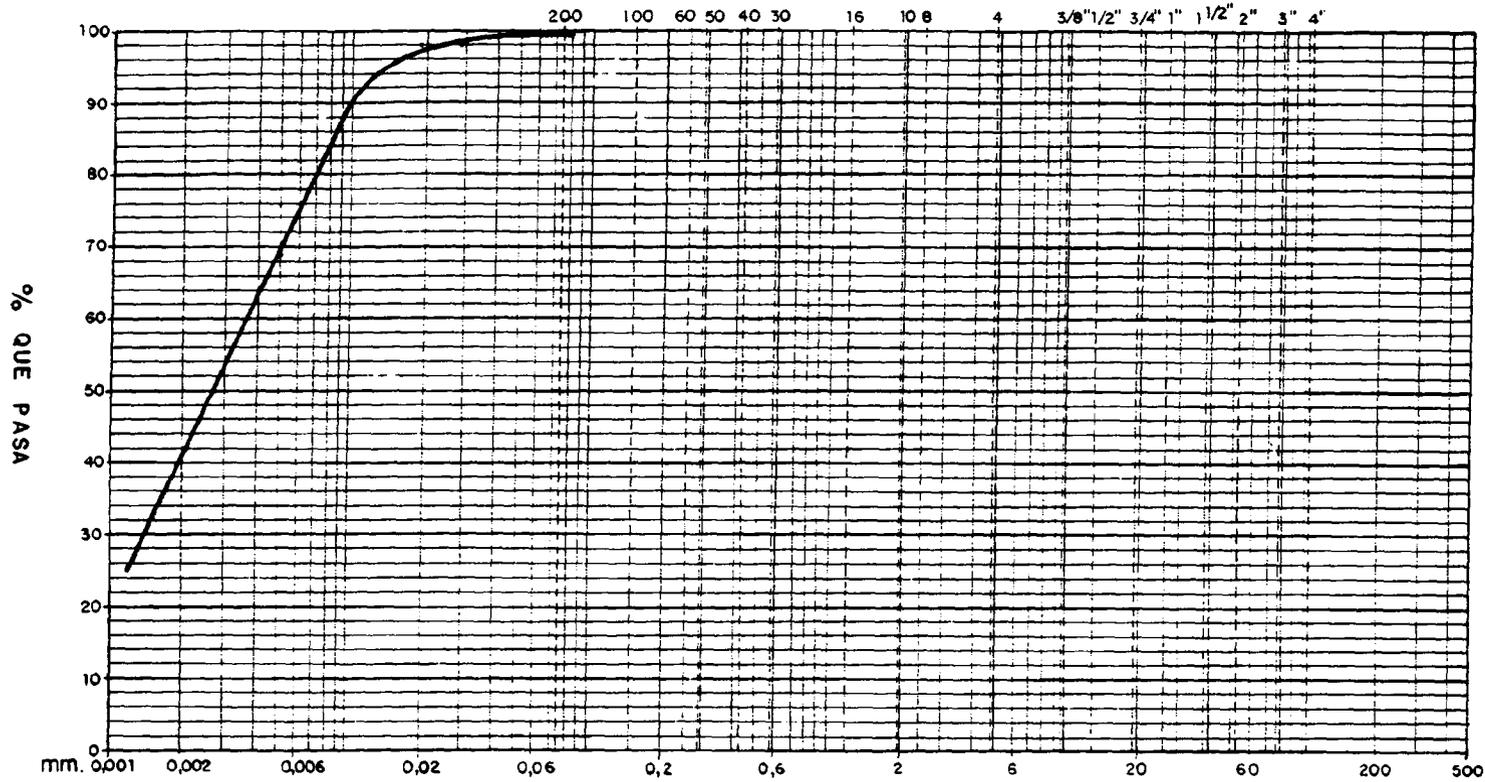
Plano  
n.º

Escala :

SEMILOGARITMICA

Verificado  
Dibujado

TAMICES SERIE A.S.T.M.



ARCILLA Y LIMO	ARENA	GRAVA	BOLOS
----------------	-------	-------	-------

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.	
5				