

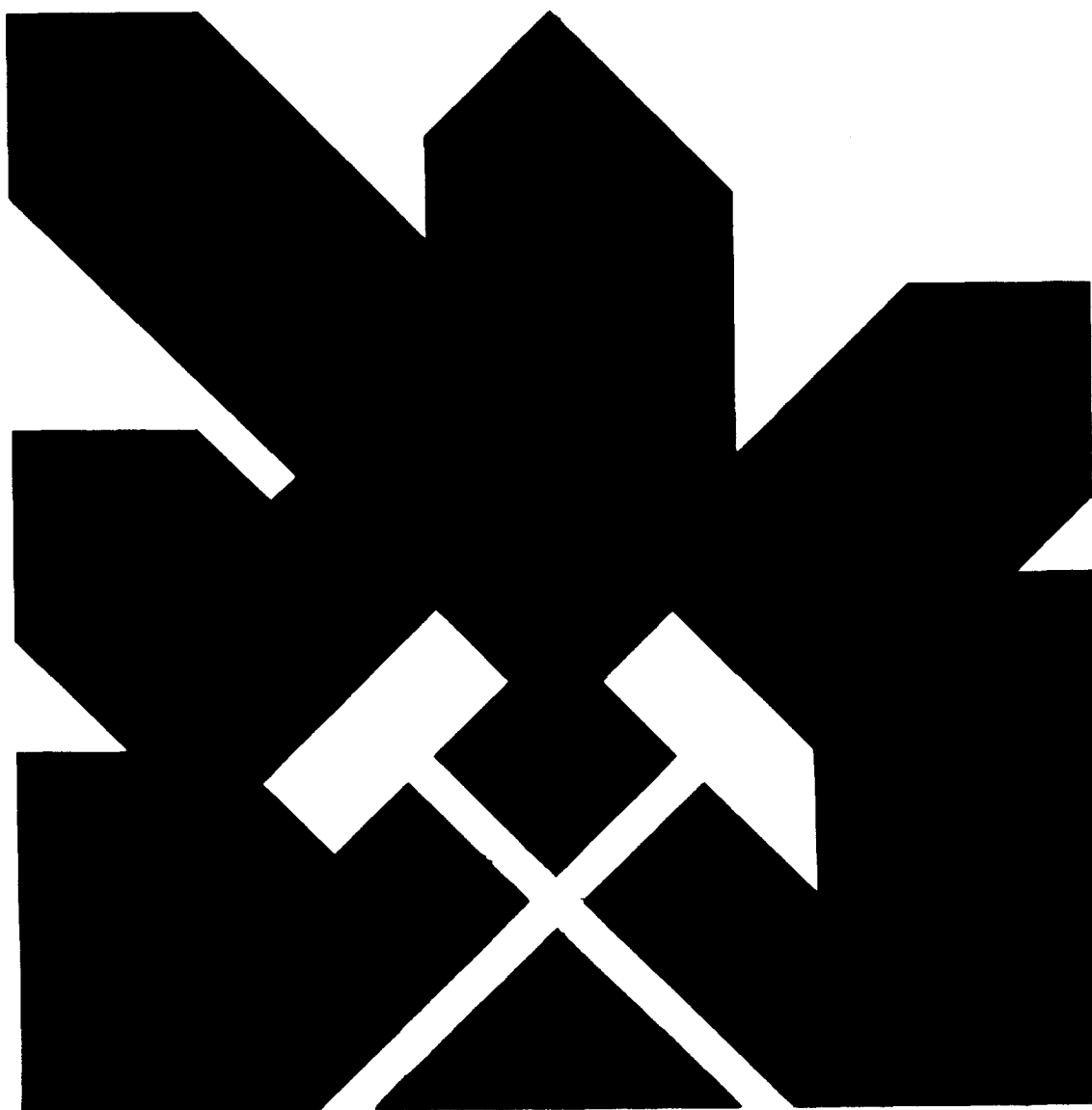
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLOGICOS INDUCIDOS POR
UN DESLIZAMIENTO DE LADERA QUE AFECTA A LA
CARRETERA C-136 (en el Km. 96,0 - 97,0 a al
go más de tres Kilómetros de la frontera
francesa por El Portalet).

Sicuan
↓
87528

(HUESCA).

PUNTO 5.



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

01229

ESTUDIO DE RIESGOS GEOLÓGICOS INDUCIDOS POR UN
DESLIZAMIENTO DE LADERA QUE AFECTA A LA CARRE-
TERA C - 136 (en el kilómetro 96,0-97,0 a algo
más de tres kilómetros de la frontera francesa
por El Portalet).

(HUESCA).

PUNTO Nº 5

I N D I C E

1. INTRODUCCION.
2. ANTECEDENTES.
3. GEOLOGIA.
 - 3.1. Introducción.
 - 3.2. Estratigrafía.
 - 3.3. Geomorfología.
 - 3.4. Geología estructural.
4. DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO.
5. ANALISIS DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN.
 - 5.1. Condicionamientos morfológicos estructurales.
 - 5.2. Caracterización geotécnica de los materiales.
 - 5.3. Factores climático-ambientales.
 - 5.4. Proceso erosivo.
 - 5.5. Condicionantes constructivos.
6. CONCLUSIONES.
7. RECOMENDACIONES.

A N E X O S

I. Fotografías.

II. Planos y Cortes.

III. Ensayos de Laboratorio.

1. INTRODUCCION.

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, (I.G.M.E.) ha realizado con la colaboración de GEONOC, S.A. un estudio sobre el riesgo geológico inducido por varios deslizamientos de ladera que afectan a la Carretera C-136, a la altura del Km. 96-97; entre la estación de esquí de Formigal y la frontera francesa por El Portalet (Huesca).

Este estudio se enmarca dentro de un conjunto de trabajos de investigación solicitados por el Departamento de Urbanismo, Obras Públicas y Transportes de la Diputación General de Aragón. El objeto de los mismos es el análisis de las inestabilidades de ladera (deslizamientos, desprendimientos) en varios puntos de la Carretera C-136, entre los kilómetros 87 al 97; muy cerca ya de la frontera francesa.

Los trabajos que se han realizado parten de una primera fase de documentación sobre los estudios ya realizados en la zona por distintos motivos.

Posteriormente se ha llevado a cabo una campaña de recogida de datos de campo y muestras para análisis de laboratorio.

Con todo ello se ha realizado la presente memoria técnica.

Septiembre de 1.988.

2. ANTECEDENTES.

Los primeros antecedentes del fenómeno se establecen, tal y como se recogerán en el capítulo de Geología, en las características estructurales, la naturaleza de los materiales y la historia geológica-geomorfológica de la zona particular y en general de todo el Pirineo.

Nos encontramos en un medio de alta montaña donde existe una morfología heredada de características fundamentalmente glaciares. Hoy, en esta zona, las características climáticas son diferentes y han derivado a climas más suaves aunque probablemente igual de húmedos.

La transición de unas condiciones ambientales es un primer antecedente que condiciona la dinámica erosiva de todo el entorno.

Sobre depósitos de origen fluvio-glaciar socavados linealmente por el Río Gállego se producen fenómenos de deslizamiento reptaciones y flujos por soliflucción que afectan a la Carretera C-136 entre Huesca y el Puerto de El Portalet en la frontera francesa.

Esta carretera se encuentra abierta al tránsito desde primeros de 1.973. Se trata de una variante que la trasladó desde la presa de Lanuza a la orilla derecha (Ladera Norte) del valle.

Sobre las condiciones del terreno los primeros informes geológicos existentes se realizaron para el análisis de las características de la zona del Alto Gállego y del tramo del propio río para la situación en él de presas de embalse. Concretamente esta zona fue ya objeto de estudios de tipo general en

1.910 por Dallonique los publicó en su trabajo "Etude Geologique des Pyrénées de l'Aragon". Posteriormente Schuridt estudia la región publicando en 1.931 su obra "Das Paläozoi Rum der Spanischen Pyrenäen".

Posteriormente, en el año 1.957; los profesores Alastrué, Almela y Ríos publicaron su "Explicación al Mapa Geológico de la Provincia de Huesca".

En 1.961 H. Wensink publica un denso estudio de todo el curso alto del Río Gállego fundamentalmente estratigráfico y tectónico con título: "Paleozoic of the Upper Gállego and Ara Valley, Huesca Province, Spanish Pyrenees"; que se recoge en ESTUDIOS GEOLOGICOS; Vol. XVIII, n.º 1-2 (1.962) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Por último en el año 1.986 aparece publicada una síntesis geológica de esta zona del Pirineo: "CARTE GEOLOGIQUE, Pic du Midi d'Ossau et haut bassin du Río Gállego. E = 1 : 25.000" por F. Bixel, J. Muller y P. Roger. Editada por el Instituto de Géodynamique, Université de Bordeaux III.

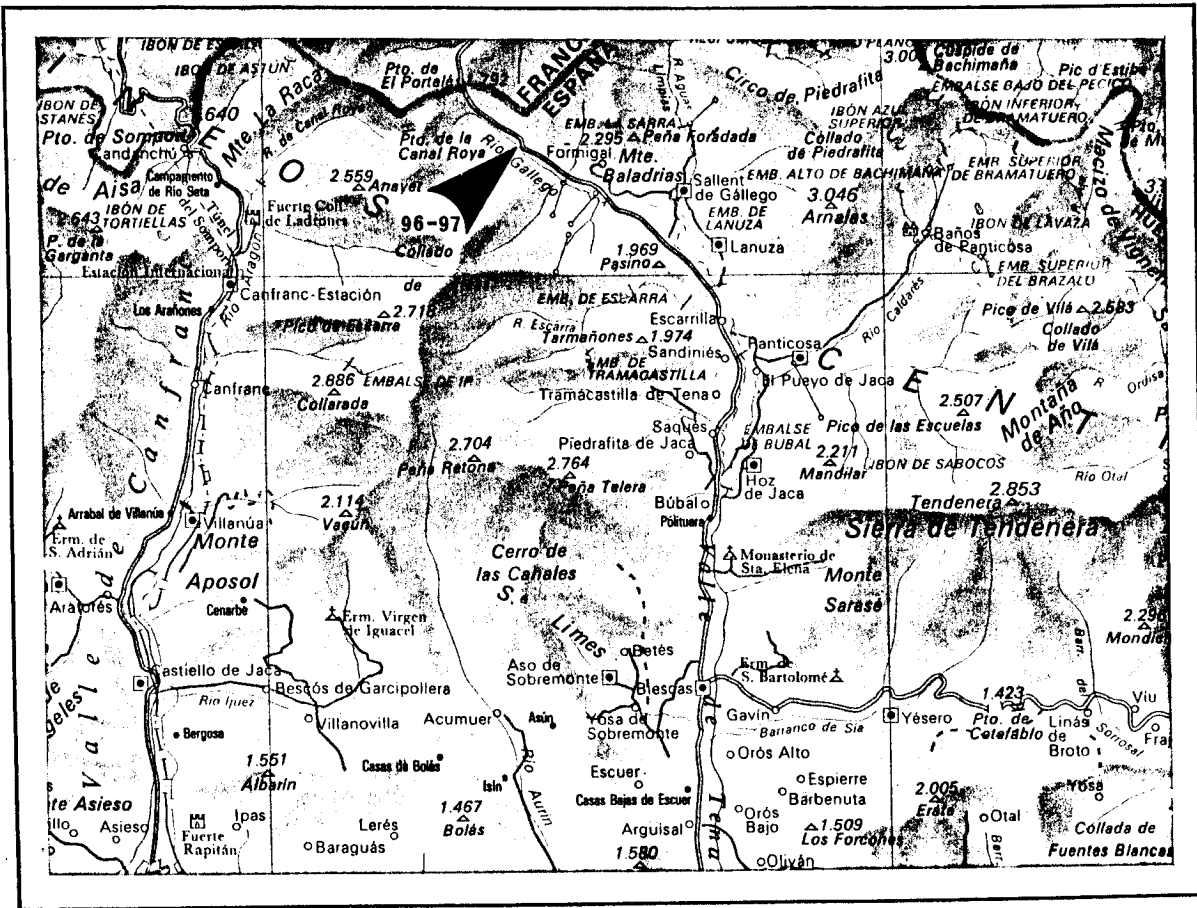
Existen además diversos estudios específicos sobre los movimientos del terreno en esta margen derecha del Río Gállego en relación precisamente con la Carretera C-136. Que se centran de forma particular sobre los que la afectan a la altura del pueblo de Lanuza (en la orilla del pantano). Que aluden a características regionales comunes y a las condiciones de construcción de la carretera: "Informe Geológico de la presa y embalse de Lanuza, sobre el Río Gállego, en los términos de Lanuza y Sallent de Gállego (Huesca) de la Asesoría Geológica del Ministerio de Obras Públicas.

En dicho informe se incluyó un párrafo en el que se afirma que: "la construcción de la capa de rodadura coincidió con una época lluviosa desfavorable y no prevista, que perjudicó notablemente las obras".

Por fin, consultados miembros del Ayuntamiento de Sallent de Gállego, afirman que la carretera en el tramo que aquí analizamos no ha estado nunca "en condiciones"; siempre ha habido bardenes que las Cuadrillas de Servicio del M.O.P.U. han tenido que estar rellenando; Y llegándose a producir por causa de esas inestabilidades, accidentes de tráfico entre los deportistas que suben a esquiar a las pistas de Formigal.

Por todo lo anterior el Departamento de Urbanismo, Obras Públicas y Transportes de la Diputación General de Aragón, requirió en su día, a modo de colaboración, la ayuda técnica del Instituto Geológico y Minero de España.

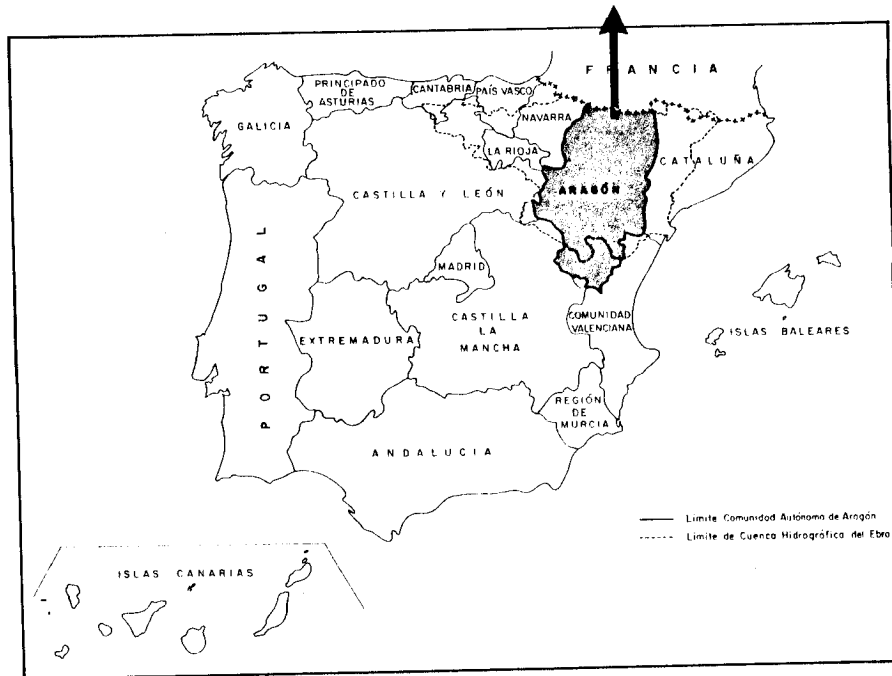
De las visitas a la zona y de posteriores análisis surge la presente memoria técnica.



LOCALIZACION Y ACCESOS

En la Carretera C-136 de Huesca a la frontera con Francia por El Portalet.

Entre el Km. 96 y 97, tras cruzar el puente del Arrigal; a menos de dos kilómetros de la estación de esquí de Formigal.



3. GEOLOGIA.

3.1. Introducción.

Para los objetivos de este informe resulta de gran interés el estudio geológico de la zona. Y dentro del tema son importantes fundamentalmente el tipo de materiales, sustrato geológico y antecedentes geomorfológicos-estructurales.

Para su estudio nos basaremos en varios estudios regionales entre los que se destacan los de H. WENSINK (1.962), sobre la estratigrafía y los de F. BIXEL; M. CLIN y J.P. TIHAY (1.985) que realizan un análisis fundamentalmente geomorfológico y estructural.

El estudio de todos ellos más la información recogida en la zona nos permitirá abordar el problema con suficiente criterio global y encajarlo dentro de una dinámica mejor conocida.

3.2. Estratigrafía.

Los depósitos sobre los que se asienta la carretera se encuentran sobre materiales Paleozoicos pertenecientes al Devónico Inferior.

DEVONICO:

Devónico Superior	- FRAMENIENSE
	- FRASNIENSE
Devónico Medio	- GIVETIENSE
	- COUVINIENSE
Devónico Inferior	- COBLECIENSE
	- GEDINIENSE

- Devónico Inferior.

En los Pirineos las claras transiciones del Silúrico al Devónico se suceden sólo excepcionalmente. La presencia del Gediense sólo se ha podido determinar en algunos puntos localizados.

Esa falta de continuidad parece ser debida a un periodo de ausencia de sedimentación ocurrido en el Devónico más Inferior. Pudiendo ser en parte, el resultado del carácter lubricante del GOTLANDIENSE sobre el cual, los sedimentos del Devónico que lo cubren, fueron en general cizallados.

El Devónico Inferior muestra una fuerte variación lateral en las facies como se verá más adelante.

El Devónico Inferior en esta zona axial de los Pirineos Centrales es principalmente de desarrollo calcáreo. Hacia el Norte y hacia el Sur (en nuestro caso) se observan variaciones a facies más margosas, esquistasas.

La ausencia de fósiles impide aquí la determinación de la edad de la roca. La mayoría de las localizaciones de fósiles se hallan en áreas adyacentes. La edad de estos fósiles es principalmente COBLECIENSE.

Como contraste, la parte más alta del Devónico Inferior en el Oeste de los Pirineos consiste en pizarras; transiciones hacia pizarras arenosas, y también la serie de pizarras alterna con capas se GRAUWACAS.

La potencia del Devónico Inferior en nuestra zona es considerable. Ya Dalloni presta atención a esta serie "fossilífera". El menciona varias localizaciones de fósiles en los valles del Gállego y del Ara. De acuerdo con Dalloni, el GEDINIENSE no está presente allí. Schmidt (1.930) hizo una visita a los alrededores de Sallent en el Valle del Gállego, confirmando y ampliando los estudios de Dalloni.

- La Región del Gállego.

En el Valle del Gállego el Devónico Inferior aparece principalmente en la parte Central y Oeste. La serie muestra importantes cambios laterales de FACIES. Hacia el Oeste y Noroeste las pizarras alternan con delgados lechos de GRAUWACAS que predominan. En la parte central del área del Gállego, Sur y Suroeste de Sallent, el Devónico Inferior muestra un desarrollo margoso con intersecciones de calizas. Los esquistos arcillosos, por lo tanto, predominan hacia el Este en el Valle del Ara.

A causa de su incompetencia, los movimientos tectónicos en serie, a menudo han alterado completamente la sucesión estratigráfica. Las pizarras actúan como una zona lubricante sobre la cual las unidades calcáreas del Devónico Medio fueron cizalladas.

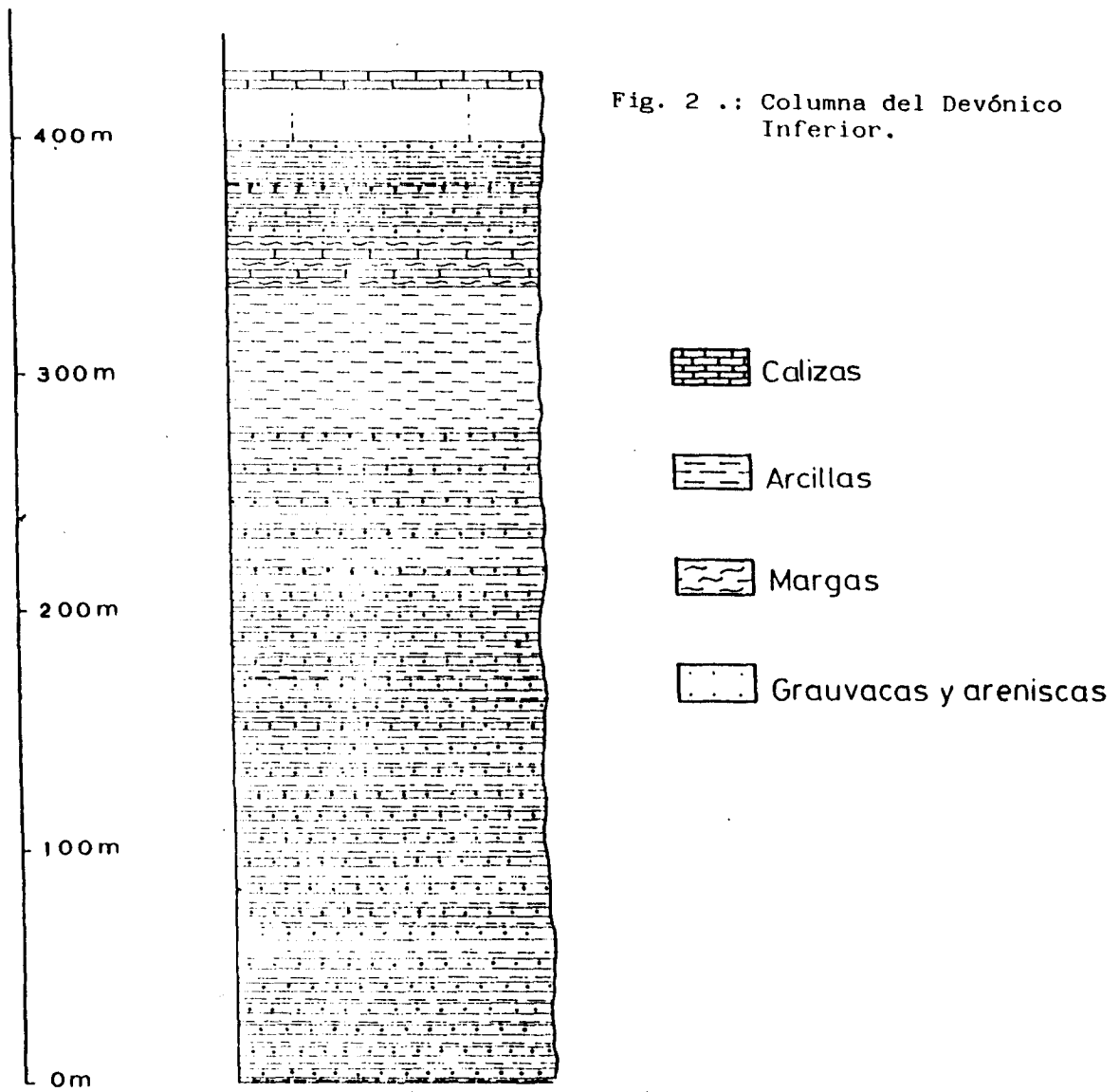


Fig. 2 .: Columna del Devónico Inferior.

Como se puede apreciar en la cartografía adjunta varios retazos de calizas pertenecientes al Devónico Medio quedan superpuestas sobre las margas y pizarras coblecienses. Se presentan como "escamas" imbricadas y con una clara vergencia hacia el Sur.

Las calizas coblecienses y las margas W de Sallent:

Al Oeste de Sallent de Gállego sigue una zona tectonizada. Aquí los fragmentos de una serie de calizas y margas están mezcladas con los esquistos a través de las fallas tectónicas. La roca está a menudo muy "fossilizada". Las calizas y margas, en buena parte pertenecen al COUVINIENSE.

La serie empieza con delgados lechos de calizas grises alternando con margas. Hacia el techo la anchura de las capas aumenta y las calizas predominan. La parte superior de la serie se destiñe hacia un gris anaranjado. La anchura total de esta facies es de 20 a 30 m. (Figura 3)

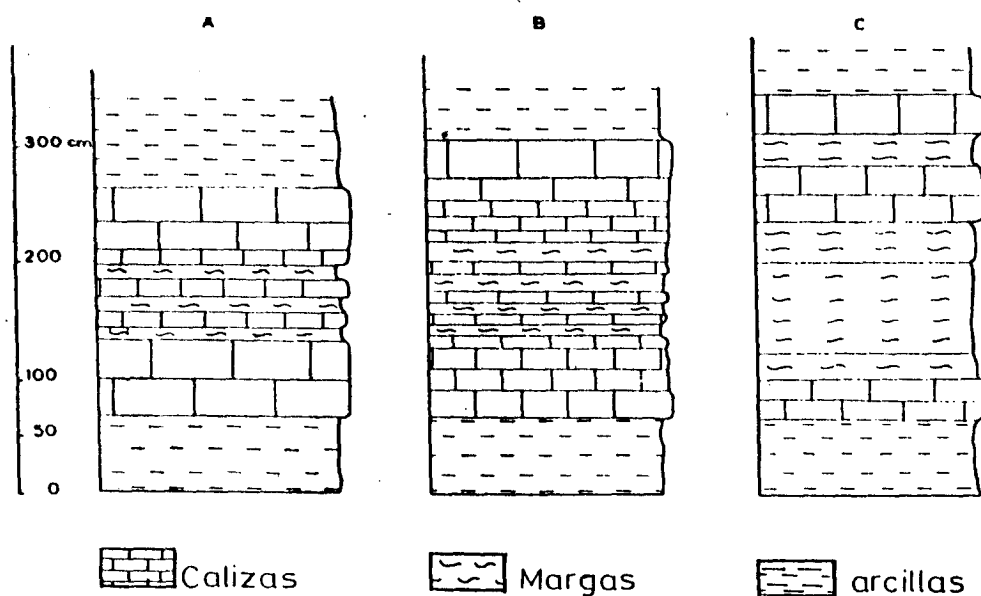


Figura n.º 3.: Tres columnas-sección de la zona de Spifiter coltrijugatus. A: Norte de Socotor. B: Oeste de Peña Foradada. C: Sur de Peña Foradada.

- Devónico Medio.

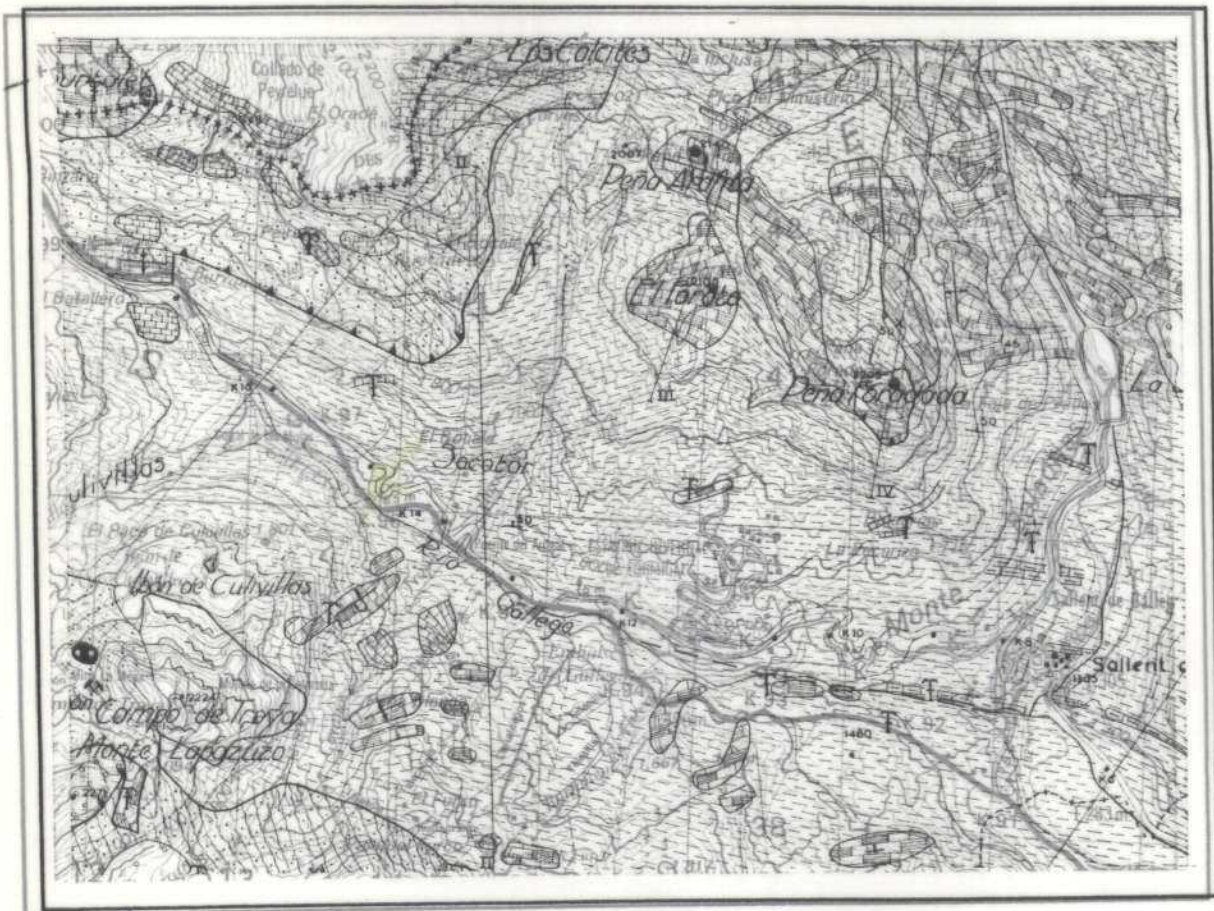
En el Pirineo el Devónico Medio casi siempre muestra un desarrollo calcáreo. Estas calizas aparecen a menudo alternando con "calizas-arrecife". Una subdivisión del sistema más bien monótono, puede hacerse sólo donde se encuentre un número suficiente de fósiles por la fuerte tectonización sufrida.

En los Pirineos Centrales el Devónico Medio tiene el más importante desarrollo de la zona axial. Allí la potencia hacia techo ha sido medida en 600 m. (ZANDVLIET, 1.969). Hacia las zonas marginales, hacia el Norte y hacia el Sur, la potencia de la formación disminuye.

El Devónico Medio de la zona axial normalmente se ha desarrollado principalmente de nuevo como calizas. Allí la formación es a menudo fosilífera. La mayoría de los fósiles se encuentran en sedimentos de la edad COUVINIENSE. Más arriba en las series generalmente compactadas, tienen lugar las calizas masivas.

Las facies del Devónico Medio en los Pirineos Oeste es acorde, más o menos, con esa de las zonas marginales de los Pirineos Centrales. La formación calcárea es casi siempre margosa en la base, pero ya la mayor parte de COUVINIENSE se compone de series monótonas de calizas. En la parte superior de estas series, éstas cambian a calizas masivas "de arrecife". Aparecen intercalaciones de dolomitas.

Las calizas casi siempre están algo recristalizadas. Además una recristalización tosca por metamorfismo de contacto tiene lugar en la vecindad; en la intrusión granodiorítica de Panticosa. Las calizas de arrecife han sido transformadas en mármol, las calizas se componen de una alternancia de lechos puros calcáreos e impuros que han sido transformados en épocas posteriores.



LEGEND

	Alluvium		Upper Devonian limest. (Frosnian)
	Danian-Montian		Middle Devonian
	Maestrichtian		Zone with Spirifer cult. (Upper Emsian)
	Campanian		Emsian limestones
	Permo-Trassic		Lower Devonian
	Upper Carboniferous (Namurian and Westphalian)		Gotlandian
	Lower Carboniferous (including Famennian limest.)		Granodiorite
	Upper Devonian (detrital rocks)		Andesite (silt)

	Andesite (Volcanic neck)		Anticline
	Andesite schist		Overturned anticline
	Marble		Syncline
	Hornfels		Overturned syncline
A	Andalusite		strike and dip (dip 40°)
B	Biotite		Fossils
Q	Quartz		Mine in exploitation
	Downthrow fault (barbs on downthrown side)		Abandoned Mine
	Overthrust (saw tooth point towards overthrust mass)		Cross section
	Fault		
	Abnormal contact		

0 1km 2km

3.3. Geomorfología.

1. Introducción.

Realizada en base a : CARTA GEOLOGICA
PICO DEL MIDI D'OSSAU
Y CURSO ALTO DEL RIO GALLEGO.
Escala 1:25.000

Por: F. BIXEL, J. MULLER y P. ROGER.

La cartografía adjunta está esencialmente orientada a la representación e inventario de las formaciones acumulativas (su perficiales).

Es preciso tener en cuenta que los depósitos y formaciones responden a las características siguientes:

- 1.º Depósitos y formaciones poligénicas y polifásicas.
- 2.º Formas convergentes, con estructuras iguales y con la misma textura, que han podido ser elaborados por mecanismos diferentes.
- 3.º Control litológico y estructural específico de la región. Los contrastes litológicos son especialmente importantes.

2. Formaciones Glaciares.

No existen en la actualidad glaciares en desarrollo. Sin embargo se observan trazas de glaciaciones pasadas de forma particularmente importante en esta zona del Alto Gállego y en la región de Izas.

- Glaciarismo reciente.

Con el término "glaciarismo reciente" se encuentran cartografiadas sin otra distinción todas las acumulaciones morrénicas que presentan una matriz de materiales finos. Se presentan en las cuencas colgadas de otros valles. Un depósito más o menos continuo sobre las formaciones subyacentes. La impermeabilidad de estos materiales puede ser una causa adicional del establecimiento de redes de drenaje densas.

Es de resaltar, por otra parte, el frecuente remoldeo por soliflucción de los depósitos morrénicos alimentados por materiales esquistosos. Estos se presentan en formas alomadas, en lóbulos con una clara vergencia hacia la pendiente sobre la que se asientan.

* Cordones y depósitos morrénicos: no hay evidencia que conduzca a delimitar los depósitos recientes de aquellos que constituyen en el cauce; el potente depósito morrénico testigo de un equilibrio prolongado entre la ablación (deshielo) y acumulación, edificado más o menos antiguamente antes de la retracción actual.

Los cordones morrénicos longitudinales se sitúan sobre los 1.700, 1.800 m. probablemente neoglaciares (normalmente menos de 3.000 m.) o anteriores. Se sitúan generalmente en los sectores donde predominan los esquistos donde el valle se presenta más encajado como es el caso del curso alto del Gállego.

* Glaciares de rocas, acumulación de bloques erráticos: por oposición a los materiales anteriores (arenas, arcillas y cantos erráticos que constituyen los cordones morrénicos) se observan sectores donde las rocas masivas forman relieves. Las acumulaciones de bloques formados por mecanismos glaciares.

Los bloques son enormes, no hay finos en superficie y no existe vegetación. Se trata de un conjunto de bloques angulosos sin matriz fina de varios metros de profundidad.

Una muestra clara de este tipo de depósito lo constituye la ladera de enfrente al punto que estudiamos.

La distancia a la que se encuentran estos bloques de la pendiente o zona fuente excluye toda posibilidad de migración por caída libre y simple gravedad. Las pendientes son demasiado bajas.

El mecanismo geomorfológico de formación de esta disposición se explica por el trabajo ejercido por el hielo cargado de materiales groseros formando un flujo plástico capaz de asumir el transporte sobre pendientes muy bajas.

En el caso que nos ocupa y como se aprecia en el mapa adjunto realizado por F. BIXEL, J. MULLER y P. ROGER la mayor parte de la masa deslizada corresponde a potentes depósitos morrénicos, parte de los cuales aún permanecieron colgados entorno a los 1.700 m.

- Terrazas fluvioglaciares.

Dentro del territorio cartografiado las formaciones fluvioglaciares no son muchas. Si ellas existieron están ahora en su mayor parte alteradas y modificadas por posteriores episodios glaciares.

Se han distinguido terrazas fluvioglaciares en las cabecezas de los valles principales en razón del origen próximo de los materiales que las constituyen: Río Gállego al SE. del territorio.

3. Formaciones de origen gravitatorio.

* Masas deslizadas incoherentes:

Se trata de formaciones cuaternarias muy específicas de la región cartografiada, ligadas a la vez a la naturaleza ësquistoso - arcillosa del sustrato donde se localizan, al caracter húmedo del clima que ha producido la alteración de las rocas de ese sustrato y a las fuertes pendientes que se encuentran en estos sectores. Son como coladas fangosas. Estas están compuestas incorporando materiales de acumulaciones morrénicas así como bloques desprendidos.

Las masas deslizadas son enormes, superando algunas de ellas la centena de hectáreas en superficie. Son fácilmente reconocibles en el paisaje. Sobre todo por el aspecto húmedo de los suelos y aspecto ondulado de las praderas con formas generalmente alomadas en relación con las pendientes próximas; en fin, por la escasa red de drenaje constituida por vivos barrancos orientados según la línea de máxima pendiente. Se trata de formas típicamente reveladoras de fenómenos de solifluxión, la inestabilidad, resulta evidente por la existencia de lóbulos de deslizamiento.

Estos descensos se realizan de forma general pero en flujos diferenciales con trayectorias más o menos paralelas, por lo que intentar un estudio estructural de detalle del depósito resulta imposible.

Su descenso es lento y obedeciendo a causas fundamentalmente ambientales, se realiza de forma más o menos rápida en función del aumento o disminución de las precipitaciones.

La zona de partida se encuentra sobre todo marcada por un nicho o anfiteatro de arranque. Las principales masas deslizadas se sitúan:

- La vertiente N. de la plana de Bious (morrena en soliflu^{xi}ón).

- La vertiente por debajo de la cabaña de la Glère (Alto Valle de Bious).

- Diversas masas sobre las dos vertientes N. y S. del Río Gállego, notablemente en la urbanización de Formigal y unas especialmente al Norte de la cumbre del Tosquera-Punta del Pasino y sobre la vertiente Este del Río Gállego a la altura de Sallent.

* Masas deslizadas más/menos coherentes:

Se trata de movimientos gravitatorios de rocas masivas, arcillas rojas, volcánicas, y calizas del Devónico Medio. Se encuentran cartografiadas en el sector SW. de la Peña Foradada (Sector del Forato).

* Grietas de arranque, lóbulos de deslizamiento: los más espectaculares se encuentran relacionados con la naturaleza arcillosa de los productos de alteración de las rocas pelíticas emsienses; se sitúan sobre la vertiente Norte del Pico de los Tres Hombres-Tosquera-Punta del Pasino.



par F. Bixel, J. Muller, P. Roger

DE TR

LEYENDA.

CARTA GEOLOGICA DEL MIDI D'OSSAU Y CURSO ALTO DEL RIO GALLEGO.

Edición: Instituto DE Geodinámica
de la Universidad de Bur
deos III, 1.985.

Escala 1:25.000

Base topográfica: Hojas del I.G.N.
LARUNS-SOMPOT
GAVARNIE
n.º 1547-1540

Con algunos complementos del J. Muller
hacia el Sur.

Levantada por J. Muller y Philippe Ro-
ger entre 1.967-1.977 y por F. Bixel
entre 1.973 y 1.984.

FAMENIENSE-FRASNIENSE

- d⁶⁷ Calizas.
- d^{6b} Margas y margas jabonosas laminadas
- d^{6a} Calizas y margas







DEVONICO MEDIO

- d^{34b} Calizas arcillosas ocreas
- d^{34a} Calizas masivas.

















EMSIENSE (SIGENIENSE ?).

- d^{2f} Calizas arcillosas versicolores
- d^{2e} Margas jabonosas
- d^{2d} Margas y calizas
- d^{2c} Calizas masivas alternadas con dolomias negras
- d^{2b} Calizas +/- arcillosas alternando con dolomias naranjas o calizas ocreas
- d^{2a} Margas y calizas arcillosas

SIGNOS

-  Cabalgamiento
-  Falla
-  Estratificación
-  Plano axial de Pliegue
-  Plano axial de Pliegue somero
-  Yacimiento fosilífero
(Micropaleontológico).

CUATERNARIO-RECIENTE

- G - Glaciar reciente
- Gb  - Glaciar de rocas. Masas de bloques erráticos
- V  - Cordones morrénicos
-  - Glaciares
- Gl  - Morrenas de fondo. Depósitos glaciares
- IG  - Fluvioglaciares-límite de terrazas
- Gs  - Acarreos glaciares (en solifluxión) en parte
- s  - Masas deslizadas incoherentes
- M  - Masas desplazadas más o menos coherentes
- So  - Nichos de arranque de las lenguas de deslizamiento
- Eb  - Derrumbamientos-desprendimientos.
-  - Derrubios y conos secos.
- E-Ec  - Corredores y conos de avalanche
- J  - Conos de deyección
-  - Cursos de agua temporales
-  - Dolina
-  - Surgencias
- F - Aluviones recientes

3.4. Geología Estructural.

La tectónica de toda la zona está dominada por la orogenia Terciaria que nosotros denominamos Alpina.

Esta orogenia es responsable del actual relieve y de todas las deformaciones que han acompañado o precedido a la elevación de la cordillera Pirenaica, afectando a los sedimentos y rocas volcánicas de Edad Secundaria y Terciaria.

Este suceso orogénico terciario se ejerce, por otra parte, por el sustrato paleozoico. Devónico Inferior a Carbonífero Medio.

Sin embargo hay que tener en cuenta que los materiales paleozoicos han sufrido previamente los efectos de la orogenia hercínica; que en general se produjo durante el Devónico Superior, y al SW. de la región en el Devónico Medio.

Para H. Wensink (1.962), durante la transición del Silúrico al Devónico no hubo lugar movimientos tangenciales importantes. La orogenia Hercínica, con su fase principal Post-Westfaliense A, afectó a los sedimentos del Paleozoico Inferior, así como a los del Superior. Sin embargo los sedimentos del Paleozoico Superior han reaccionado de manera bastante diferente que las rocas del Paleozoico Inferior. Esto se ha debido a la vez a la migmatización, que está limitada al Cambro-Ordovícico y a la presencia de pizarras carbonosas muy competentes del Gotlandiense, que han actuado como lubricantes y zona de despegue para las rocas del Paleozoico Superior. Los sedimentos del Devó

co y del Carbonífero están fuertemente plegados en pliegues isoclinales (ver corte IV) invertidos hacia el Sur; y están también casi siempre imbricados. No obstante las estructuras individuales están con frecuencia desmembradas. Los sedimentos posthercánicos permo-triásicos se superponen a los devónicos carboníferos son una discordancia angular.

La región investigada en el Valle del Gállego está en su mayor parte formada por sedimentos del Paleozoico Superior. La dirección general es WNW-ESE. Aunque existe una disminución de la intensidad de las estructuras hercánicas desde el Devónico al Carbonífero, no se ha hecho ninguna subdivisión posterior. Las pizarras lubricantes del Gotlandiense se encuentran localmente en planos de cabalgamiento. En general, en el Devónico Inferior se presentan pizarras, mientras que en el Devónico Medio es principalmente calcáreo. En la facies uniforme de pizarras del Devónico Inferior se presentan fuertes imbricaciones, por lo cual la sucesión de pliegues agudos isoclinales es con frecuencia difícil reconocer. Estas pizarras del Devónico Inferior han actuado como zona lubricante para las calizas competentes del Devónico Medio. Estas últimas calizas se presentan en pliegues isoclinales apretados con una inclinación hacia el S. Las unidades están con frecuencia rotas y se presentan como cuñas aisladas dentro de las pizarras.

En la ladera deslizada la vergencia general de las capas es hacia el Sur de forma que el relieve queda constituido por escamas de calizas del Devónico Medio imbricadas hacia el Sur. El sustrato sobre el que cabalgan esta constituido por las margas del Devónico Inferior que ya reconocen otros estudios como nivel plástico de despegue de las anteriores formaciones calcáreas. Esta formación presenta un buzamiento hacia el Norte que favorece el deslizamiento a través de los propios planos de estratificación.

El Devónico Superior tiene un desarrollo calcáreo y detrítico. Lo mismo que las calizas del Carbonífero Inferior y las grauvacas y pizarras del Carbonífero Superior, el Devónico Superior esta menos fuertemente tectonizado se presentan a la vez pliegues invertidos y verticales; pero se encuentran muchas menos estructuras imbricadas que en la parte inferior.

La investigación microtectónica ha sido una gran ayuda en la aclaración de problemas estructurales, principalmente por el estudio de la exfoliación, para encontrar la posición de los flancos de los pliegues isoclinales cuando no se encuentran las charnelas anticlinales o sinclinales. El método es únicamente utilizable en series con una rápida alternancia de capas de diferente competencia.

+ DEFORMACIONES HERCINICAS.

Dejando aparte los movimientos del Devónico Superior las deformaciones hercínicas (varísticas) propiamente dichas se compondrían según J. Muller et P. Roger (1.977):

1.º Una primera fase precoz marcada por pliegues de flexión (PV 1) de gran amplitud.

2.º Una fase n.º 2, llamada "mayor" pues constituye los principales pliegues formando la base del edificio hercínico de esta región.

Esta acompañada de una esquistosidad de flujo SV 2 y corresponde a una vergencia SW. Los pliegues importantes de esta fase presentan una dirección NW-SE con algunas sinuosidades.

3.º Una fase tercera que forma los pliegues PV 2 y está acompañada de una esquistosidad (clivage) SV 3 que indica una vergencia SE. Son el general pliegues de amplitud métrica o decamétrica.

4.º Una fase n.º 4 más localizada, con una esquistosidad, (clivage) SV 4; sobretodo localizada al Sur de Sallent de Gállego en el edificio de las "Escamas de Lanuza".

- DEFORMACIONES ALPINAS.

Las deformaciones precoces, por deslizamiento de sedimentos (en medio subacuático ?) preceden las deformaciones principales. Tal y como se presenta en la figura 3.4.(3) podemos apreciar como el sustrato paleozoico fuertemente plegado (ver apartado anterior) y erosionado admite ahora encima una potente serie mesozoica-terciaria que va a sufrir una nueva fase tectónica.

En la zona en la que enmarcamos este estudio, en el nuevo periodo orogénico se produce una laminación esquistosa que se superpone a los hercínicos SV 3 y SV 4 y repliega el SV 2 que J. Muller y P. Roger han denominado Px o pliegues "correspondientes" que resultan difíciles de atribuir al Hercínico o al Alpino.

Al final grandes cabalgamientos de magnitud regional, posteriores a la aparición de la laminación esquistosa, afectan a las rocas secundarias y terciarias. Ellos se adaptan a la misma tendencia general de deformación con vergencia hacia el Sur.

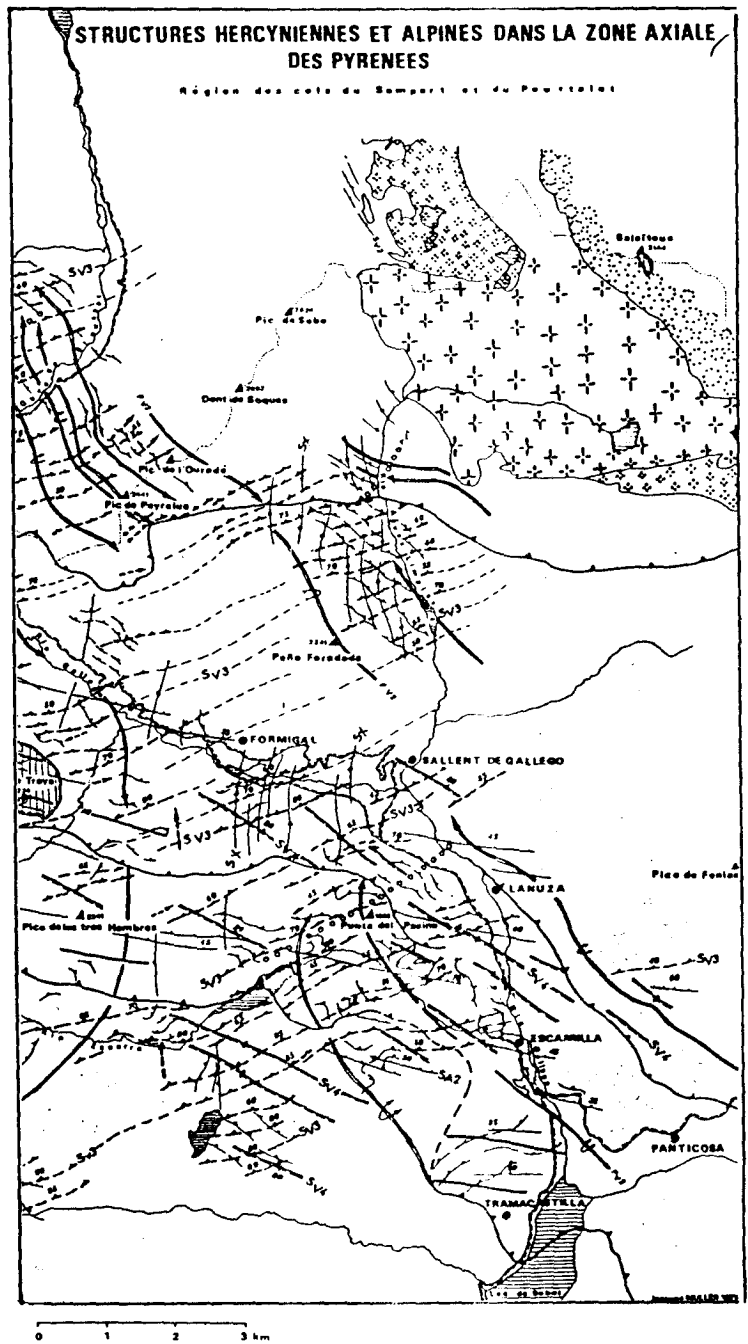


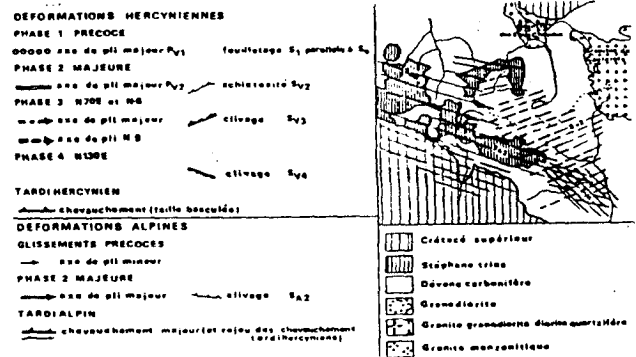
Figura. 3.4. (1).

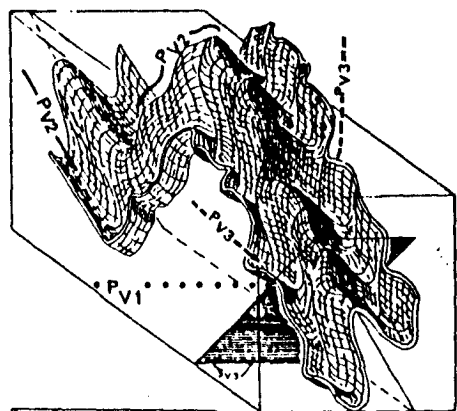
GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Estructuras Hercínicas y Alpinas en la zona Este del Pirineo Axial.

Valle de Tena (Río Gállego).

En: J. Muller y P. Roger 1.977.



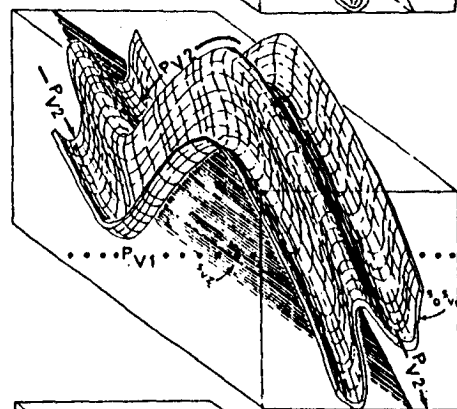


FASE 3.

Esquistosidad SV_3

N 70 E

60-80 NNO



FASE 2. "Mayor"

Esquistosidad SV_2

N 140 E

70-80 NE

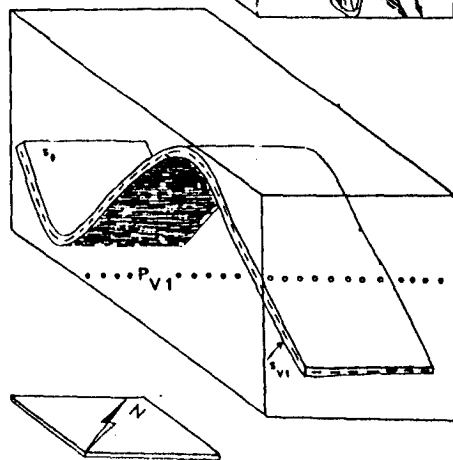


Figura 3.4. (2)

FASE 1. "Precoz"

Pliegues N 50 E. Sin esquistosidad.
Foliación SV_1 paralela a la estratificación S_0 .

Las tres fases mayores de deformación hercínica y las estructuras superpuestas en el Devónico-Carbonífero. (J. Muller y P. Roger, 1.977, p. 157.)

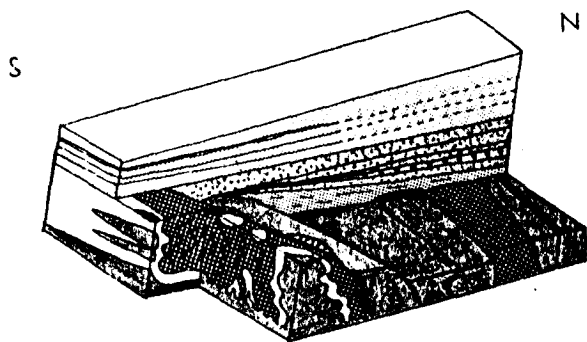


Figura 3.4. (3)

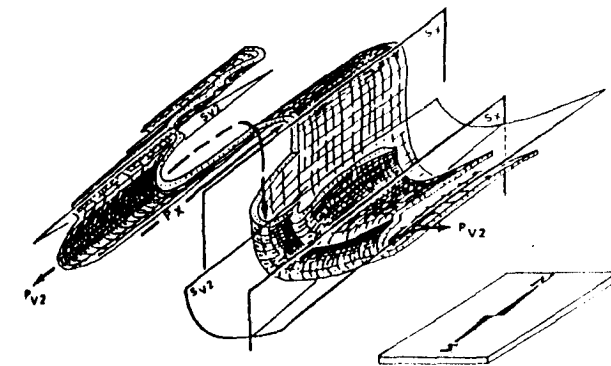
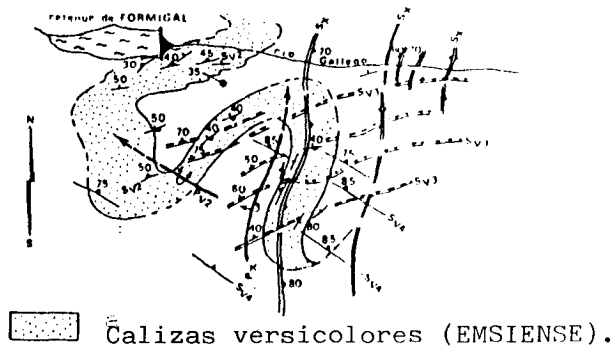
Disposición esquemática de los depósitos post hercínicos en la región antes de las deformaciones Alpinas. (J. Muller, inédito).



Sedimentos Posthercínicos



Base Hercínica fracturada



Relación entre los Pliegues Pv_2 y Px
(Diagrama esquemático).

Fig. 3.4.(4) : Pliegues SN. con laminación Sx vertical (Hercínica o Alpina) de forman la esquistosidad Sv_2 en las calizas emsienses al fin de Formigal, Valle del Río Gállego: En : J. Muller y P. Roger, 1.977, p. 163.



Fig. 3.4.(5) : Pliegues PAZ y laminación SAZ en los sedimentos de Cretácico Superior deformación Alpina . J. Muller, inédito.

4 . DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO.

Nos encontramos en la zona más baja de un antiguo valle glaciar recorrido longitudinalmente ahora por el Río Gállego que ha excavado su propio cauce, dejando "colgados" sobre el talud depósitos glaciares y fluvio-glaciares producto de la progresiva retirada del glaciar.

A la altura del Km. 96,400 nos encontramos con un badén de 40 m. (situación B) que se vuelve a repetir (situación A) 50 m. más adelante. Se trata de dos situaciones muy parecidas de socavamiento en el terraplén de la carretera por filtraciones y progresivo arrastre de sus materiales.

-SITUACION A -

En la margen derecha de la carretera (con sentido a Francia) encontramos un pequeño circo superior de aportes (2) con un perímetro entorno a los 75 m. una superficie de 350 m² aproximadamente, y un desnivel relativo con la carretera de 16 m. Presenta una forma cónica abierta y se encuentra "colgado" tras la excavación de la berma sobre la que se asienta la carretera. El pequeño escalón da un desnivel variable entre 0,5 y 3 m. La superficie se encuentra tapizada de una vegetación somera presentando en algunas zonas, suaves escalones producto de un proceso de reptación superficial de los materiales.

Por encima se presenta una forma alomada que tiende a verter sus escorrentías hacia la vertiente opuesta.

Un poco más arriba de la carretera (como se puede apreciar en la panorámica n.º 1) existe en la misma ladera (1) un proceso similar de reptación remontante produciéndose escalones con grietas de arranque. El proceso es mucho más rápido e intenso en este caso.

La carretera presenta un badén relativo (ver plano Escala 1:500 y Panorámica n.º 1) de casi un metro. Además existe una grieta curva que genera un suave escalón rellenado sucesivas veces (ver fotografías 6 y 7) que partiendo y acabando en la cuneta exterior cruza la carretera y la recorre en algo menos de 40 metros por el carril exterior de la misma.

La cuneta interior de la carretera, hasta justo el punto donde se encuentra el badén, está canalizada por un cunetón de hormigón con un suave diedro que se interrumpe dando lugar a una zona de cuneta interior donde se acumulan gran parte de las escorrentías superficiales de la zona (Panorámica n.º 2).

La carretera se encuentra sobre una zona blanda que es fuente de aporte de materiales a un lóbulo descendiente que desliza por la ladera inferior hasta el río. Tal y como se aprecia en la Panorámica n.º 1, la "masa deslizada" (5) forma un lóbulo que por solifluxión mina en el descenso su cabecera, solicitando de ella materiales para alimentar su proceso descendente. Esos materiales solicitados son los propios del terraplén sobre el que se asienta la carretera. Obsérvese el lóbulo frontal abultado, la concavidad y relleno de grava preciso en el terraplén.

Recientemente se ha construido una escollera en el frente de dicho lóbulo descendiente que ha intentado, sin éxito definitivo aparente, contener los movimientos.

Obsérvese, no obstante, como los procesos de descenso de los materiales son frecuentes en toda esa ladera inferior: pequeña lengua en el costado derecho de la anterior (7). Erosión remontante por descenso en (6) y reptación superficial, también remontante en (8).

En la ladera superior, sobre la carretera, se aprecian hechos análogos. En el circo de la situación A tenemos(2) parte de los materiales del mismo con tendencia a bajar invadiendo periódicamente, coincidiendo con las épocas más húmedas, la cuneta interior de la carretera, produciendo así represamientos de las escorrentías carretera arriba que : 1.º filtran por esa cuneta interior el terraplén, hacia el lóbulo descendente generándose el mecanismo de flujo por solifluxión y 2.º llegan a cruzar la carretera vertiendo de forma directa sobre el mismo deslizamiento.

El mismo efecto produce la situación análoga del punto(4). Este punto se encuentra sobre la zona medianil entre la situación A y la situación B. En él se aprecia perfectamente el descenso progresivo de forma casi coherente (con perturbación relativamente poca de la disposición interna de los materiales) de un pequeño deslizamiento superficial (entorno a 1 m.). Cuyo descenso (entre 1 y 1,30 m.) va invadiendo progresivamente la cuneta

- SITUACION B -

Esta situación se encuentra a menos de 50 m. de la anterior y en general coincide en casi todo. Se trata de un pequeño circo de deslizamiento, afecta a la carretera de forma análoga. Tiene como diferencia principal, no presentar en su ladera inferior un lóbulo deslizante tan evidente como en la anterior. Presenta una ladera bastante regularizada con pendientes entorno a los 25º y 30º.

Sin embargo en la cuneta interior que coincide con el pequeño anfiteatro superior no existe canalización de las escorrentías. Esta ha sido incorporada progresivamente al terraplén de la carretera. En esta zona se crea una depresión relativa que es periód

camente, como se aprecia en la panorámica n.º 3, rellena. Estos materiales, de relleno presentan una elevada porosidad y "avidez" receptora de las escorrentías.

El sistema de drenaje lo constituyen varios pozos colectores que desaguan, cruzando la carretera por tubos de \emptyset 80 cm. Sin embargo estos pozos colectores no resultan actualmente efectivos, quedan topográficamente altos para la recepción de la escorrentía de la cuneta interior de la carretera. Drenan por encima de un determinado nivel, y a veces se encuentran cegados por los pequeños deslizamientos de la ladera superior.

5. ANALISIS DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN.

- 1.º Condicionantes morfológicos estructurales:

Tal y como se menciona en el capítulo de geología, en el apartado de geomorfología este punto concreto se encuentra en la parte más baja de un abierto valle glaciar, excavado sobre los materiales relativamente blandos que son las margas o pizarras margosas del Devónico Inferior (Cobleciense). La morfología propia de este tipo de valles es en U quedando, una vez que se retira el glaciar, pendientes por encima del ángulo crítico de rotura de los materiales. Se producen deslizamientos de grandes bloques del sustrato así como de los depósitos morrénicos "colgados" en ambas márgenes.

En definitiva la complejidad estructural del Pirineo afectado por dos Orogenias más el establecimiento de varias glaciaciones con periodos interglaciares, realizan sobre el relieve modificaciones a veces difíciles de interpretar.

En nuestro caso el gran valle en U, con depósitos morrénicos fundamentalmente de fondo excavado sobre un sustrato blando nos presenta un potente relleno de materiales de origen glaciar y fluvioglaciar.

Todo ese depósito de fondo recibe además continuos aportes de las laderas del valle a través fundamentalmente de procesos de deslizamiento, reptación y flujos por soliflucción.

Observando las panorámicas que corresponden a las fotografías n.º 1 y 2 podemos ver la magnitud, verdaderamente potente de la acumulación de materiales en el fondo del río. Apréciase como el río ha ido profundizando en su proceso erosivo no aflorando aún, en su actual nivel de base la roca que constituye el sustrato paleozoico. Tenemos una potencia vista de más de 50 m. de depósitos.

- 2.º. Caracterización geotécnica de los materiales.

A partir de las muestras tomadas en campo, se han realizado en el laboratorio una serie de ensayos de identificación y de estado, así como de resistencia.

* Las densidades y las porosidades de estos materiales presentan valores medios, destacando un grado de saturación de las muestras bajo (la humedad está muy por debajo del límite plástico). Este fenómeno se puede explicar por la época del año (verano) en que se tomaron las muestras.

* En las granulometrías realizadas (por tamizado y por sedimentación) se observa la enorme heterogeneidad de los materiales:

Gravas	37	-	54 %
Arenas	23	-	34 %
Limos	15	-	20 %
Arcillas	7	-	15 %

* Los límites de Atterberg realizados dan los siguientes resultados :

Límite líquido	$W_l = 31 - 36 %$
Límite plástico	$W_p = 18 - 20 %$
Índice de plasticidad	$I_p = 12 - 15 %$

- A la vista de estos resultados se observa que los finos de la muestra son arcillas de baja plasticidad (CL).

* Finalmente, se han realizado ensayos de resistencia (Corte Directo Lento). Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Cohesión	$C = 0,1 \text{ Kg/cm}^2$.
Ángulo de rozamiento interno..	$\phi = 32^\circ$

Estos valores van a presentar una gran variación debido a la heterogeneidad de los materiales, que ya se hizo palpable en los ensayos granulométricos realizados.

6. CONCLUSIONES.

1.- La carretera se encuentra ubicada sobre un depósito de origen fluvio-glaciar muy heterométrico de baja cohesión, que se encuentra a su vez sobre un sustrato margo-arcilloso con niveles calcáreos paleozoicos. Estas margas y arcillas en bloques o disgregadas constituyen gran parte del depósito. Las características mecánicas del material se han definido como de baja plasticidad aunque también se señala que existe una gran variabilidad en el comportamiento debido a la heterogeneidad de los materiales.

2.- Morfológicamente la carretera se encuentra situada casi a mitad de altura de la pendiente que da al río. El río está socavando en su cauce el terraplén que a su vez registra procesos de reptación; lenta soliflucción de materiales que tienden a compensar la falta de material en la base. Este proceso de lenta socavación y aporte de la ladera se encuentra actualmente detenido por el escollerado que se lleva a cabo hace unos años. Sin embargo, el proceso que se inició ahora tiene una inercia que es difícil de contener. El proceso mantiene todos sus condicionantes primitivos excepto el de la socavación del río que sin duda era el origen del fenómeno.

3.- Existen todavía como condicionantes negativos, factores que intervienen; las especiales características climatico-ambientales y morfológico-estructurales primitivas de la región:

- a) los altos registros pluviométricos; en su mayor parte en forma de nieve que condicionan al terreno a permanecer con un altísimo contenido de agua en un periodo de tiempo entre 5 y 6 meses al año;
- b) las pendientes establecidas por el progresivo encajamiento del río en el terreno.

4.- Determinante del proceso del agua dentro del terreno. Durante esos 6 meses que como mínimo permanecen los materiales empapados, éstos se plastifican y tienden a fluir a favor de la pendiente. El proceso se produce donde diferencialmente confluyen mayor número de factores negativos; en nuestro caso: 1. La socavación del río en la base del talud. 2. La alta pendiente del mismo. 3. La presencia de un sumidero en la cuneta interior de la carretera que en este punto concentra aportes de escorrentías penetrando un flujo anormal de agua al terreno.

5.- La concentración de escorrentías en la margen interior de la carretera es muy nociva permitiendo infiltraciones que aceleran un proceso de socavamiento y plastificación de los materiales que constituyen el terraplén.

6.- Las medidas precisas, tomada ya la de contener el proceso erosivo en la base del talud por el Río Gállego, han de ir dirigidas a la mejora del firme del terraplén de la carretera y a eliminar preferentemente las concentraciones superficiales de escorrentías.

7. RECOMENDACIONES.

Para detener el proceso de socavación del terraplén y depósito sobre el que se asienta la carretera es preciso impedir que penetre y permanezca agua que facilite la plastificación de los materiales rebajando su cohesión y ángulo de rozamiento interno. Es preciso tomar medidas:

1.º De protección del talud de la erosión del Río Gállego (escollerado ya realizado).

2.º De canalización de las escorrentías superficiales para que la mínima parte de ellas penetren en el terraplén. Es preciso rebajar el nivel freático local.

3.º De compactación del terraplén de la carretera y obras de mejora en el firme. Los materiales que constituyen el terraplén de la carretera se encuentran hoy socavados por las filtraciones. Su densidad es baja.

4.º De desecación del talud tomando medidas que contribuyan a rebajar de forma efectiva el nivel freático local.

- 1.º La protección del talud ya se ha realizado. Sin embargo sería preciso incrementar el escollerado cubriéndolo en su parte superior con terraplén vertido desde la propia carretera que permitiese regularizar más la pendiente.

- 2.º Canalización de las escorrentías superficiales: en los dos sumideros que se sitúan en la zona interior de la carretera, donde se concentran las escorrentías (situación A y situación B). En esos puntos sería conveniente impedir que penetre el agua. Así pues, se recomienda instalar una membrana impermeabilizante o geotextil impermeable; su instalación se haría en toda la extensión del actual sumidero subiendo en los acutales circos superiores (2, 3; ver superponible de la Panorámica n.º 1) hasta una altura topográfica de no menos de 1 metro.

El geotextil se colocará excavando en esa zona entre los 20 y 30 cm. Su colocación se ajustará al esquema.

Es imprescindible impermeabilizar toda la cuneta interior de la carretera. Si no se consiguen impedir las filtraciones a través del terraplén, uno conseguiremos evitar los badenes y los blandones.

Se propone una cuneta de hormigón u hormigón armado en los puntos críticos, encima de un geotextil impermeable con gran resistencia a esfuerzos tructores.

Conseguiremos dar mayor solidez y continuidad a la obra, mejor asiento y que si en algún caso se agrieta la placa de hormigón, permanecerá el geotextil.

Entre ambos, placa y geotextil, resulta muy útil introducir un elemento separador como puede ser una gravilla que le da al conjunto mayor flexibilidad. (Figura 3).

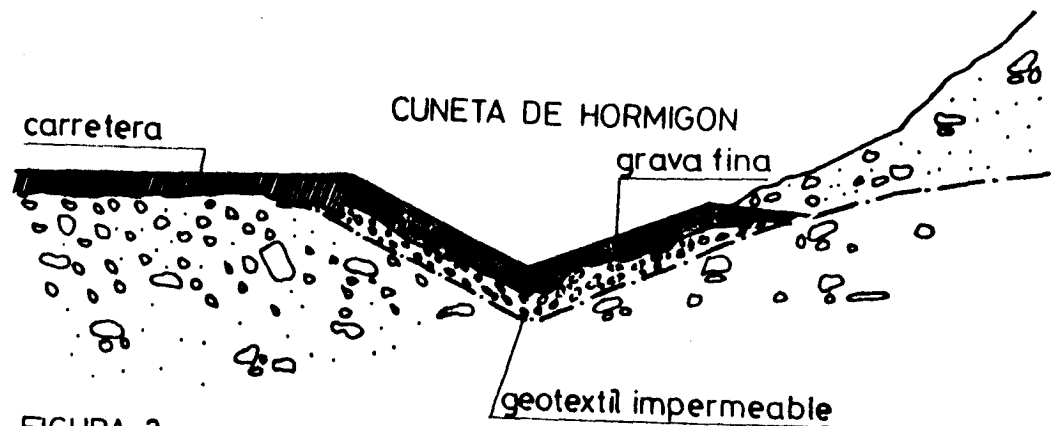


FIGURA 3

- 3.º Actualmente el firme de la carretera se encuentra so cavado en su cuneta exterior y en el propio terraplén por arrastre de finos por el flujo interno de las filtraciones.

Para mejora se propone: clavar en la cuneta exterior de la carretera unos carriles de tren de 2-3 m. a un intervalo de 1,00 -1,20 m. de espacio.

Retirar el firme por una vía de las dos que tiene la carretera y posteriormente a la inca de carriles una mejora por percusión del terreno. La operación se haría alternativa en una y en otra de las dos vías.

- 4.º Deseccación interna del talud.

La forma habitual sería mediante dos filas de drenajes (drenes californianos). En la fila que se situarían: 1.º En la cuneta interior de la carretera. A drenar directamente sobre la cuneta de hormigón. Sería una fila con drenes de 15 m. mínimo, con un espacio medio de 1,5 m. y una inclinación respecto de la horizontal de 5°. Con tubo de acero perforado hasta los dos últimos metros donde no se perforaría para evitar que se obstruyese por penetración de raíces. 2.º Encima justo del escollero. De las mismas característica generales que el anterior. Se incrementaría la longitud de los drenes a 25 m.

Esta medida nos permitirá drenar en cabecera rebajando el nivel freático impidiendo que éste ascienda por capilaridad hacia el terraplén de la carretera. Y drenar en la zona media-baja de la pendiente rebajando el nivel freático dejando el pie seco que mejoraría mucho el estado de los materiales.

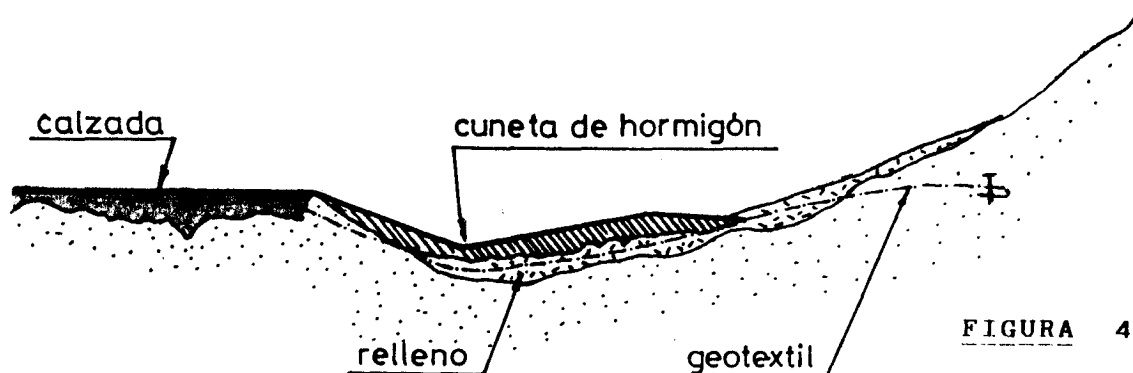
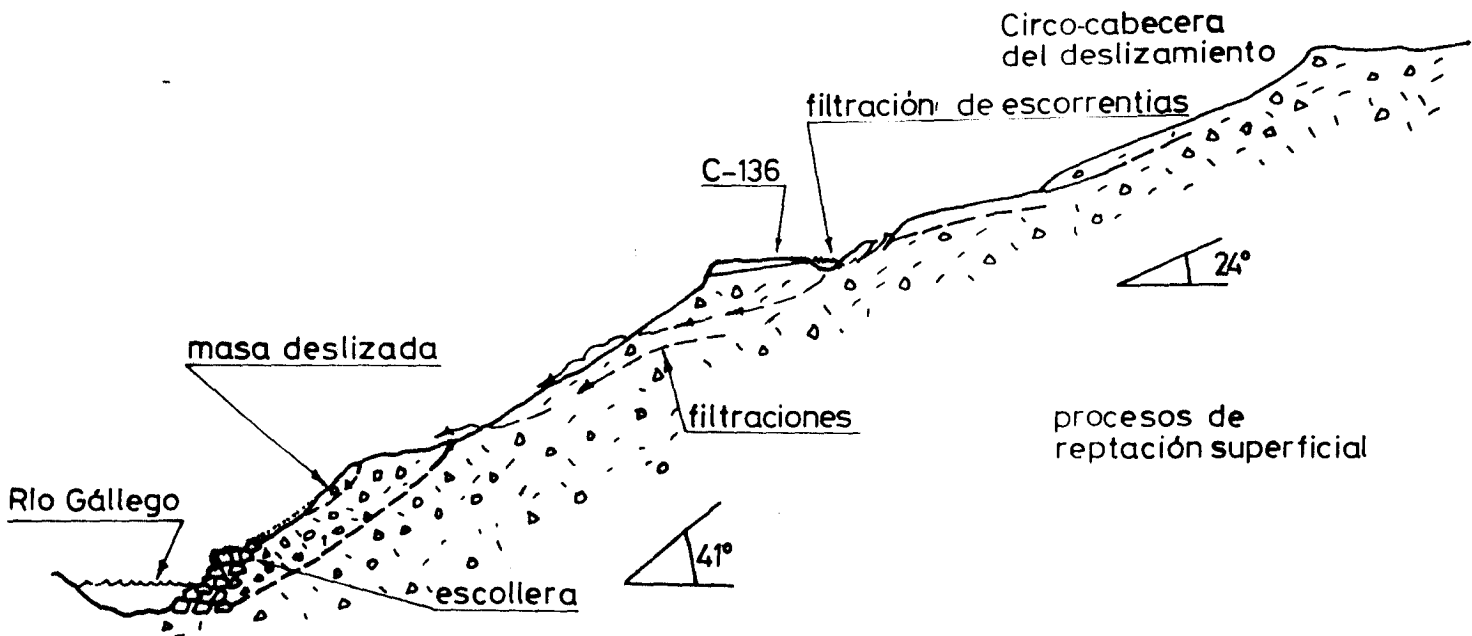
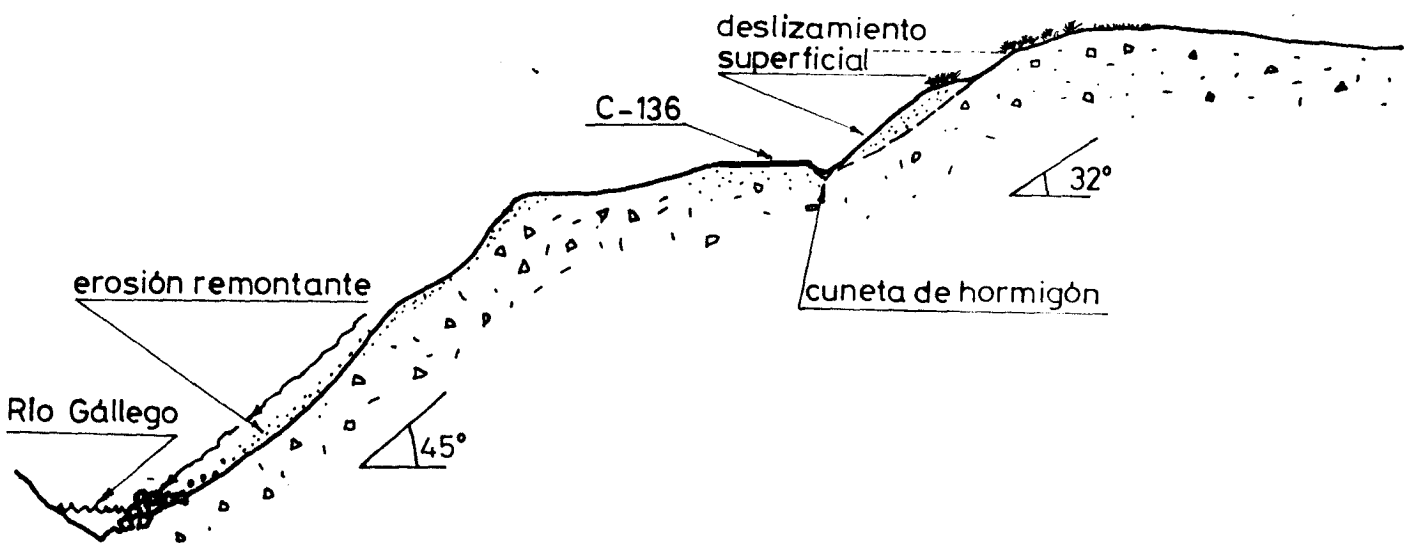


FIGURA 4.

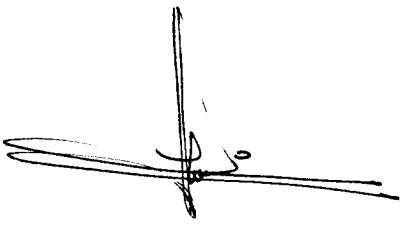
CORTE ESQUEMATICO N°1



CORTE ESQUEMATICO N°2



Fdo.: F. J. Ayala Carcedo
Ing. Minas.
División de Geología
Ambiental y Geotécnica.
I.G.M.E.



Fdo.: Alberto Gracia Bernal
Geólogo.
GEONOC, S.A.

Septiembre de 1.988.

A N E X O S

I. Fotografias

- 3.º Factores climático-ambientales.

Tras el análisis de las precipitaciones habidas durante el periodo 1.955-1.986; (31 años) y del año 1.987 y primera mitad de 1.988, pasamos a establecer criterios comparativos:

1.- El año 1.987 obtuvo una media de 1.522,1 mm. que resulta ligeramente superior a la media del periodo (1.955-1.986) que es de 1.369,4 mm. Siendo pues una media dentro del computo nacional de las más altas del país sólo superada en algunos puntos de Galicia y Asturias.

2.- No cabe señalar la media del año 1.987 como excepcional, pues existen en el periodo 1.955-1.986 nueve años con precipitaciones más altas (la más alta en 1.960 con 2.098,4 mm.); aunque si se le puede considerar como muy lluvioso puesto que supera a los 22 años restantes.

3.- Presenta desde el año 1.977 (año en que finalizaron las obras de la variante de la carretera) un periodo, excepto 1.978 y 1.982 de relativa sequía con valores medios hasta casi un 50 por ciento más bajos. Frente al año 1.987 y primera mitad de 1.988.

4.- Tal y como se refleja en los histogramas durante finales de 1.987 y principios de 1.988 se produjeron precipitaciones especialmente altas (entre los meses de Octubre de 1.987 - Abril de 1.988) que coincidieron con el acentuamiento de los procesos de socavamiento en la carretera, por lo que es inevitable establecer una relación directa entre ambos hechos.

5.- La distribución de las precipitaciones es gradual y homogénea. Esto incide negativamente posibilitando que la penetración del agua en el terreno sea mayor. De todas las precipitaciones el 58% son en forma de nieve, de forma que al deshelar penetran en el terreno de forma continua.

. PARAMETROS AMBIENTALES.

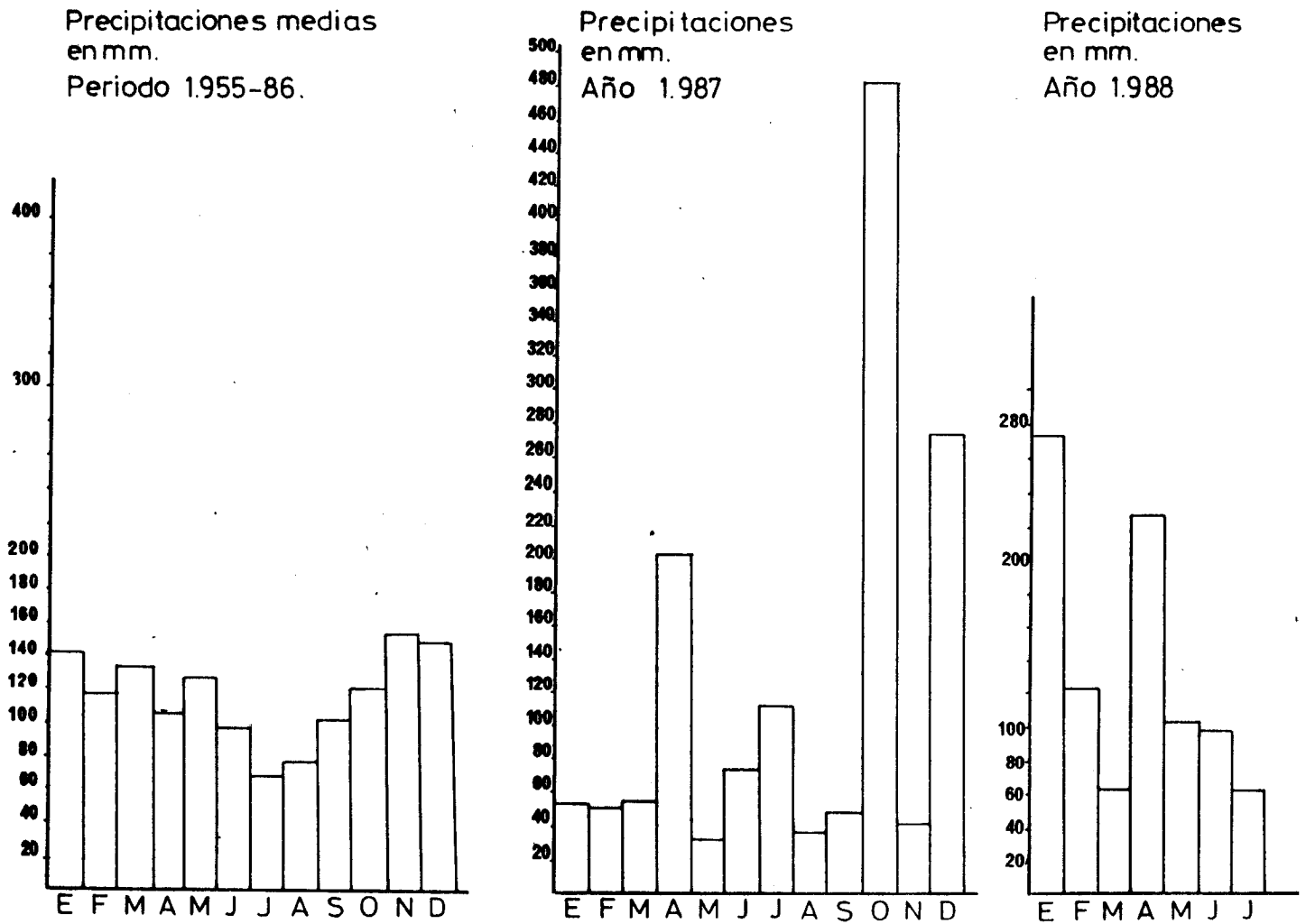


Fig. 1 : Precipitaciones medias mensuales del periodo 1.955 a 1.986 y Precipitaciones mensuales de los años 1.987 y primera mitad de 1.988.

- A partir de datos recogidos por el INSTITUTO NACIONAL DE METERELOGIA. Estación de Sallent de Gállego (Huesca).



- 4.º Proceso erosivo.

El progresivo proceso de encajamiento del Río Gállego sobre el depósito de fondo del valle ha establecido en este punto una diferencia de cota (entre 1.585 y 1.613 m.) de 48 m. de desnivel entre el río y la zona alta del circo superior. Las pendientes establecidas, por lo tanto en ambas márgenes, al tratarse de materiales incoherentes con un grado mínimo de compactación rondan factores de seguridad mínimos, entorno a 1 en muchos casos.

En este tramo la sección transversal del cauce del río, véase Panorámica n.º 2, es trapezoidal con su base menor entre 3 y 3,5 metros mínimo. La pendiente del tramo ronda los 5º, muy alta en términos relativos. La capacidad de arrastre del río va en función de la época de precipitaciones. Así, el tamaño máximo de arrastre, va en función de las avenidas y es deducible del tamaño máximo de canto rodado que se encuentra sobre el lecho del río. Descartando el tamaño máximo estimado por encima de un 10% éste queda entorno a 45-55 cm. de diámetro máximo.

Existen tamaños mayores muchas veces aportados por barrancos laterales de esta cuenca que tiene entorno a los 23 Km² a la altura del punto considerado. Estos presentan pendientes que pueden superar los 17º con caudales relativos elevados.

Así pues, la capacidad erosiva del cauce sobre los ángulos naturales del mismo se puede estimar en varias toneladas de material al año siendo el proceso más acelerado en los periodos de máxima avenida.

Es preciso tener en cuenta en aquellos tramos de carretera que quedan sobre pendientes altas y a orillas de un río encajado, que su energía relativa es alta (como en este caso) su capacidad erosiva en la base en su paulatino proceso de encajamiento puede ser en un periodo de tiempo corto suficiente para descalzar pedra

plenes y terraplenes, socavarlos y producir deslizamientos que afecten a la calzada. Si como aquí el terreno es poco coherente el proceso se agrava y acelera.

- 5º Condicionantes constructivos.

1) Tal y como se menciona en el capítulo sobre condicionantes climático-ambientales el año en el que se realizó el final de las obras de la actual variante C-136 fue especialmente húmedo. Esto significa que las labores de compactación no resultarían por lo tanto todo lo eficaces que se hubiere deseado. El exceso de agua en el terreno produce durante el proceso de compactación presiones intersticiales no deseadas que impide que la misma sea óptima.

2) El proceso de socavamiento del talud inferior por la acción erosiva del Río y en concreto sobre el frente de un lóbulo frontal de deslizamiento no fue suficientemente tenido en cuenta en el momento de su construcción. Este hecho era anterior y visible. El escorellado puesto en la base, evidentemente resulta beneficioso; pero una vez iniciado el proceso la propia inercia de éste hace que la medida sea insuficiente ya que el mismo no ha cesado.

3) La canalización original constructiva en la cuneta interior de la carretera en estos tramos ha desaparecido. Ha ido subsidiando hasta enterrarse y desaparecer integrándose dentro del propio terraplén de la carretera. Hoy no existe en tramos claramente coincidentes -correlativos a los deslizamientos (entendiéndose dentro de los mismos: circo y lóbulo deslizado). Estos tramos (dos) de 50 y 35 m. respectivamente son pequeñas cuencas receptoras de escorrentías superficiales. En ellas, aunque su profundidad relativa respecto a la entrada de los colectores que drenan la cuneta, no sea excesiva (entre 25 y 30 centímetros máximo), el aporte es continuo constituyendo du-

rante periodos largos de tiempo sumideros que permiten la entrada de gran cantidad de agua al terraplén de la carretera.

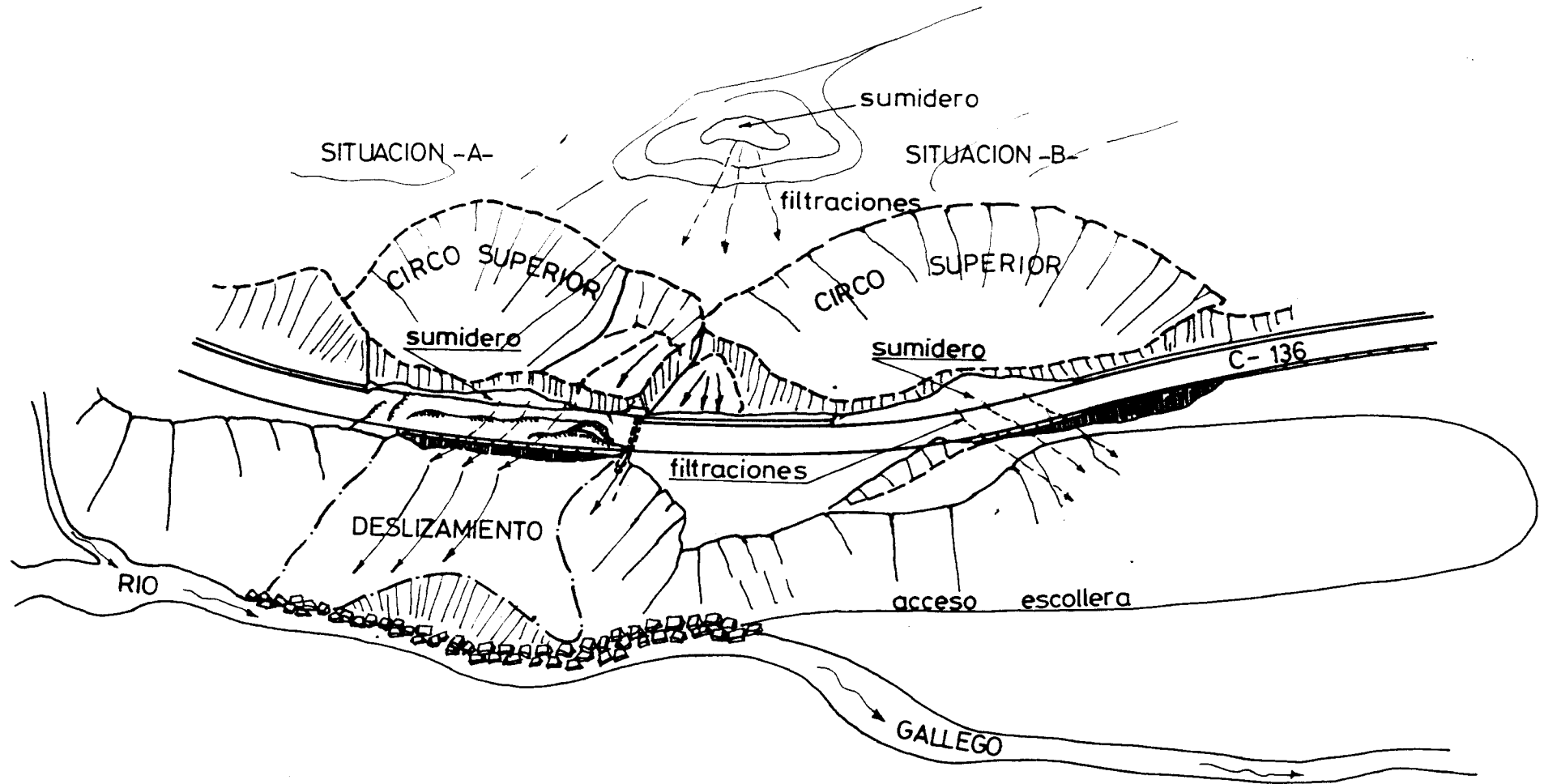
4) Los taludes de la zona alta (sobre la carretera) estan excavados sobre materiales incoherentes (o muy poco coherente) con pendientes que superan los 50° en algún punto. En este tipo de material y con estos condicionantes ambientales la estabilidad de los mismos es difícil. En todo este tramo asi como en tramos anteriores son muy frecuentes los deslizamientos superficiales en el talud que llegan a cegar temporalmente la cuneta interior de drenaje incluso a invadir en ocasiones la calzada.

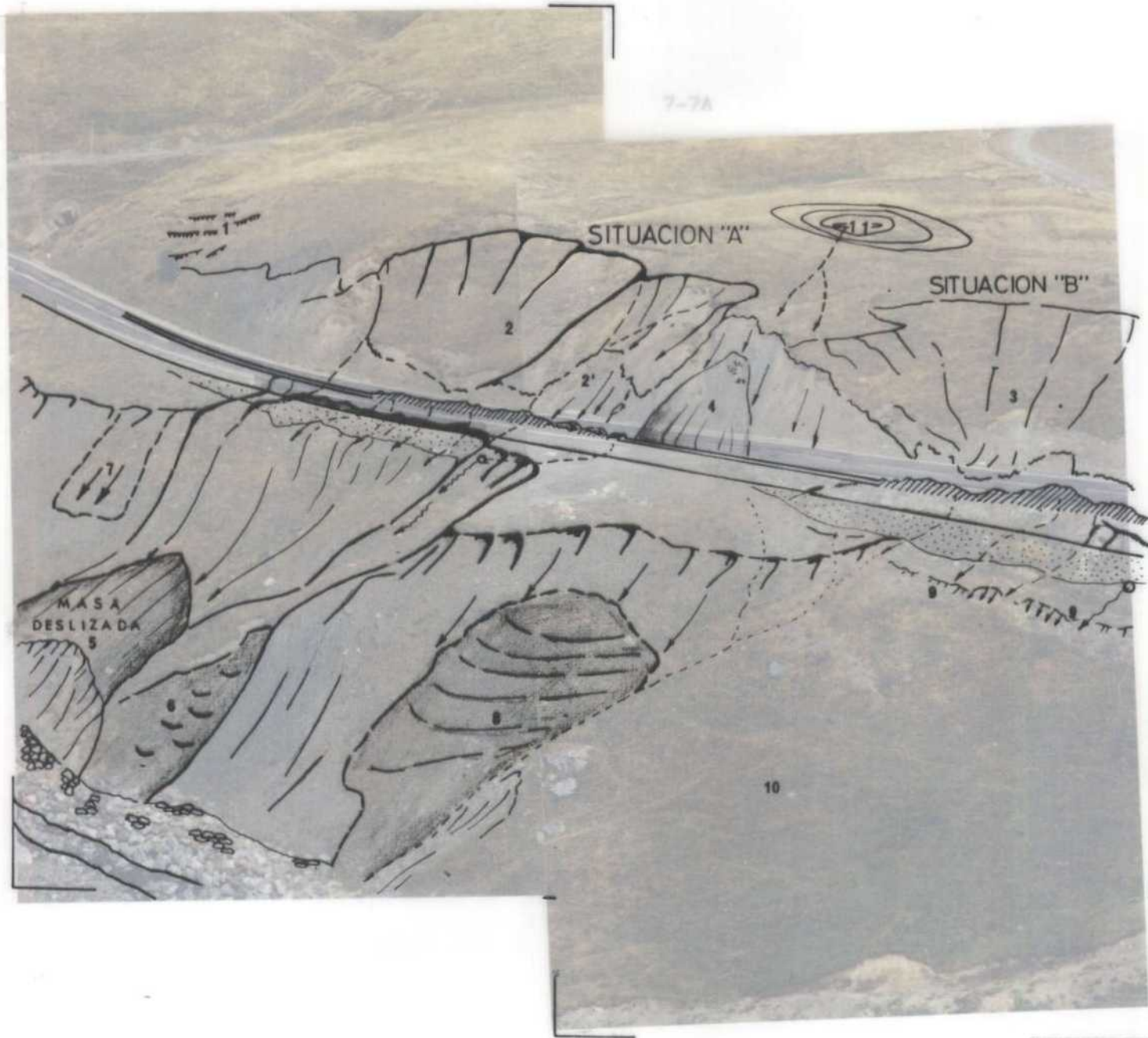
El ángulo de rozamiento interno de estos materiales con un alto contenido en agua no supera los 25° . Así pues todos los taludes con más de ese ángulo son susceptibles de caer.

Al caer y cegar la cuneta interior se forman represamientos temporales (hasta que el servicio del M.O.P.U. los retira) favoreciendo como en nuestro caso (2 y 4) el represamiento escorrentias y su posterior penetración en el terreno.

Todo ello se produce en un sistema encadenado en el que el proceso va adquiriendo un desarrollo potencial que una vez desencadenado va siendo más difícil de contener.

CROQUIS EXPLICATIVO DE LA SITUACION





Panorámica n.º 1.: Vista aproximada de la situación. Apréciense el profundo badén resaltando por la valla metálica del deslizamiento superior. Véase el relleno precisado en el terraplén de la cuneta exterior.

El superponible limita las distintas zonas y las numera. Su explicación se encuentra en el capítulo dedicado a la descripción, aquí sólo su referencia: 1 grietas de arranque de cabecera; 2 circo superior (Situación A); 2' deslizamiento superficial en 2; 3 circo superior (Situación B); 4 deslizamiento superficial; 5 masa deslizada - deslizamiento superficial; 6 repta ción remontante superficial; 9 grieta superior de deslizamiento; 10 deslizamiento (Situación B); 11 sumidero en zona de coronación.

22A-23

5-20

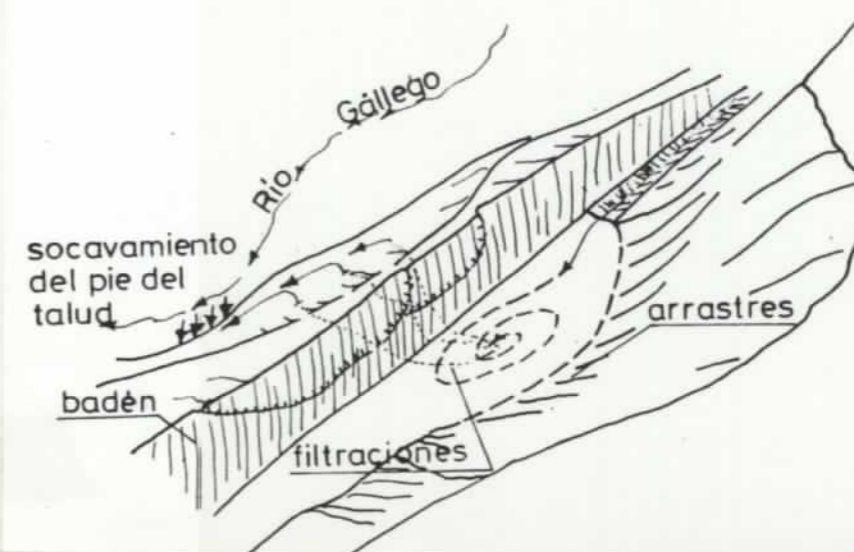


5-21



20A-21

Panorámica n.º 2 .: (Situación A). Vista del perfil superior del talud de la carretera. Obsérvese como la cuneta de hormigón desaparece, dando lugar a una zona deprimida donde se acumulan las escorrentías que penetran dentro del terraplén de la carretera socavándolo. También se puede apreciar como el Río Gállego se viene contra el talud inferior de este punto donde se ha realizado el muro de escollera ante la progresiva erosión del pie del talud.





Fotografía n.º 1.: Panorámica general del tramo de la Carretera C-136 afectado. Obsérvese su situación respecto al río y plano superior.



Fotografía n.º 2.: Panorámica del tramo concreto afectado. Aprecie se el badén por las marcas más oscuras que aparecen en la calzada y por la deformación en las vallas de protección.

17A-18

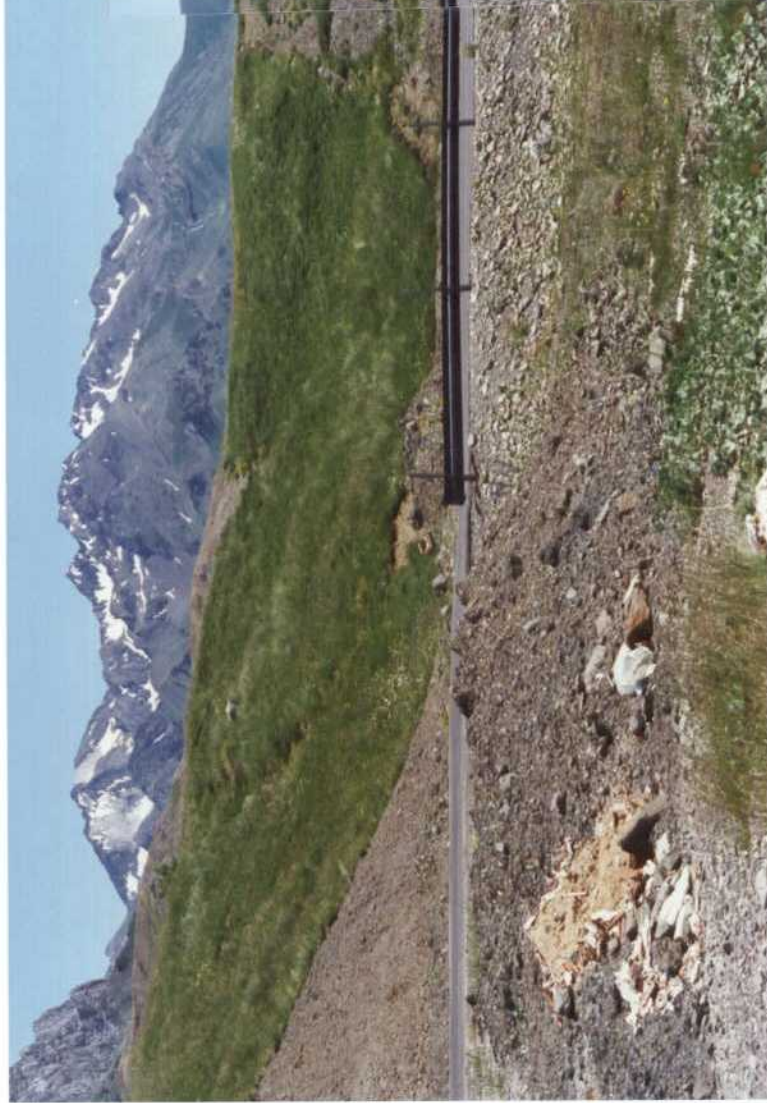
16A-17



Panorámica n.º 3 .: (Situación B). Vista desde su costado derecho del proceso de socavación de carretera por filtraciones desde un sumidero formado en la cuneta interior, a la izquierda de la fotografía que indica ya un antecedente claro de la tendencia general de los materiales a discurrir por el talud siendo posteriormente socavados por el río.



3A-4



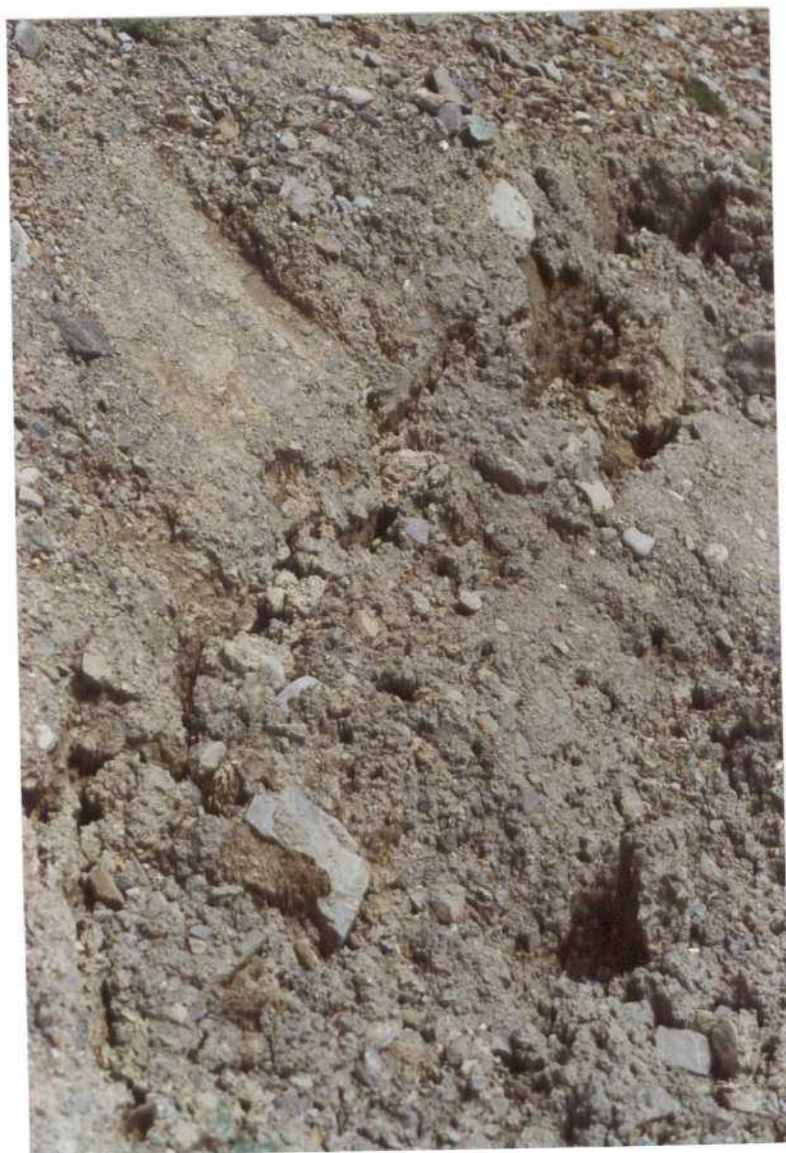
4A-5



Panorámica n.º 4 .: Vista frontal de la situación de la carretera en el punto B. Obsérvese como ha sido preciso el ir rellenando con grava de río el badén creado por las filtraciones .



Fotografía 3. Detalle de la grieta sobre la calzada en el costado derecho del deslizamiento (Situación A).



14A-15

Fotografía 4. Detalle de la subsidencia de los materiales hacia el interior del terraplén, en la zona del sumidero. Obsérvese la humedad del material responsable directa del proceso.





Fotografía n.º 5 .: El deslizamiento superficial de ese pequeño talud produce represamientos en la cuneta interior de la carretera agravando progresivamente el problema de socavamiento. Por filtraciones del terraplén de la carretera.



Fotografía n.º 6.: Vista del desplazamiento horizontal sufrido por la calzada y de los rellenos precisos de forma periódica para suavizar el escalón producido por las grietas laterales del deslizamiento (Situación A).





Fotografía n.º 7.: Vista de la zona de represamiento y sumidero de escorrerías y de los parches precisos en la calzada para permitir el tráfico. (SituaciónA).

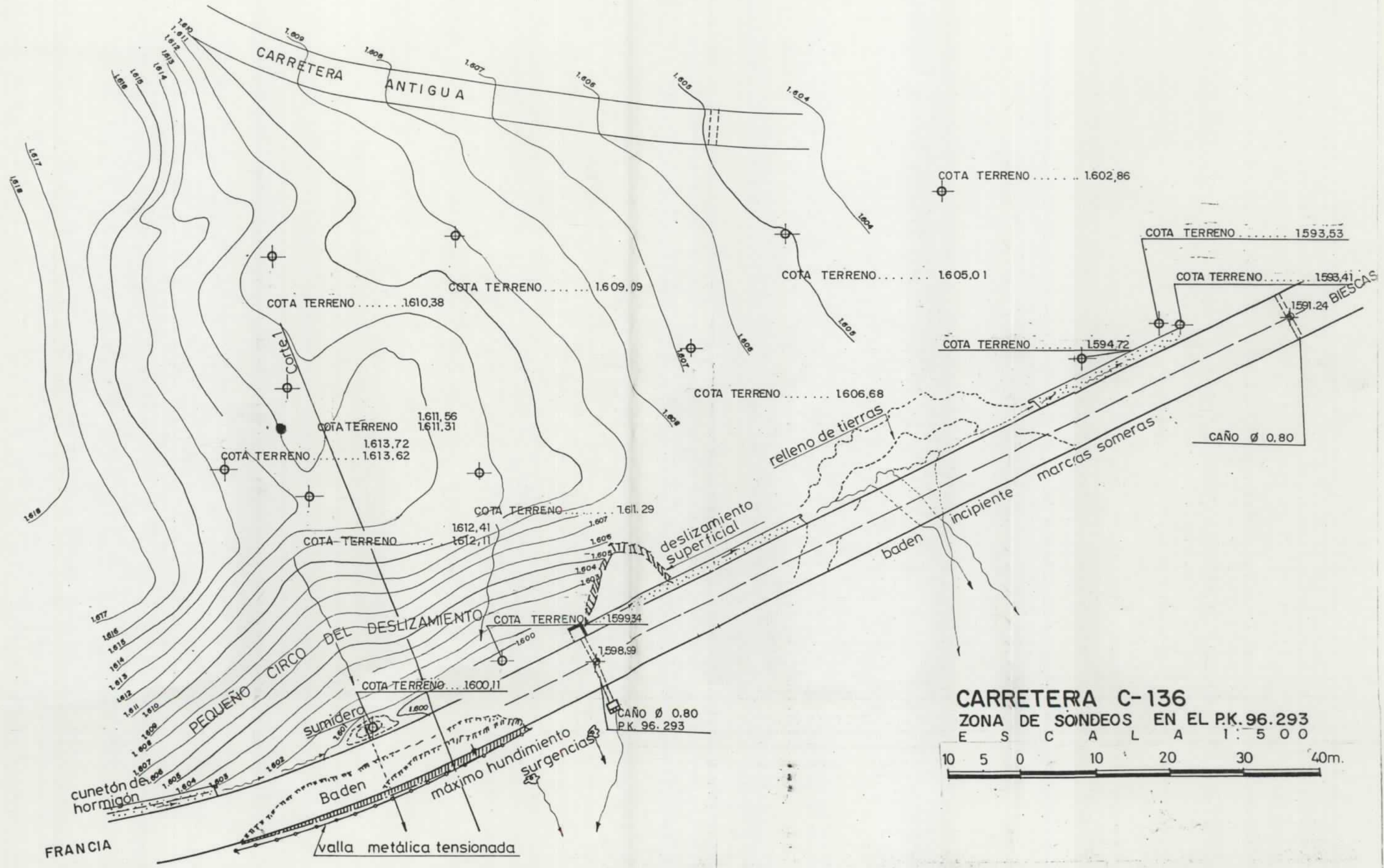
17A-18



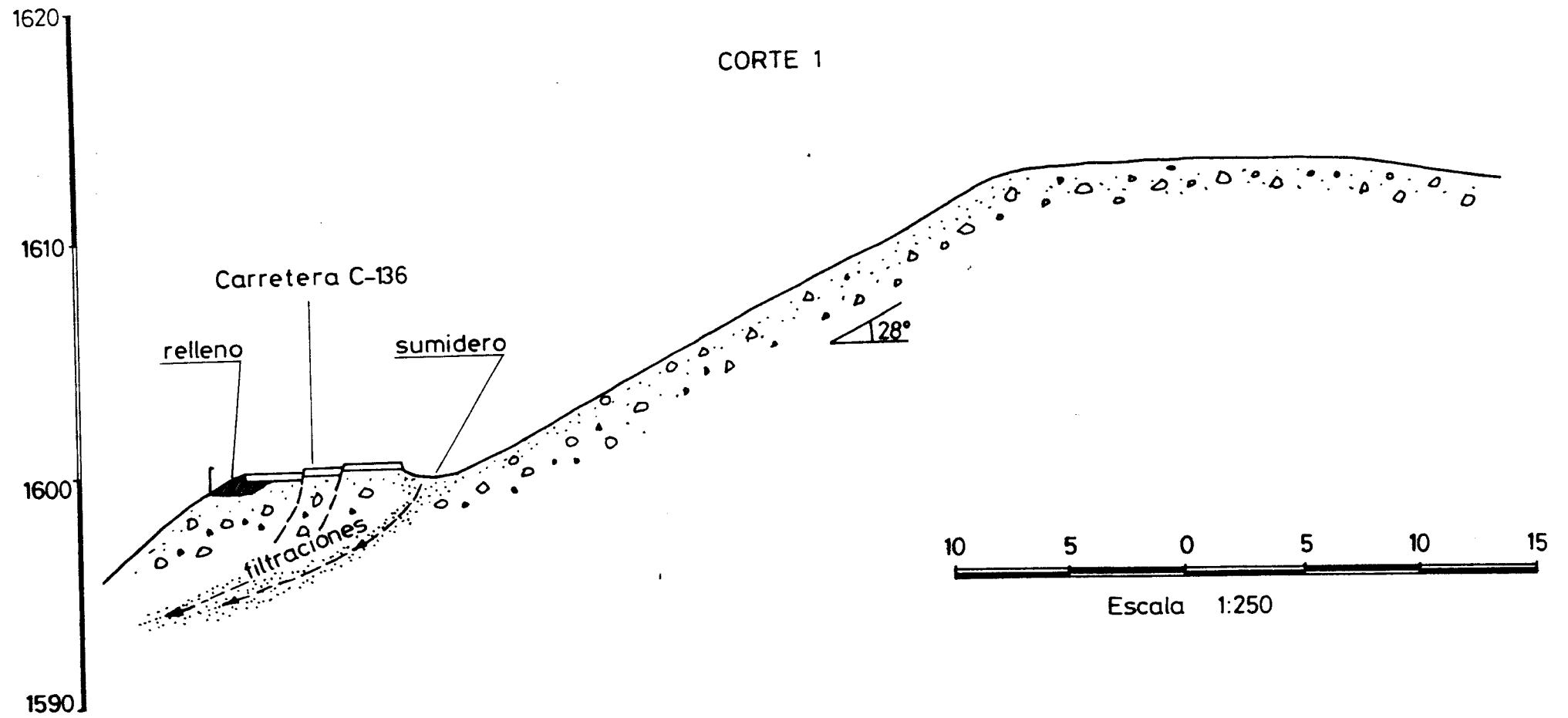
Fotografía n.º 8.: Vista del terraplén de la carretera y de las defensas de escollera puestas para evitar que el fenómeno progrese. Véase justo por encima del escollerado la masa deslizada, que coincide con el intervalo de carretera afectada, y que ha sido erosionado progresivamente en su proceso de descenso por el río.

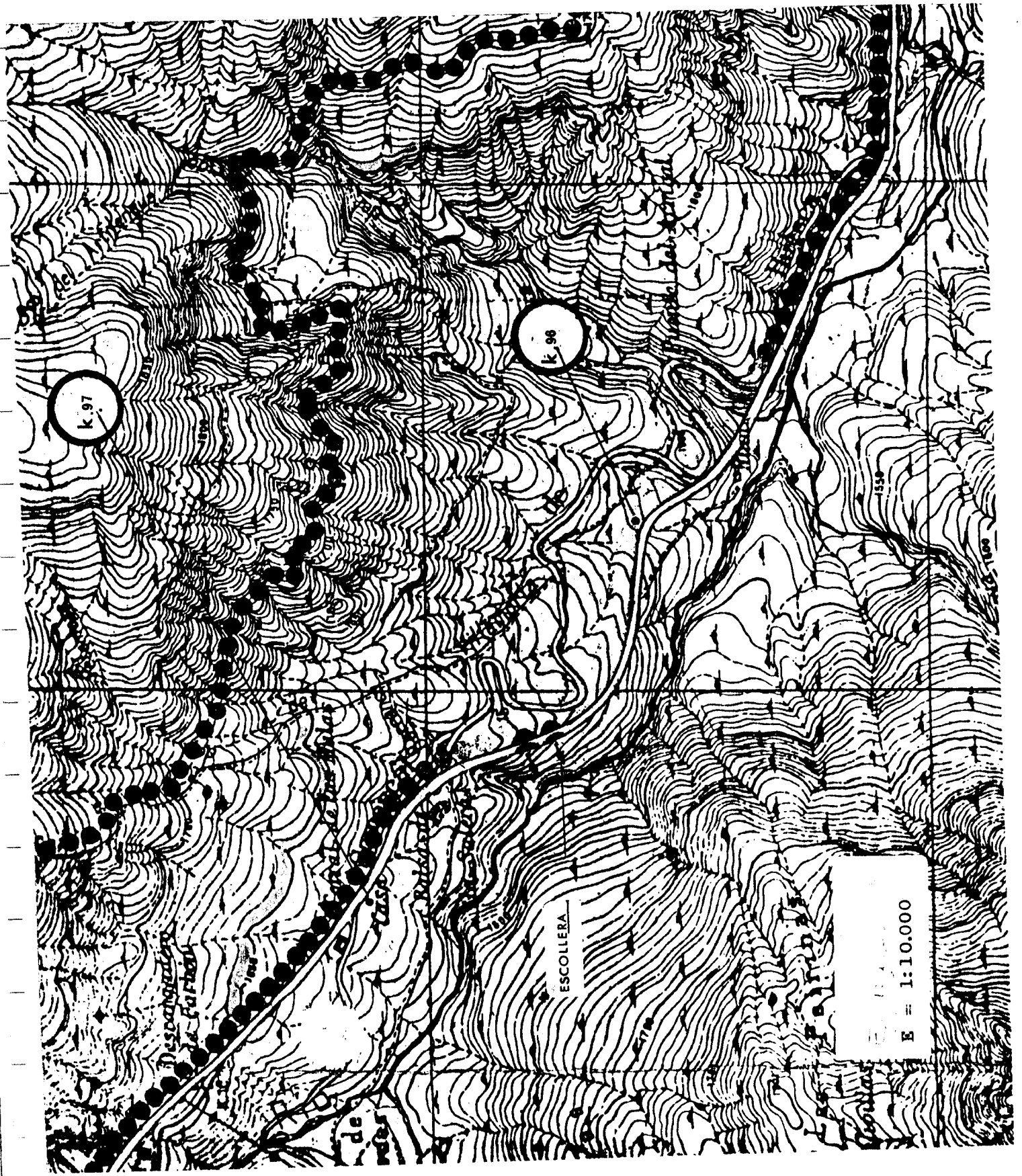


II. Planos y Cortes



CARRETERA C-136
 ZONA DE SONDEOS EN EL P.K. 96.293
 E S C A L A 1 : 5 0 0
 10 5 0 10 20 30 40m.





III. Ensayos de Laboratorio

CLIENTE: Punto 5.
- Carretera C-136, Km. 96,00-97,00.

Verificado

Dibujado

CUADRO GENERAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO

SONDEO Nº																		
MUESTRA Nº	1	2																
PROFUNDIDAD m	Superf.	Superf.																
U.S.C.S.																		
w (%)	10,2	10,9																
γ (t/m ³)	1,92																	
γ_d (t/m ³)	1,74																	
γ_o (t/m ³)																		
w _L (%)	36,4	31,1																
w _p (%)	20,8	18,8																
I _p (%)	15,6	12,3																
pasa T-200 (%)	21,9	29,0																
retenido T-4 (%)	54,2	37																
C _c																		
q _u (kg/cm ²)																		
E (%)																		
c (kg/cm ²)					0,1													
Ψ (°)					32													
Ph (kg/cm ²)																		
E _n (%)																		
PROCTOR	H. opt (%)																	
	γ (máx. (t/m ³))																	
LAMBE	Cambio potencial de volumen																	
	Clasificación																	
Mat org (%)																		
SO ₃ (%)																		
CO ₃ Cu (%)																		
K (cm/seg)																		

O.G./L/04/D/500/Sept.1975/A-4

GEONOC
S.A.

CLIENTE
Carretera C-136 (Kilómetro 96, 0-97, 0)
Punto n.º 5

Plano
n.º

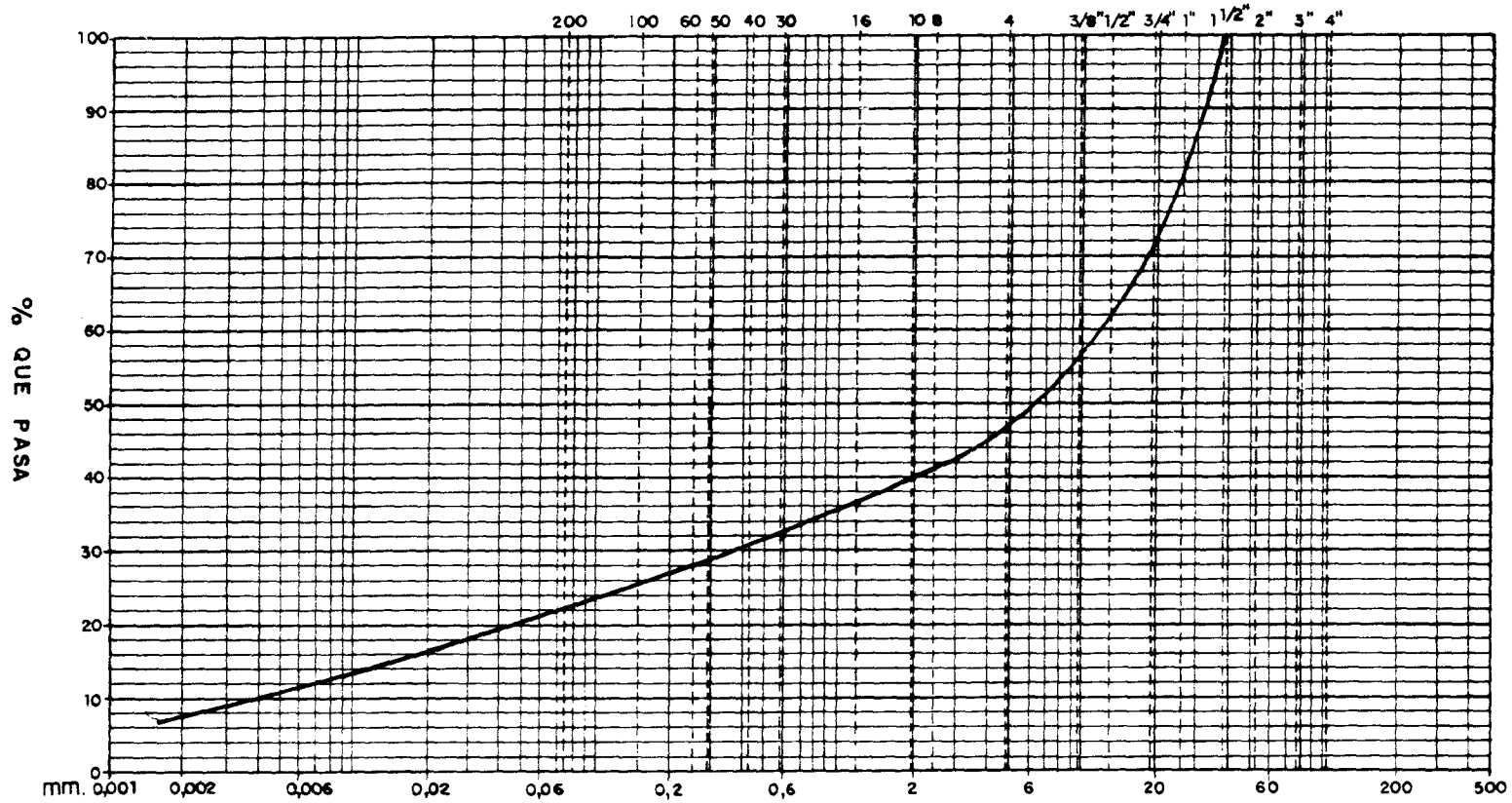
Escala:

SEMILOGARITMICA

GRANULOMETRIAS

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.
1	Punto 1. (Punto 5)	Superf.	

GEONOC
S.A.

CLIENTE
Carretera C-136 (Kilómetro 96,0-97,0).
Punto n.º 5.

GRANULOMETRIAS

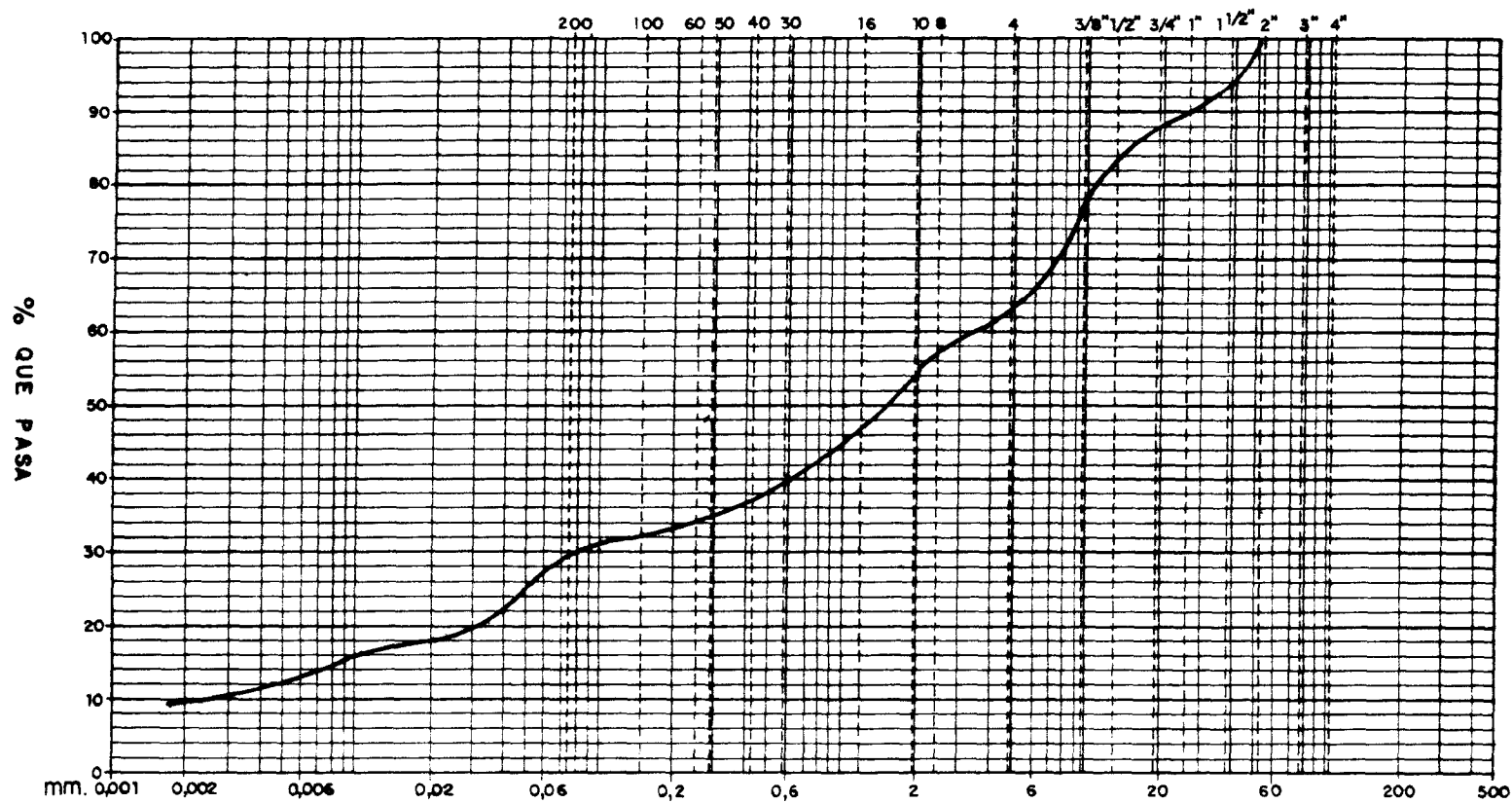
Plano
n.º

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.
2	Punto 5		

CLIENTE Carretera C-136 (Kilómetro 96,0-97,0)
Punto N.º 5.

Verificado

Dibujado

DESIGNACION

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Sondeo nº

Profundidad

Curvas de rotura y línea de resistencia intrínseca

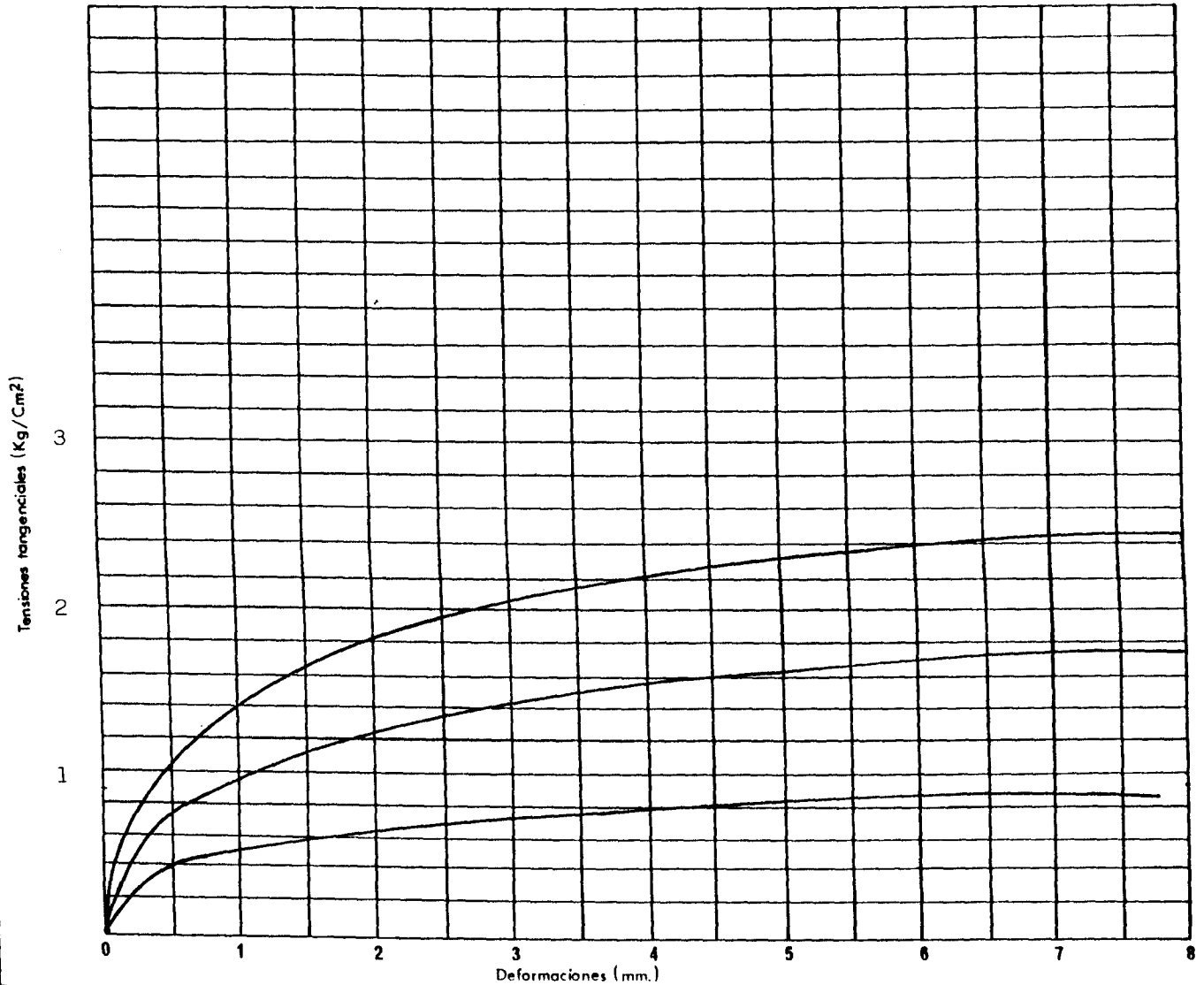
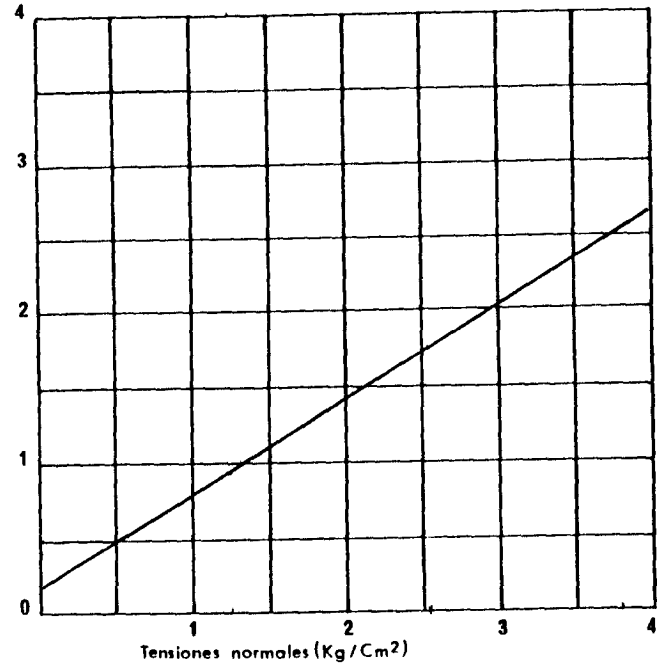
Pto. 5

Sallent 2 m

Probeta nº	I	II	III
σ_v (Kg/Cm ²)	1,28	2,56	3,83
% Humedad inicial	19,-	19,-	19,-
% Humedad final	16,6	15,4	14,1
Tiempos de rotura	32'	32'	32'

$$\varphi = 32^\circ$$

$$c = 0,1 \text{ Kg/Cm}^2$$



CLIENTE: Carretera C-136 (Kilómetro 96,0-97,0)

Verificado

Punto n.º 5.

Dibujado

DESIGNACION:

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Sondeo n.º

Profundidad

Curvas de consolidación

Pnto.5

Sallent -2- m

Lectura inicial del cuadrante con carga nula = 1.000

Altura de las pastillas = 20 mm.

