

DICTAMEN SOBRE LAS CONDICIONES DE ESTABI
LIDAD DE LA Balsa DE RESIDUOS MINEROS DE
PINZALES. (ASTURIAS).

((Faltan análisis de
stabilidad)).

SICOM: 87521

01253

Este estudio ha sido realizado por el siguiente equipo:

- D. Francisco Javier Ayala Carcedo.

Ingeniero de Minas,

Director del Estudio. I.G.M.E.

- D. Vicente Aparicio Valls.

Licenciado en CC. Geológicas. GEONOC, S.A.

- Don Guillermo O. Conconi.

Ingeniero Civil. GEONOC, S.A.

- D. José Antonio Grao del Pueyo.

Licenciado en CC. Geológicas. GEONOC, S.A.

- D. Alberto Gracia Bernal.

Licenciado en CC. Geológicas, GEONOC, S.A.

I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.
- 3.- DESCRIPCION.
- 4.- ENCUADRE GEOLOGICO.
- 5.- PROBLEMATICA.
 - 5.1. De estabilidad.
 - 5.1.1. De la presa de residuos.
 - 5.1.2. Del entorno.
- 6.- PROBLEMATICA MEDIO AMBIENTAL.
- 7.- ESTUDIO HIDROLOGICO. DRENAJES.
- 8.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS.
 - 8.1. Toma de Muestras.
 - 8.2. Ensayo de Laboratorio.

- 8.2.1. Límites de Atterberg.
- 8.2.2. Granulometrías.
- 8.2.3. Pesos específicos, humedad natural,
porosidad y grado de saturación.
Consistencia.
- 8.2.4. Ensayo Edométrico.
- 8.2.5. Corte Directo.

9.- ANALISIS DE ESTABILIDAD.

10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

11.- BIBLIOGRAFIA.

A N E X O S

- I. ENSAYOS.
- II. FOTOGRAFIAS.
- III. PLANOS Y PERFIL.

El Instituto Geológico y Minero de España, I.G.M.E., ha realizado con la colaboración de GEONOC, S.A. un estudio de estabilidad y restauración de varias escombreras y balsas de residuos en Asturias.

Este trabajo se realiza dentro del convenio marco suscrito por el I.G.M.E. y el Gobierno de Asturias.

En este informe se presenta el estudio realizado en la balsa de residuos de la minería de fluorita de Fontaciera (Asturias).

Diciembre de 1.987.

1.- INTRODUCCION.

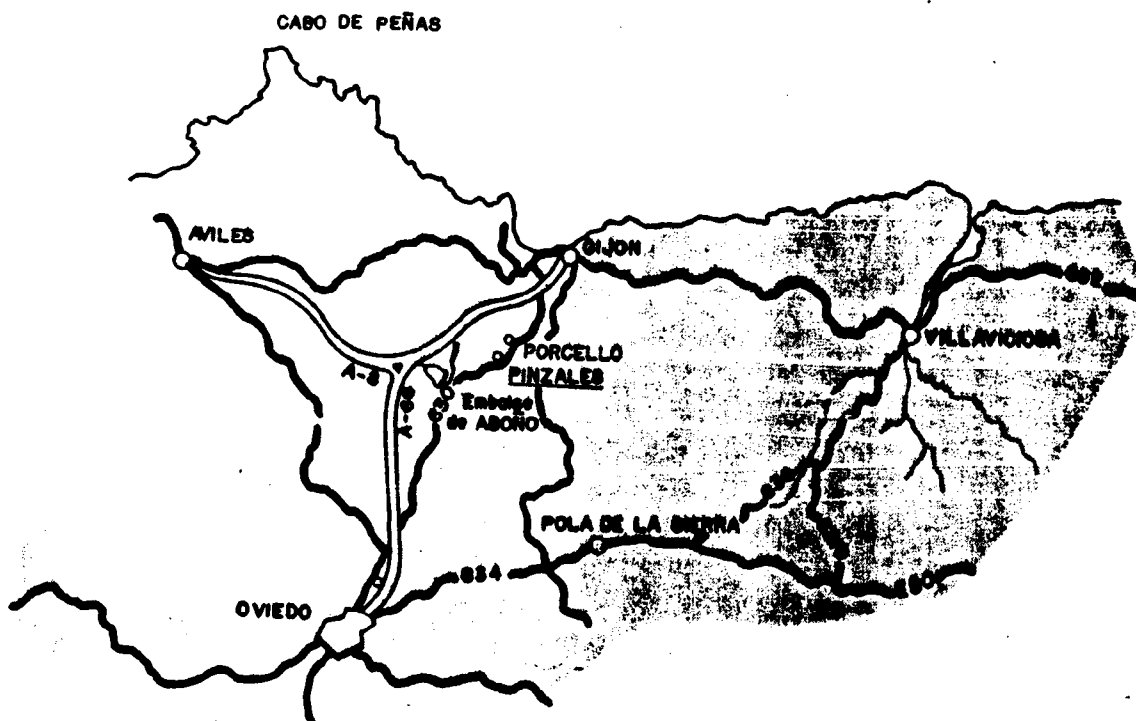
"Las escombreras y presas de estériles productos residuales de la actividad minera, son unas estructuras sometidas a una dinámica conflictiva".

Como indica D. Ramón Querol Muller, la exigencia de la demanda de materias primas con frecuencia se enfrenta con otra exigencia social de respeto al medio ambiente, y los requisitos de seguridad.

Por desgracia, abundan los ejemplos en los que una desordenada actividad industrial o minera produce fuertes impactos ambientales, y en algunos casos, aún más desgraciados, movimientos de terreno o escombros con grave saldo de vidas humanas.

En el presente estudio se analizan tanto los factores de estabilidad de la presa de residuos como del terreno colindante y los agentes que pueden intervenir como causa-agente de una eventual inestabilidad.

2.- LOCALIZACION Y ACCESOS.



- Figura de Localización y Accesos.

La zona donde se enclava el objeto de nuestro estudio se encuentra en la Provincia de Asturias, al NE. de su capital Oviedo.

El acceso a Pinzales se hace desde Oviedo por la Carretera Nacional 630 (Oviedo-Gijón). Y una vez pasado el Embalse de Aboño y cruzado el puente del ferrocarril, en la misma Carretera se divisa, metida en un valle lateral, a la derecha, la balsa de residuos. Contrasta sobre el verde paisaje una masa de color blanco, de arena, que cierra un pequeño valle.

3.- DESCRIPCION.

La presa de residuos está constituida con un esquema normal de presa en valle, con un colector de paso de escorrentías, que constituye igualmente el dren del lago de la balsa aguas arriba. A este colector se accede a través de chimeneas o torres de decantación. (Figura 2; fotografías 6 y 7).

La presa está formada por arenas limpias y homogéneas, con taludes iniciales próximos a 30° aguas abajo y más suaves aguas arriba.

Sus dimensiones son 170 m. de anchura y 210 m. de longitud total de rellenos, el plano de la balsa de lodos tiene una forma aproximadamente romboide de unos 5.000 m².

El lago tiene aproximadamente 30 m. de longitud. (Ver perfil transversal y fotografía n.º 6; anexos).

El dique ha tenido sucesivos recrecimientos por medio de ciclón (no hay huellas de vertidos por otros sistemas); lo que le dá un perfil irregular con pendientes muy variables en función de la colocación en cada caso del ciclón (ver perfiles).

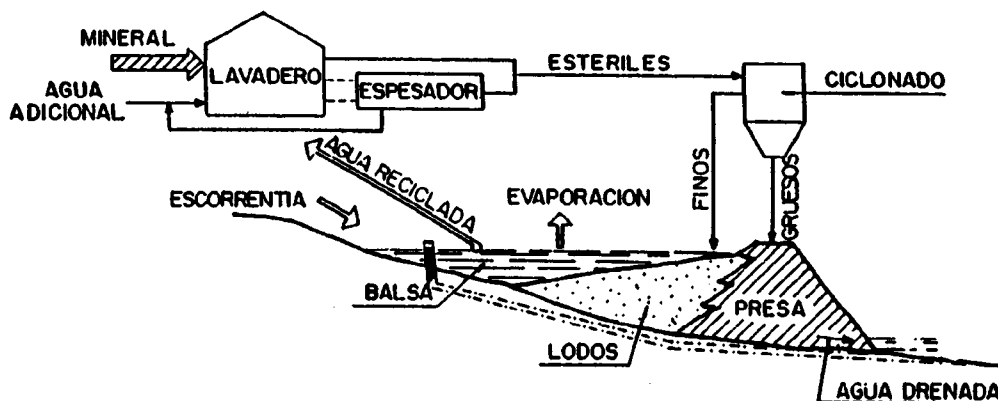


Figura 2. Esquema de construcción y desarrollo de una balsa de residuos mineros.

La balsa se ubica en un valle fluvial, de fuertes pen
dientes, en las que hay señales evidentes de deslizamientos en
las proximidades (fotografía 3). Movimientos que aparentemente
no parecen afectar al dique.

4.- ENCUADRE GEOLOGICO.

La balsa de residuos del Arroyo de Pinzales está situada en la cobertera Mesozoico-Terciario de la Zona Cantábrica, al Norte de la Cuenca Carbonífera Central. Dicha cobertera está constituida (de muro a techo) por conglomerados silíceos y areniscas rojas del Buntsandstein y arcillas con margas y yesos de tonos rojizos o verdosos atribuidos al Keuper. El Jurásico está representado por materiales calcáreo-dolomíticos, que corresponden al Lías inferior, así como por conglomerados silíceos transgresivos que se atribuyen al Malm o al Dogger-Malm.

Los afloramientos cretácicos están representados por arenas en la parte baja con intercalaciones margosas y calcáreas y por calizas en la parte alta.

Por encima del Cretácico, aparecen niveles terciarios continentales o lacustres. La serie está representada en su parte inferior por arcillas abigarradas y calizas margosas blancas que localmente contienen yeso atribuidas al Eoceno (Ludiense).

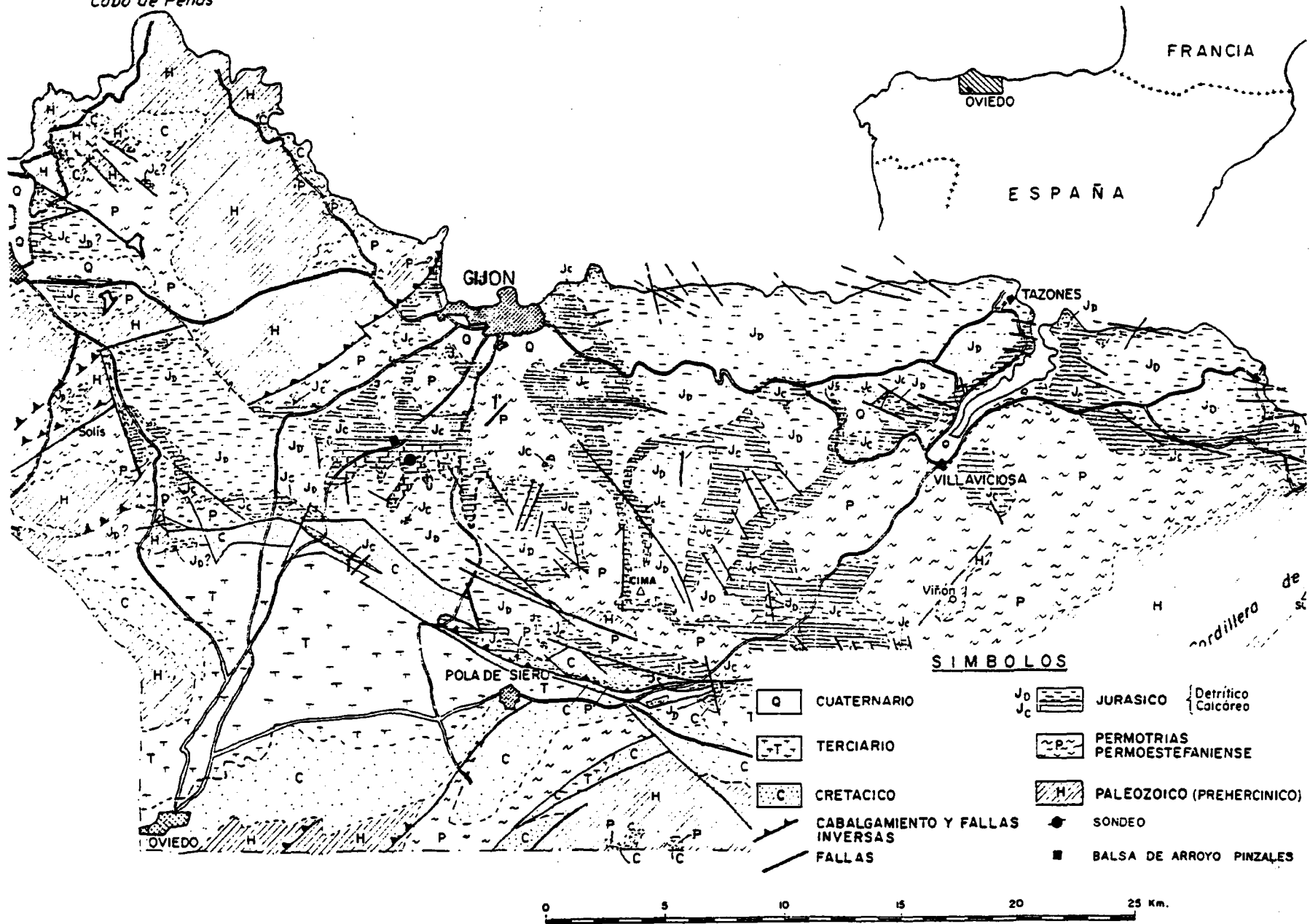
Encima aparecen las margas arenosas rojizas y otros materiales que han sido atribuidos por la mayoría de los autores al Oligoceno.

Sobre la rasa costera, situada aproximadamente entre los 90 y 100 m. suele existir depósitos cuaternarios de naturaleza diversa.

Por tratarse de una plataforma de abrasión es frecuente la presencia de depósitos de origen marino. Asimismo aparecen depósitos aluviales y terrazas en los principales ríos.

La balsa objeto de este estudio se enclava sobre un suelo vegetal arcilloso que se ha desarrollado sobre materiales carbonatados del Lías (Jurásico inferior). Estos depósitos están constituidos por una alternancia de margas y calizas tabulares de aproximadamente 90 m. de potencia (datos extraídos a partir del sondeo señalado en la figura 1). Posteriormente aparecen unas margas y arcillas rojas correspondientes al Keuper y que continúan hasta el final del sondeo. (Profundidad total: 425 m.).

La dirección de las calizas tabulares en los estribos de la presa de residuos es N. 20 W. y el buzamiento 15° N.



FRANCIA

ESPAÑA

GIJÓN

TAZONES

VILLAVICIOSA

POLA DE SIERO

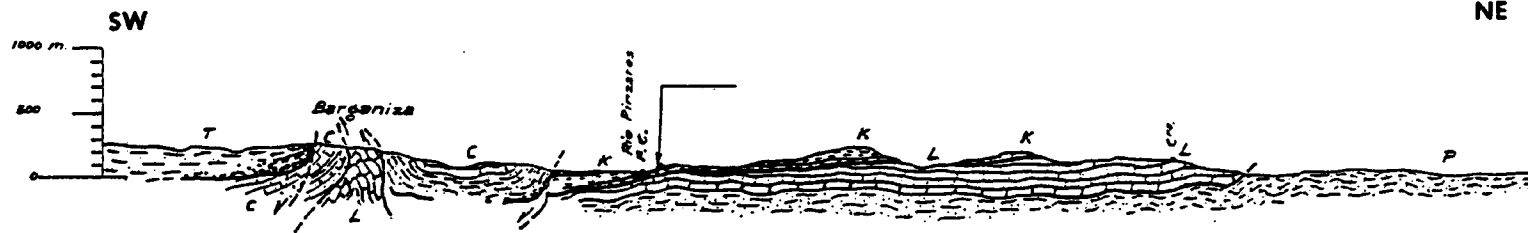
OVIEDO

SIMBOLOS

- | | | | |
|---------------------|------------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| Q | CUATERNARIO | J _p | JURASICO {
Derritico
Calcáreo |
| J _c | | J _c | |
| T | TERCIARIO | P | PERMOTRIAS
PERMOESTEFANIENSE |
| C | CRETACICO | H | PALEOZOICO (PREHERCINICO) |
| (Symbol with arrow) | CABALGAMIENTO Y FALLAS
INVERSAS | ● | SONDEO |
| (Symbol with slash) | FALLAS | ■ | BALSA DE ARROYO PINZALES |



CORTE GEOLOGICO 1-1'



LEYENDA

- T = Terciario
- C = Cretácico indiferenciado
- K = Kimmeridgense
- L = Lías
- P = "Permo-Trías"



ESCALA 1:50,000

SERIE DE PINZALES.

(Hoja núm. 29 M.T.N., lat N. 43° 29' 10"; long. W. 2° 01' 12").

Techo: Conglomerado de elementos de cuarcita, posiblemente del Jurásico detrítico. Contacto con las series inferiores no visible.

- 3.300 cm. Caliza margosa de tonos gris-pardos. Con interestratos secundarios.
- 1.950 cm. Caliza margosa de tonos pardos, ligeramente arenosa hacia la base. Estratificada en bancos gruesos separados por delgadas capas margosas.
- 1.600 cm. Calizas pardas y grises en bancos de unos 50 cm. de espesor medio.
- 1.450 cm. Calizas grises de estratos de escaso espesor (4 a 18 cm.) en que se pueden hallar lechos de lamelibranquios (Calizas tableadas, muy bien desarrolladas un poco más al N., en La Pedrera).
- 600 cm. Margas de tonos pardos y grises coronadas por un banco calizo gris bastante potente.
- 1.200 cm. Caliza magnesiana gris con laminaciones paralelas e irregulares que son resaltadas por la meteorización diferencial. Presentan alguna intercalación arcillosa y tanto al muro como al techo son carniolosas.
- 1.175 cm. Calizas magnesianas arcillosas y arcillas grises, pardas rojizas y negras. Estos niveles que se siguen en la carretera general Adanero-Gijón, entre los Km. 463,5 y 464,5 y en los que son frecuentes las laminaciones paralelas, en detalle son como sigue a techo de muro:

- 1) 100 a 200 cm. Caliza magnesiana margosa gris, oquerosa, con una marcada superficie de discontinuidad en su techo. Precisamente en los puntos en que el muro de este banco se adentra en forma de V en el techo del inferior, se encuentra constituido por una brecha margo-caliza.
- 2) 130 a 230 cm. Arcillas y margas gris azuladas, que en algún punto pueden ser algo rojizas y pardas, con leves intercalaciones más carbonatadas. En su techo se observa la cicatriz aludida, rellena por el estrato superior, de ahí sus oscilaciones de espesor.
- 3) 125 cm. Brecha de caliza magnesiana gris.
- 4) 145 cm. Caliza magnesiana y arcillosa, en bancos de escaso espesor e interestratos despreciables.
- 5) 150 cm. Arcillas y margas gris oscuro, azuladas, con nódulos carbonatados. Lateralmente se observa en este nivel una especie de "boundinage".
- 6) 100 cm. Calizas magnesianas amarillentas, muy arcillosas.
- 7) 150 cm. Brecha de caliza magnesiana oquerosa. Lateralmente pasa a calizas margosas gris-amarillentas con pequeñas vacuolas u oquedades.
- 8) Al muro aparecen unos tramos margo-arcillosos de tono gris y rojizos de 175 cm. de espesor cuyo límite inferior no es visible.
Muro. No visible.

5.- PROBLEMATICA.

5.1. De estabilidad.

5.1.1. La Presa de residuos.

5.1.2. Del entorno.

5.1.1. La Presa de residuos.

La Presa de residuos mineros de Fontaciera hay que considerarla como una duna de arenas finas, limpias y homogéneas, de estructura caótica (producto de recrecimiento por ciclonado), que cierra un valle fluvial, en el que se ha constituido la balsa de lodos.

Plantea pues dos problemas de estabilidad:

1) Inestabilidad de las laderas por pendientes excesivas o saturación y 2) Erosión interna por infiltración a través del material arenoso.

Existe un factor de inestabilidad que afecta a los dos problemas antes citados: la deficiente e insuficiente canalización de desagüe de las chimeneas, que pueden acelerar la erosión interna y saturar el material hasta provocar o desencadenar una inestabilidad latente.

Si se estudia el perfil del talud aguas abajo, se puede apreciar cierta convexidad (fotografía 5) producida por el proceso de erosión interna.

En la fotografía 11 se puede observar una cuneta que discurre por el pie de la escombrera, que se halla rota e insertable, cubierta de vegetación.

La tubería de desagüe de las torres (fotografía 7), que tiene un diámetro de $\emptyset = 50$ cm. podría haberse roto por el hundimiento del pie de la presa, comentado anteriormente. En la fotografía 8, tomada en el talud aguas arriba de la presa, se pueden apreciar los signos de erosión por escorrentía que aparece en la misma fotografía, o el de la posterior, que indican un proceso de erosión interna, muy preocupante.

El fenómeno de "sifonamiento" o erosión interna se manifiesta, cuando la presa retiene suficiente carga de agua, como verdadera licuefacción de una masa de terreno. El agua alcanza un gradiente vertical adecuado para anular las presiones efectivas.

El fenómeno que se desarrolla en nuestro caso es el denominado de "tubificación" (JIMENEZ SALAS, J.A. et al., 1.975). Que consiste en la apertura, por erosión regresiva de uno o varios conductos que se manifiesta en superficie por orificios (ver fotografía n.º 9) en los que el material que se encuentra presenta un empaquetamiento muy laxo, y una relación en la granulometría mayor (falta la fracción más fina).

Estos conductos, si las circunstancias no varían, irán aumentando de sección y pueden conducir a deslizamientos catas tróficos.

Esta condición de sifonamiento, en principio, es independiente del coeficiente de permeabilidad del terreno y de su naturaleza, pero está observado (JIMENEZ SALAS, J.A. el al. de 1.975) que el fenómeno puro se presenta precisamente en arenas finas.

Según Taylor (1.961) esto se debe a que el caudal que precisan es menor que en suelos más gruesos.

5.1.2. Del entorno.

En la ladera izquierda sobre la que se asienta la bal sa (ver fotografía n.º 3) se observan huellas de pequeños deslizamientos o reptaciones superficiales. Lo escarpado de la topografía en esta zona favorece que cuando los materiales son muy arcillosos (como en nuestro caso) en función de la alta pluviometría, la inestabilidad latente se manifiesta en forma de pequeños deslizamientos de ladera.

Este fenómeno no parece afectar en nada la situación de la balsa de residuos.

6.- PROBLEMATICA MEDIO AMBIENTAL.

Desde el punto de vista medio ambiental, el problema principal es, junto a la interrupción del curso fluvial, sin la canalización apropiada; es, decíamos, el fuerte impacto visual que causa una duna de arena fina y amarilla en el paisaje verde de Asturias, junto a una carretera de tráfico intenso (fotografía número 1).

La colonización vegetal de la presa se reduce a unos equisetos en el pie de la ladera aguas abajo.

7.- ESTUDIO HIDROLOGICO. DRENAJES.

La balsa de residuos de Arroyo Pinzales constituye una presa del valle con una cuenca de aporte algo superior a los 300.000 m². Los aportes de agua que llegan a la misma junto con las embalsadas se evacuan mediante chimeneas de decantación. Si los aportes son superiores a la capacidad de evacuación del colector, el agua representada se puede infiltrar (favorecido por la alta permeabilidad de los materiales que constituyen la presa) produciendo erosión interna y desestabilizando dicha presa. Por este motivo, se considera importante prestar especial atención al drenaje.

Para evaluar los caudales que deberán ser evacuados hemos recurrido a varias fórmulas empíricas que hacen depender el valor del caudal de área de la cuenca de aporte, coeficientes correctores, periodo de tiempo considerado, etc.

Adjuntamos también los Mapas de pluviometría, termométrico (temperaturas anuales medidas en °C) y de lluvia útil en el que figura la situación de la balsa de residuos estudiada. (Anexo III).

Todos estos factores guardan importante relación con los aportes de agua de las distintas cuencas y con el ajuste de las fórmulas que permiten determinar dichos aportes. (Ver anejo planos).

En el caso particular de la balsa de residuos estudiada se han hallado los siguientes valores de caudales máximos:

SANTI: $Q(m^3/seg) = C S^{1/2}$; $C = 33$; $T = T$. año. 18,19 m^3/seg .

VALENTINI: $Q(m^3/seg) = 27\sqrt{S}$; 14,88 m^3/seg .

QUIJANO: $Q(m^3/seg) = 17 S^{2/3}$; 7,68 m^3/seg .

ZAPATA: $Q(m^3/seg) = 21 S^{0,6}$; 10,2 m^3/seg .

Para una superficie de la cuenca de aporte de 303.890 metros cuadrados.

La balsa de residuos tiene actualmente un canal cerrado de 50 cm. de \emptyset interno (D . 0,5 m.) con una pendiente del 6,6 %.

Para estos valores y suponiendo que dicho conducto es tuviera en perfecto estado (hecho que no ha sido comprobado) obtendríamos un caudal máximo de 1,05 m³/segundo.

Este valor es muy inferior al caudal máximo previsible (18 m³/segundo).

Para poder evaluar este caudal sería necesario un canal cerrado de hormigón de:

$$D = 1,50 \text{ m.}$$

$$n = 0,013$$

$$i = 0,066$$

Para evacuar el caudal máximo previsible, se ha considerado la instalación de un canal cerrado que se rige por los parámetros que a continuación se describen.

Segmento de círculo.- queda determinada por dos elementos: r y θ siendo r el radio, en metros del conducto, y θ° el ángulo de los radios que subtienden la superficie libre.-

$$h = r \left(1 - \cos \frac{\theta}{2} \right)$$

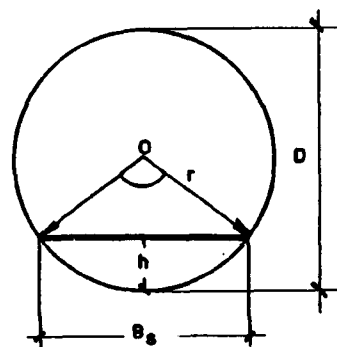
$$B_s = 2r \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

$$\Omega = \frac{r^2}{2} \left(\theta - \sin \theta \right)$$

$$\theta = \frac{r}{180^\circ} \theta^\circ = 0,0174533 \cdot \theta^\circ$$

$$X = r \cdot \theta$$

$$R = \frac{r}{2} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)$$



Para la sección segmento del círculo, siendo D el diámetro del conducto se tiene:

Condición de CAUDAL MAXIMO (Qmax):

$$h = 0,94 D$$

$$\theta^\circ = 303^\circ 17' 06''$$

$$\theta = 5,2933218 \text{ radianes.}$$

$$\Omega = 0,7661591 \cdot D^2$$

$$X = 2,6466609 \cdot D$$

$$R = 0,2894815 \cdot D$$

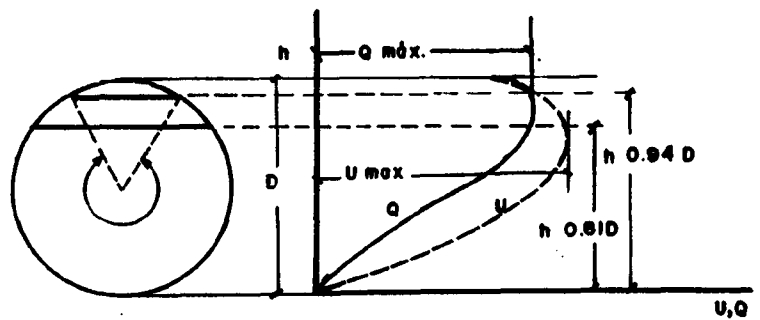
$$Q_{\text{máx}} = 0,335273 \frac{D^{8/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$

$$Q_{\text{máx}} = 0,395503 \frac{h^{8/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$

$$Q_{\text{máx}} = 0,7661591 \cdot D^2 \cdot U$$

$$U = 0,437602 \frac{D^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$

$$U = 0,456030 \frac{h^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$



Siendo: n el coeficiente de rugosidad de Manning (que vale 0,013 para hormigón); U la velocidad media correspondiente al caudal máximo; i la pendiente del canal cerrado.

La alternativa a una conducción subterránea es realizar dos canales o cunetas perimetrales.

Para el cálculo de estas cunetas se ha dividido la cuenca de recepción de aportes en dos áreas (ver plano n.º 2). 1.º canales y 2.º "área de aportes laterales" que vierten directamente sobre el canal. De esta forma minimizamos el cálculo más desfavorable sobre posibles aportes y proponemos una solución menos costosa.

- Parámetro de partida para los cálculos:

$Q = 5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ en cada uno de los canales, total a $10 \text{ m}^3/\text{seg.}$ lo que nos dá un factor de seguridad de 1,5 respecto del caudal máximo posible de esta área.

- Para la construcción de las cunetas se proponen dos modelos:

a) Cunetas trapezoidales.

$$Q = 5 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$i = (\text{pendiente general}) = 10 \text{ \%}.$$

$$m = (\text{pendiente de las paredes del canal}) = \frac{1}{4}.$$

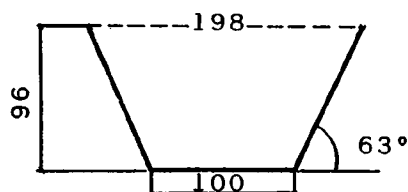
$$h = 0,96 \text{ m.}$$

$$B_f = 1,00 \text{ m.}$$

$$B_s = 1,98 \text{ m.}$$

$$(\text{sección}) = 1,67 \text{ m}^2$$

$$v (\text{velocidad}) = 2,99 \text{ m/seg.}$$



b) Cunetas rectangulares.

$$Q = 5 \text{ m /seg.}$$

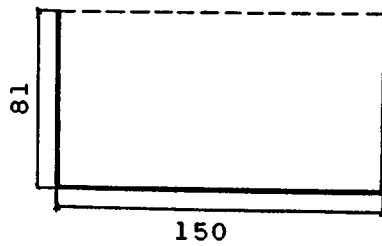
$$i = 10 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$$

$$h = 0,81 \text{ m.}$$

$$B_f = 1,50 \text{ m.}$$

$$= 1,31$$

$$v = 3,8 \text{ m/seg.}$$



8.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS.

De acuerdo con el programa previsto el examen y reconocimiento del material que constituye la presa se ha realizado mediante la toma de cinco muestras; dos inalteradas (B-I-1) y (B-I-2) y tres alteradas (B-A-1), (B-A-2) y (C-A-1). La localización de los puntos en los que se han tomado se encuentra en el anexo III (Perfiles).

Sobre las muestras extraídas se han realizado una serie de ensayos Standard en nuestro Laboratorio de Mecánica de Suelo.

8.1. Toma de Muestras.

Las muestras inalterada (B-I-1) y (B-I-2) se han tomado a pocos centímetros de la superficie; la primera en la parte anterior del dique y la otra en la parte posterior.

Las muestras alteradas (B-A-1) y (B-A-2) se han tomado en los mismos puntos y corresponden al mismo material.

La muestra (C-A-1) se ha tomado de la ladera derecha sobre la que se encuentra la Balsa. Del terreno natural, del suelo, una vez eliminada la capa superior vegetal.

8.2. Ensayos de Laboratorio.

Dentro del conjunto de trabajos encaminados a conocer las características del terreno los ensayos de laboratorio definen los parámetros fundamentales utilizados en los cálculos.

Con las muestras procedentes de la investigación en el campo se han efectuado ensayos de identificación (límites, granulometrías,...).

A partir de este conocimiento previo se han realizado ensayos mecánicos de deformabilidad y resistencia al corte (compresión simple,...) de los cuales se deducen las características geotécnicas más importantes, que intervienen en las conclusiones de la presente memoria.

El tipo y número de ensayos realizados ha sido el siguiente:

<u>ENSAYO</u>	<u>MUESTRAS</u>				
	B-I-1	B-A-1	B-I-2	B-A-2	C-A-1
Límites de Atterberg....					x
Granulometrías Sencilla Sedimentac.		x		x	
					x
Humedad Natural	x		x		
Densidad seca	x		x		
Densidad húmeda	x		x		
Corte directo lento		x		x	
Edómetro		x			
Densidad Máxima		x		x	
Densidad Mínima		x		x	

8.2.1. Límites de Atterberg.

La consistencia de un suelo cohesivo disminuye al aumentar el contenido de humedad del mismo. Los distintos contenidos de humedad correspondientes a la frontera entre los distintos estados se conocen como límites de Atterberg.

El límite líquido (W_L) es el contenido en humedad que posee el suelo al pasar del estado semilíquido o viscoso al plástico, el límite plástico (W_p) separa los estados plásti-co y semisólido y la diferencia entre ambos es el Índice de plasticidad (I_p).

La utilidad de los límites de Atterberg como ensayos de identificación estriba en que, debido a la gran profusión de determinaciones ya realizadas, dan una idea de las propiedades del suelo.

Para la muestra (C-A-1) correspondiente al suelo natural sobre el que se asienta la balsa se han realizado ensayos de límites líquido y plástico, y los valores obtenidos son los siguientes.

Límite líquido.....63,8

Límite plástico.....25,6

El índice de plasticidad es de 38,2.

A la vista de estos resultados se pueden clasificar los finos del suelo, que constituyen el 90 % de la muestra como arcillas de alta plasticidad.

Se incluye un diagrama de plasticidad en que se han dibujado los puntos representativos del material que pasa por el tamiz número 40 (Serie A.S.T.M.) de la muestra analizada.

8.2.2. Granulometrías.

La determinación de los distintos tamaños que constituyen los materiales analizados se ha efectuado por tamizado, la representación gráfica de los distintos tamaños de partículas se ha efectuado mediante curvas acumulativas (ver gráficos, granulometrías, anexo I).

Los parámetros característicos del material son:

<u>MUESTRA</u>	<u>TOMADAS</u>	<u>GRAVAS %</u>	<u>ARENAS %</u>	<u>FINOS %</u>	<u>D50 /mm.</u>
B-A-1	en superficie	0	83,2	16,8	0,1
B-A-2	"	0	79,4	20,6	0,095
C-A-1	"	0	10,0	90,0	0,0015

Se han considerado parámetros característicos, además de los porcentajes de gravas, arenas y finos, el D50 ó tamaño promedio que nos indica el diámetro por encima del cual el 50 % de la muestra es mayor y el 50 % menor que él.

A la vista de estos resultados se observa que se trata, en las muestras (B-A-1) 5 (B-A-2) de arenas bien seleccionadas y en la muestra (C-A-1) de una arcilla de grano muy fino con un porcentaje muy bajo del (10 %) de arenas.

8.2.3. Pesos específicos, humedad natural, porosidad y grado de saturación. Consistencia.

Los valores obtenidos para las muestras inalteradas han sido los siguientes:

<u>MUESTRA</u>	<u>PROFUNDIDAD</u>	<u>w %</u>	<u>γ</u>	<u>γ_d</u>	<u>n %</u>	<u>Sr %</u>
B-I-1	- 20 cm.	8,6	1,52	1,40	47,1	25,6
B-I-2	- 20 cm.	9,3	1,42	1,30	50,9	23,92

El peso específico de las partículas (γ_s) se ha supuesto igual a 2,65 Tm/m³ y la porosidad (n) del suelo se ha calculado según la fórmula:

$$n (\%) = \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_s} \times 100$$

La densidad máxima (γ_{máx}) y densidad mínima (γ_{mín}) obtenida en el laboratorio para las muestras B oscila entre:

máx - 1,553 y 1,550

min - 1,258 y 1,244

El grado de saturación de la muestra(Sr) se obtiene a partir de la fórmula:

$$Sr (\%) = \frac{w}{e} \cdot \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

8.2.4. Ensayo Edométrico.

La comprensibilidad en un material granular, debido a su escasa superficie específica, donde las fuerzas físicoquímicas tienen un papel menor que en las arcillas es muy baja.

Las partículas se apoyan entre sí en contactos que se comportan según las leyes de la Mecánica: si las fuerzas transmitidas a través de ellos son suficientemente pequeñas, la deformación es elástica y reversible. Si son mayores se producen aplastamientos en los contactos y deformaciones permanentes.

En nuestro caso se ha realizado un ensayo con tres escalones de carga (ver figuras 6, 7) con la muestra B-A-1 partiendo de $\gamma = \gamma_d$ (B-I-1) a una presión máxima de 8 Kg/cm^2

El índice de compresión obtenido es de 0,094; muy bajo como era de prever en un material granular de naturaleza cuarcítica.

8.2.5. Corte directo.

Para materiales granulares la resistencia al corte aumenta hasta que llega un momento en que se mantiene aproximadamente constante. Durante el corte se produce una disminución de volumen, debido a que la estructura de las partículas es muy abierta y los esfuerzos cortantes tienden a producir colapso de la estructura adoptada por las partículas en una fase anterior.

En nuestro caso de apreciación ángulos de rozamiento entre 37° y 42° mucho mayores al ángulo máximo que presenta el dique de la balsa, por lo que su estabilidad en principio es ta asegurada.

La cohesión es baja como era de esperar en materiales sueltos.

10.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las medidas a tomar se plantean en dos fases; una primera de observación y la segunda ya de actuaciones concretas.

1.- Observar si la tubería de desagüe y sus tres torres (comunicadas por abajo) se encuentran en servicio o están obstruidas. Bombear agua del propio lago que se vertera por el colector observando si evacua eficazmente. Observar asimismo el punto por el que surge el desagüe al otro lado del dique. Comprobando que el caudal no varía respecto al introducido; evaluar el caudal perdido si no es así.

Para observar si la "panza", que forma el dique en su parte anterior, progresa por efecto de la erosión interna, sería interesante establecer un sistema de estacas alineadas según una dirección transversal y a pocos metros de la base.

Observar si existe al pie del dique, en su parte frontal alguna surgencia de agua. Para ello es indispensable limpiar de vegetación el canal perimetral y toda la zona que limita con este.

2.- Actuaciones posteriores.

1. En caso de observarse que el proceso de erosión interna progresa sería interesante acometer alguna actuación sobre el punto-s en el/los que se producen la filtración. Ex cavando en dichos puntos, abarcando una zona alrededor e in- troduciendo una lechada de cemento, no demasiado densa, que penetrase lo más posible en el dique; rellenando y compactan do después.

2. Deseccación del embalsamiento residual, revisión del sistema de drenaje original, excavación de pocos metros (2-3 m.) de un pequeño vaso en ese punto e impermeabilización del mismo a fin de que no pase el agua al dique de arenas y pueda ser evacuada por sus colectores originales.

3. Realización de cunetas o colectores laterales a partir de un punto 150 m. aguas arriba del arroyo que recoge rían el 90 % de los aportes de la zona.

11.- BIBLIOGRAFIA.

- AYALA CARCEDO. F.J. y RODRIGUEZ ORTIZ, J.M. (1.984).
"Análisis de la inestabilidad de escombreras. Aplicación a la minería del carbón de la zona Astur-Leonesa". VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona.

- AYALA, F.J. y RODRIGUEZ ORTIZ, J.M. (1.986).
"Manual para el Diseño y Construcción de Escombretas y Presas de Residuos Mineros". I.G.M.E. MADRID, 182 pp.

- CUADERNOS DE GEOLOGIA IBERICA, Dir. Carmina Virgili. "Estratigrafía del Jurásico en Asturias". Año 1.974, n.º 3 Tomos I y II. Departamento de Estratigrafía, Universidad de Madrid.

- DALMATI, Dante.
MANUAL DE HIDRAULICA. Tomo I.
Talleres Gráficos del C.E.J.L.P. La Plata (Argentina) 1.973.

- FERNANDEZ -RUBIO, R. (1.981).
"Efecto sobre las aguas subterráneas de las actividades mineras. Medidas de prevención". En: Jornadas Sobre Análisis y Evolución de la Contaminación de Las Aguas Subterráneas en España. Actas de las Sesiones. Barcelona, pp. 579 a 601.

- HOEK, E. y BRAY, J.W. (1.977).
"Rock Slope Engineering". The substitution of Mining and Me-
Talurgy. Londres.

- JIMENES SALAS, J.A. et al.
"Geotécnia y Cimientos" pp. 135 - 142.
Editorial Rueda. Madrid. 1.975.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION (1.985).
"Evaluación de Recursos Agrarios. Mapa de Cultivos y Aprove-
chamientos. E = 1:50.000. Mieres (Asturias)". 34 pp.

- RAMOS el al. (1.968).
"Tratado funcional y paisajístico de taludes artificiales".
Monografía 2 del I.C.O.N.A.

- FUNDACION GOMEZ-PARDO.
"El impacto ambiental y la restauración de terrenos de la
minería a cielo abierto" E.T.S. Ingenieros de Minas.

- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (1.964).
"Calidad de aguas subterráneas. Cuenca Norte (Asturias)".
Colección Informe.

- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (1.984).
"Investigación hidrogeológica de la Cuenca Norte (Asturias)".
Colección Informe.

- APARICIO, Vicente et al. (1.986).

"Recomendaciones para la reintegración al paisaje de escombreras en la Cuenca del Nalón (Asturias). Jornadas sobre la conservación de la naturaleza en España". 73-76 págs.

EL DIRECTOR DEL ESTUDIO

Fdo.: Francisco Javier Ayala Carcedo.

JEFE DEL AREA DE GEOTECNIA.

V.º B.º

EL DIRECTOR DE AGUAS SUBTERRANEAS
Y GEOTECNIA.

Fdo.: Jorge Porras Martín.

A N E X O S

I. ENSAYOS

PRESA DE RESIDUOS DE PINZALES.

Plano
nº

Verificado

Dibujado

CUADRO GENERAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO

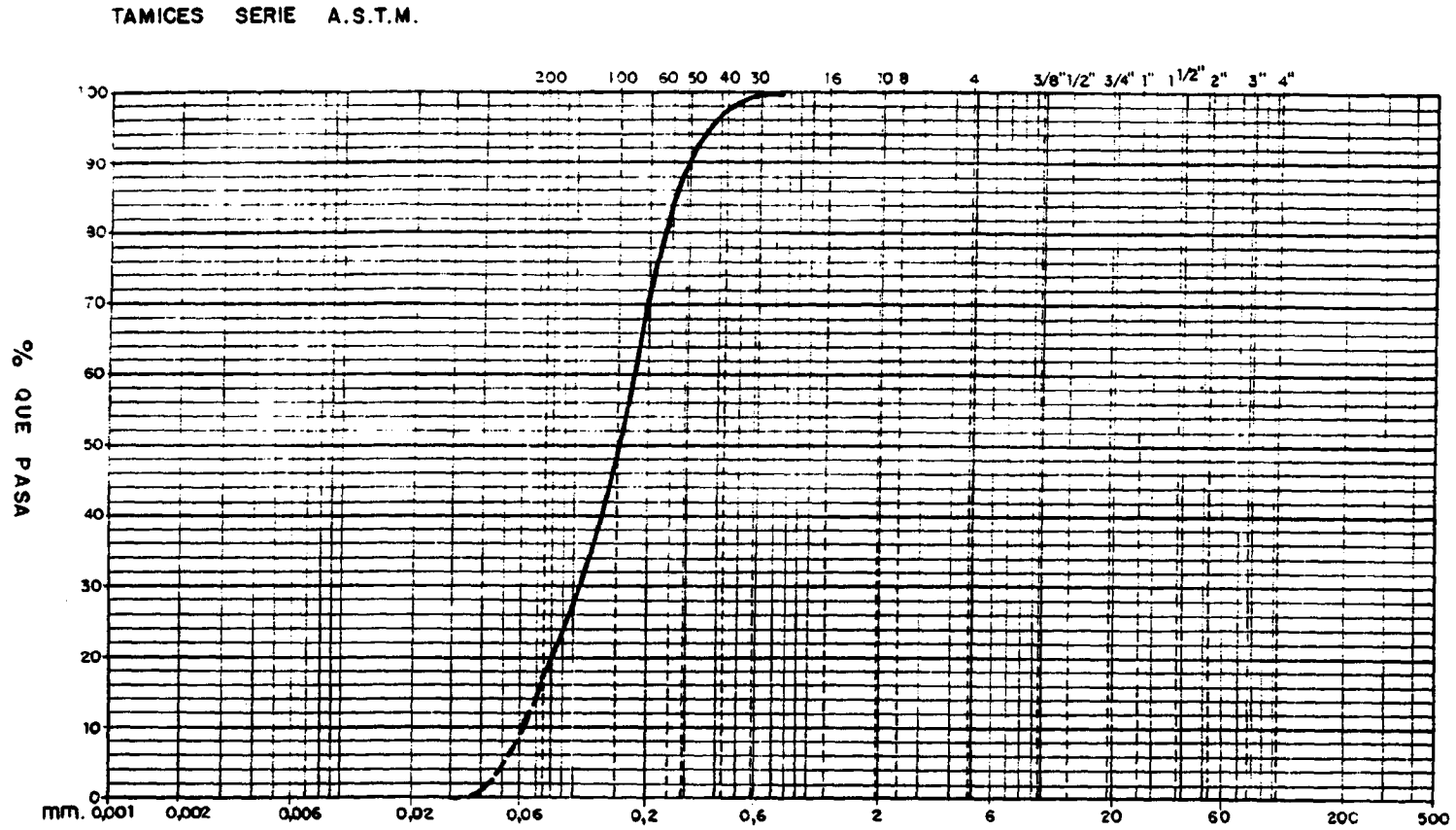
SONDEO Nº														
MUESTRA Nº	B-I-1	B-I-2	B-A-1	B-A-2	C-A-1									
PROFUNDIDAD m														
U.S.C.S.														
w (%)	8,6	9,3												
γ_s (t/m ³)	1,52	1,42												
γ_d (t/m ³)	1,40	1,30												
γ_o (t/m ³)														
w _L (%)					63,8									
w _p (%)					25,6									
I _p (%)					38,2									
peso T-200 (%)			16,8	20,6	90,-(1)									
retenido T-4 (%)			0,-	0,-	0,-									
C _c			0,094											
q _u (kg/cm ²)														
E (%)														
c (kg/cm ²)			0,1	0,25										
Y (%)			42	37										
γ_{max}			1,553	1,550										
γ_{min}			1,258	1,244										
PROCTOR	H. esp (%)													
	$\gamma_{m\acute{o}n}$ (t/m ³)													
LAMBE	Cambo potencial de volumen													
	Clasificac ion													
Mat org (%)														
SO ₃ (%)														
CO ₃ Ca (%)														
K (cm/seg)														

(1) = Granulometría por tamizado y sedimentación

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

FIGURA 1

GRANULOMETRIAS



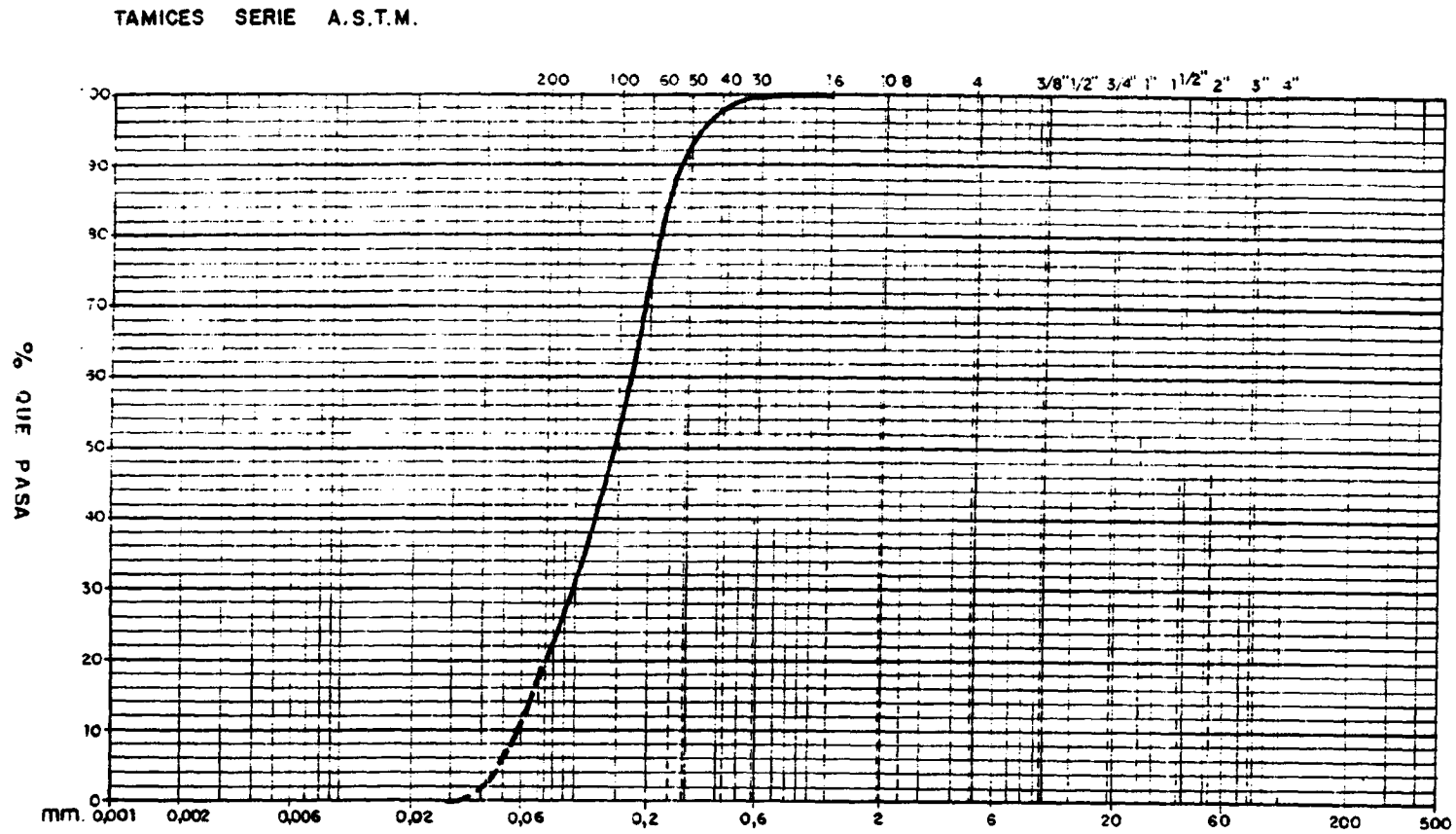
ARCILLA Y LIMO	ARENA	GRAVA	BOLOS
----------------	-------	-------	-------

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.	
B-A-1				PINZALES

Plano n.º	Verificado	Escola :
	Dibujado	SEMILOGARITMICA

FIGURA 2

GRANULOMETRIAS



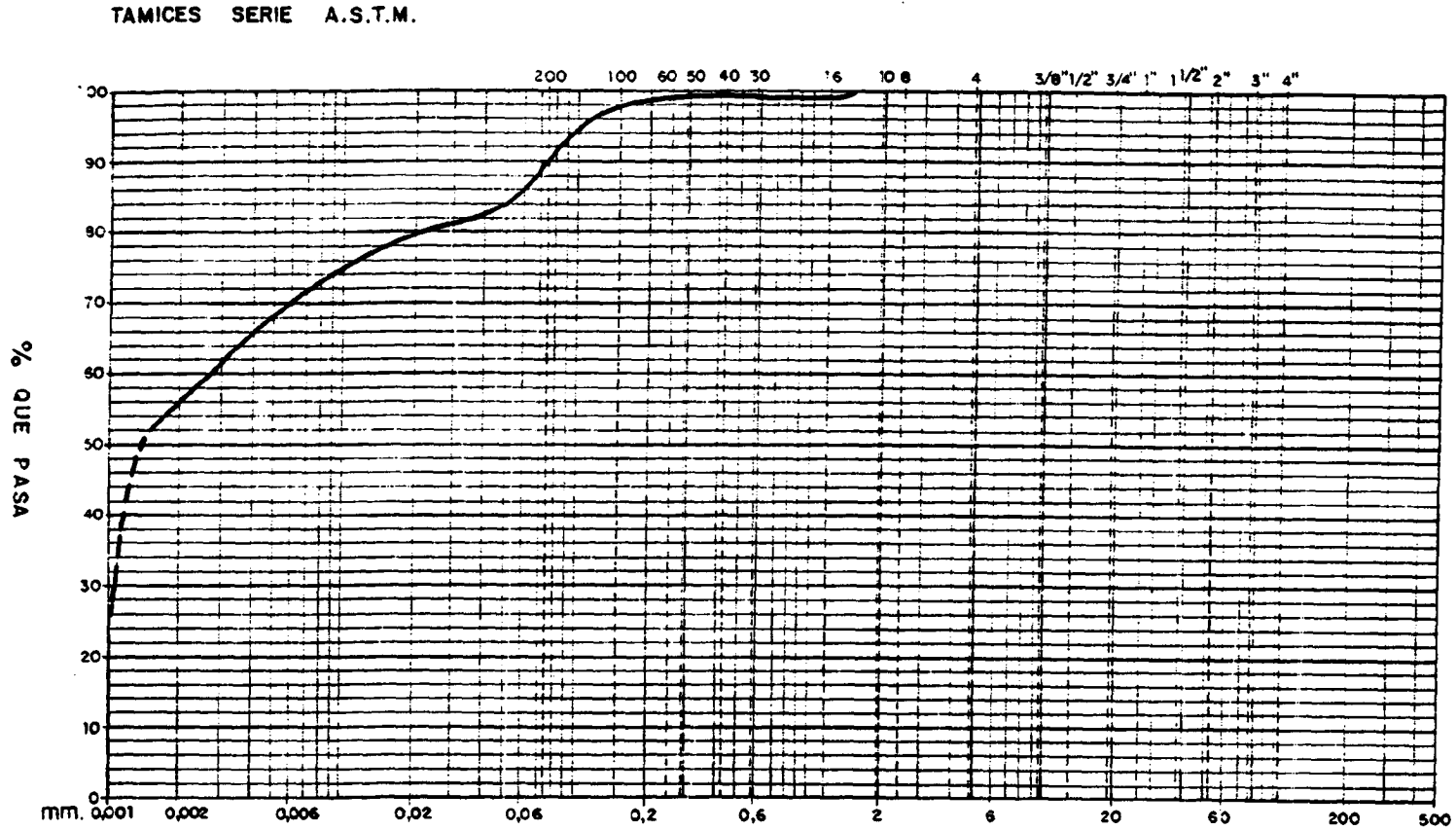
ARCILLA Y LIMO	ARENA	GRAVA	BOLOS
----------------	-------	-------	-------

MUESTRA NUMERO	SONDEO N.º O CATA N.º	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.	
B-A-2				PINZALES

Verificado Dibujado				
SEMILOGARITMICA		Escala :		
		Plano n.º		

GRANULOMETRIAS

FIGURA 3



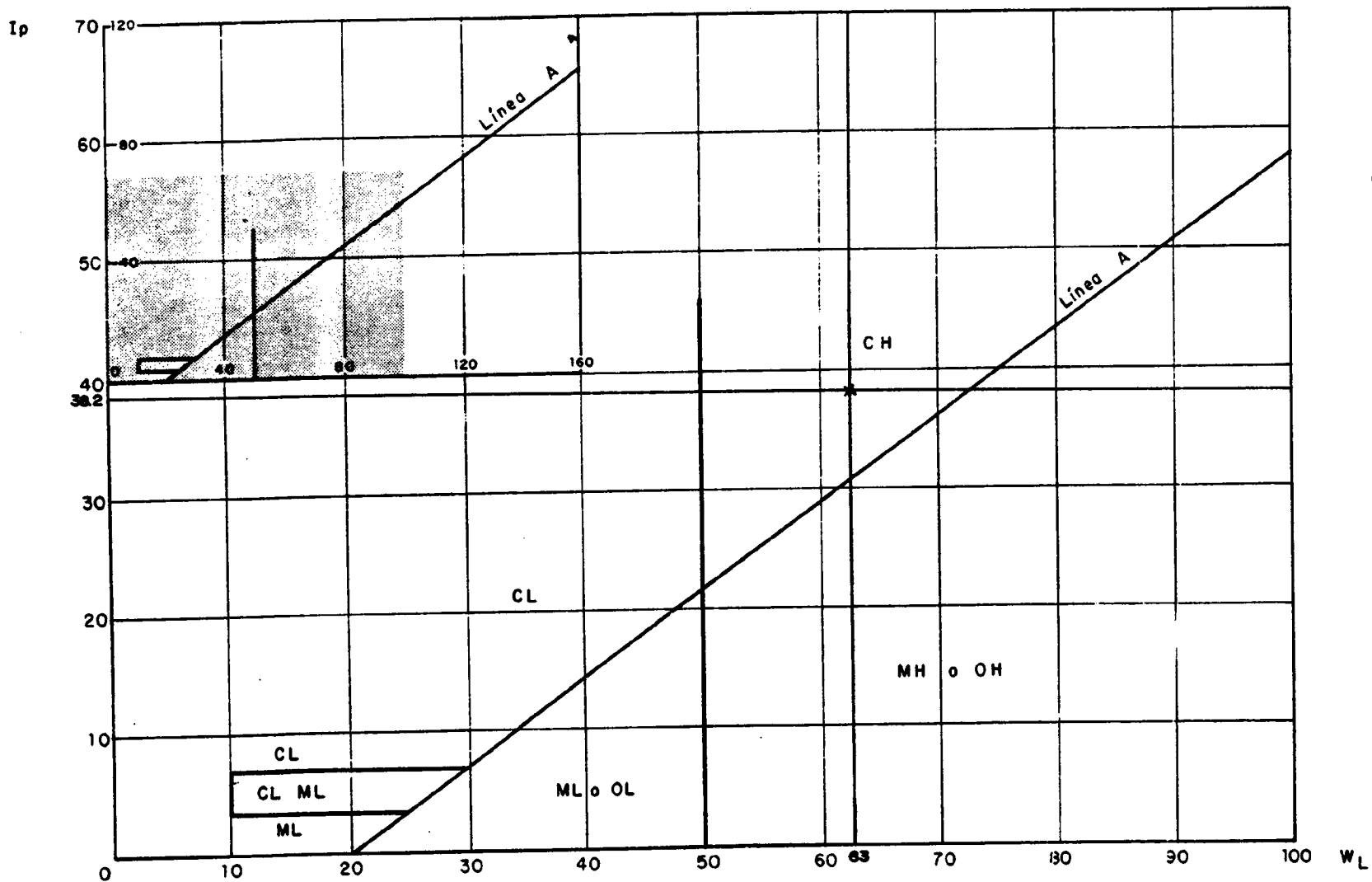
ARCILLA Y LIMO	ARENA	GRAVA	BOLOS
----------------	-------	-------	-------

MUESTRA NUMERO	SONDEO N° O CATA N°	PROFUNDIDAD O COTA	U.S.C.S.
C-A-1			

PINZALES

Plano n.º	Escala :
Verticalado Dibujado	SEMILOGARITMICA

Fig. : Diagrama de plasticidad



BALSA DE LODOS.
FIGURA 6

Verificado

Dibujado

DESIGNACION:

ENSAYO EDOMETRICO

Curvas de consolidación

Sondeo n.º

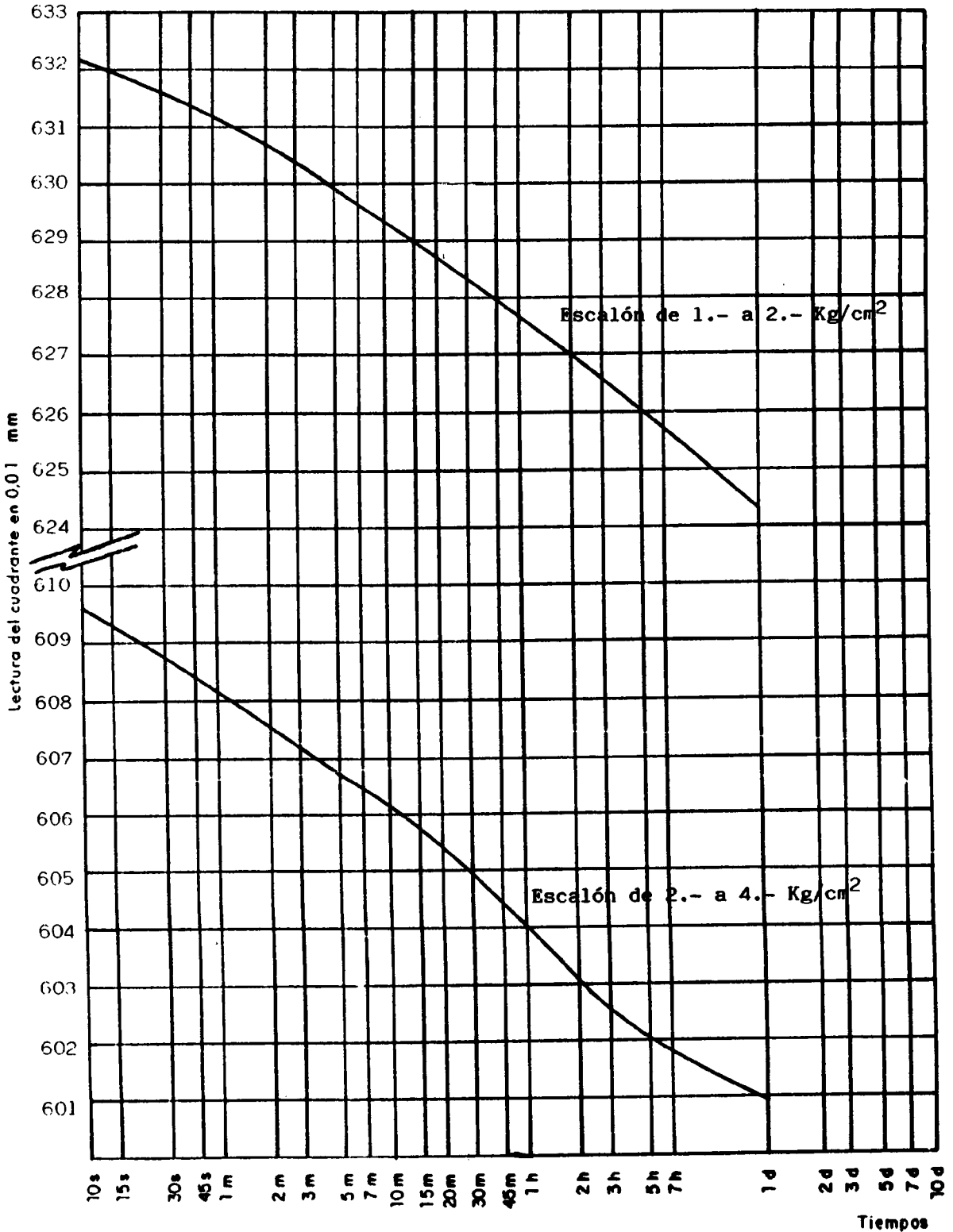
Profundidad

B-A-1

m

Lectura inicial del cuadrante con carga nula = 700

Altura del edómetro 20 mm



BALSA DE LODOS.
FIGURA 7.

Verificado

Dibujado

DESIGNACION:

ENSAYO EDOMETRICO

Curvas de consolidación

Sondeo n.º

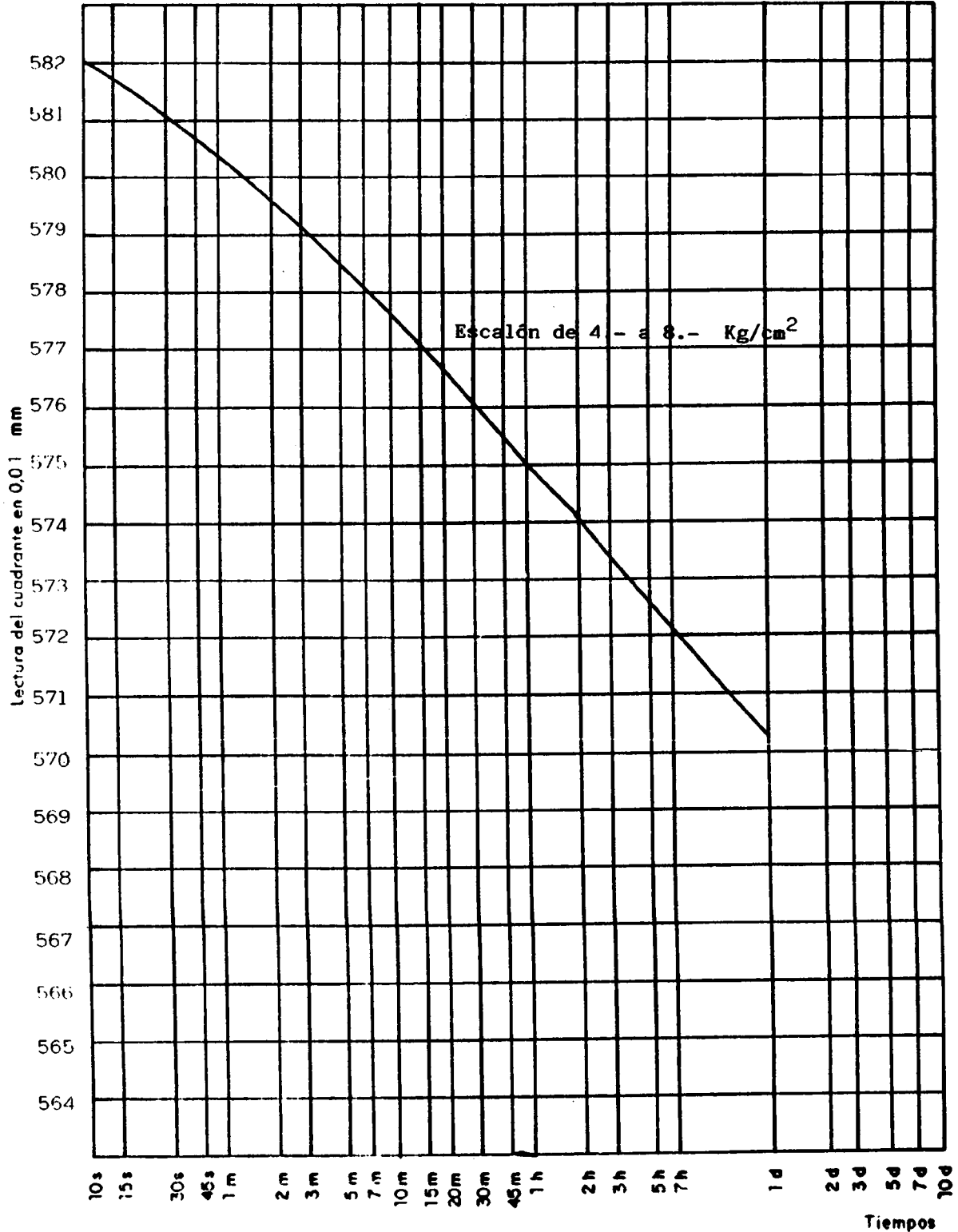
Profundidad

B-A-1

m

Lectura inicial del cuadrante con carga nula

Altura del edómetro mm



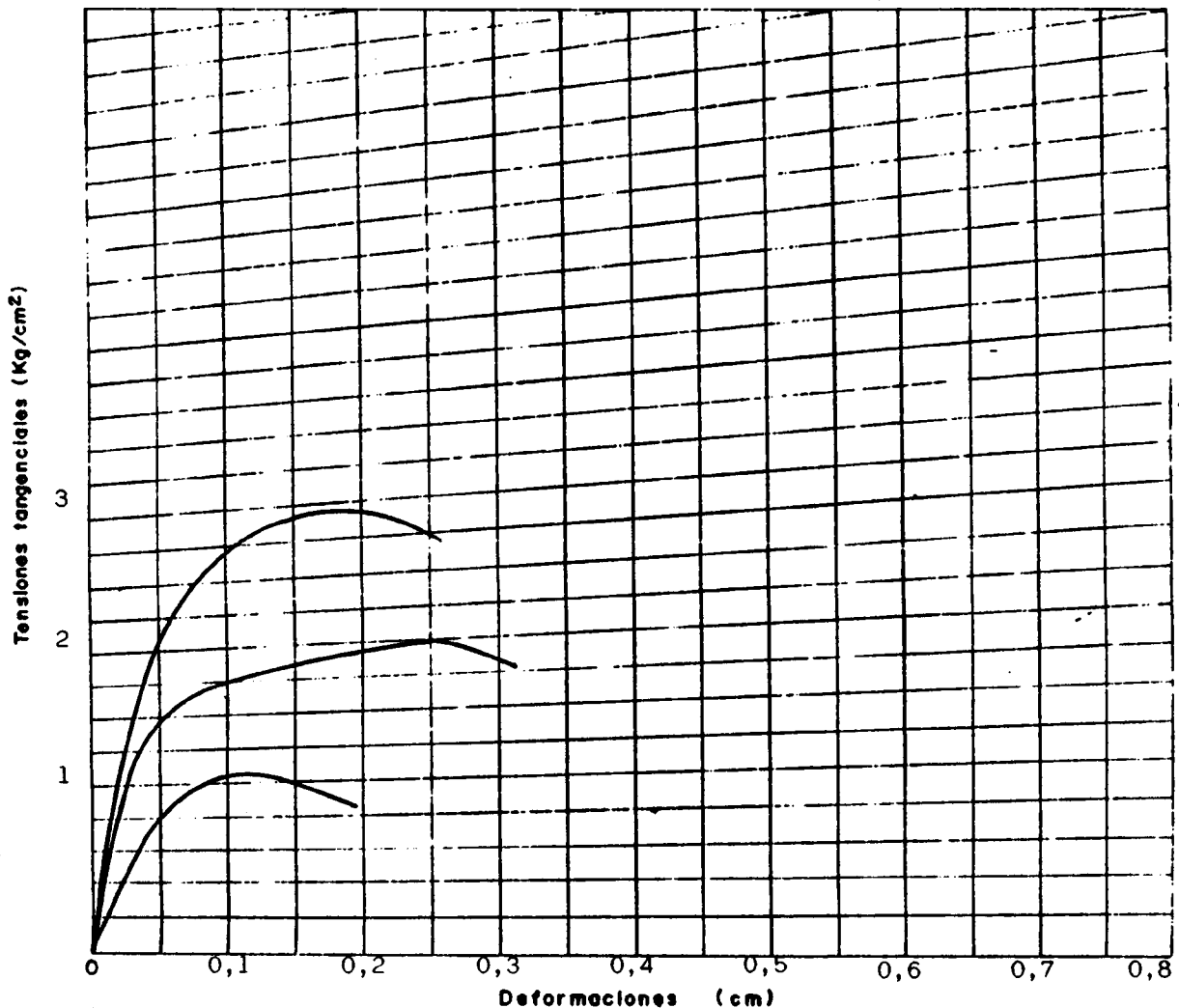
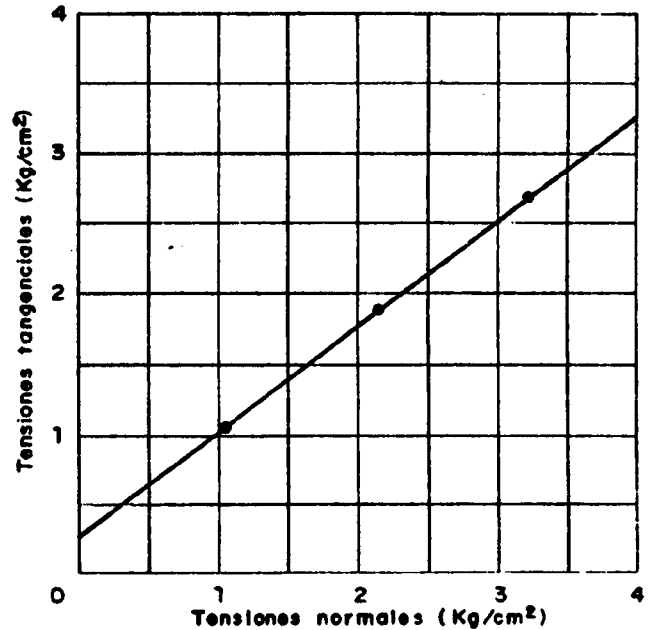
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Curvas de rotura y línea de resistencia intrínseca

Probeta n.º	I	II	III
σ_v (Kg/cm ²)	1,05	2,17	3,21
% Hum. inicial	13,9	11,6	10,4
% Hum. final	28,3	28,-	28,-
Tiempos de rotura	4'	8'	6'

$\psi = 37^\circ$

$C = \text{Kg/cm}^2$



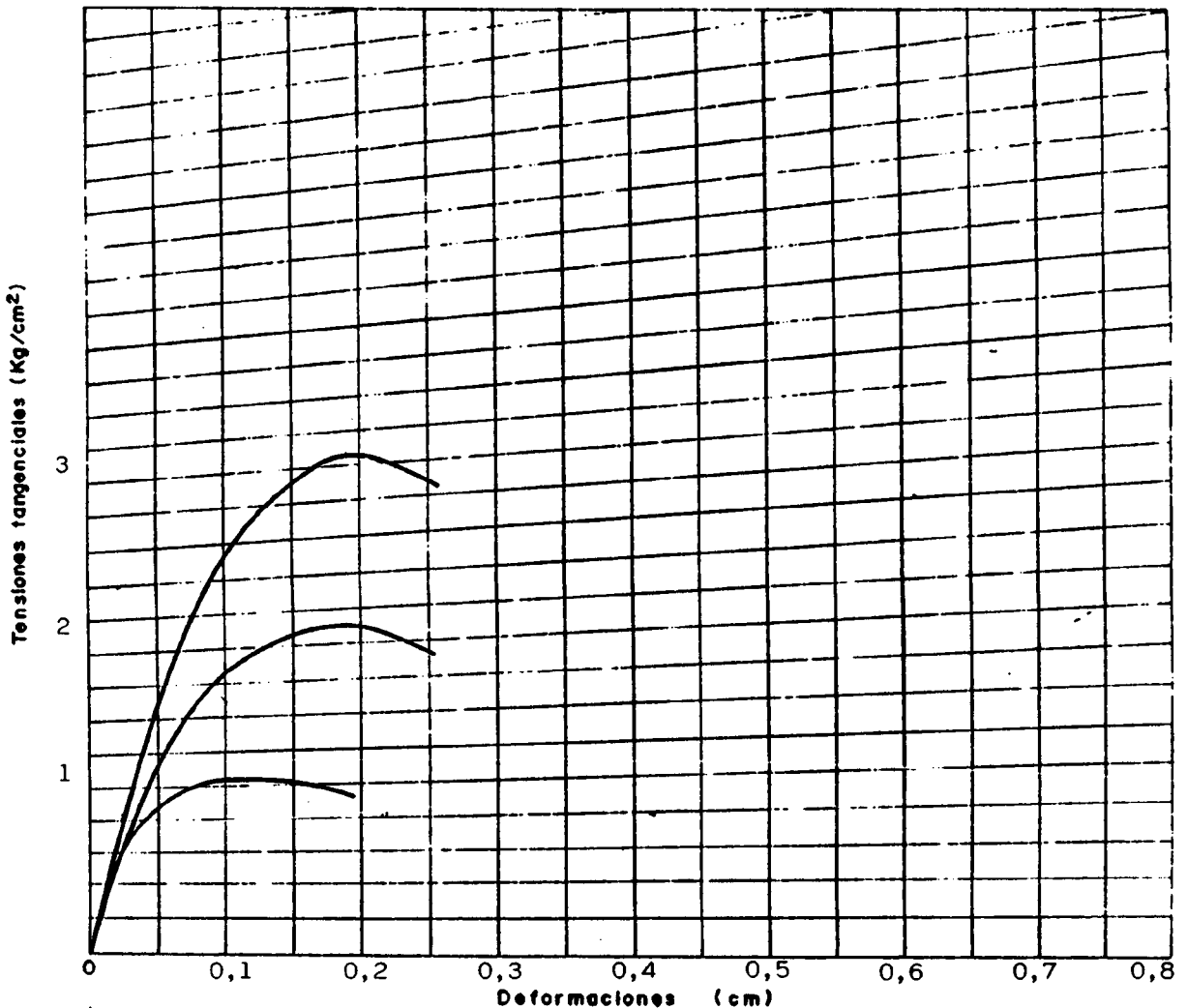
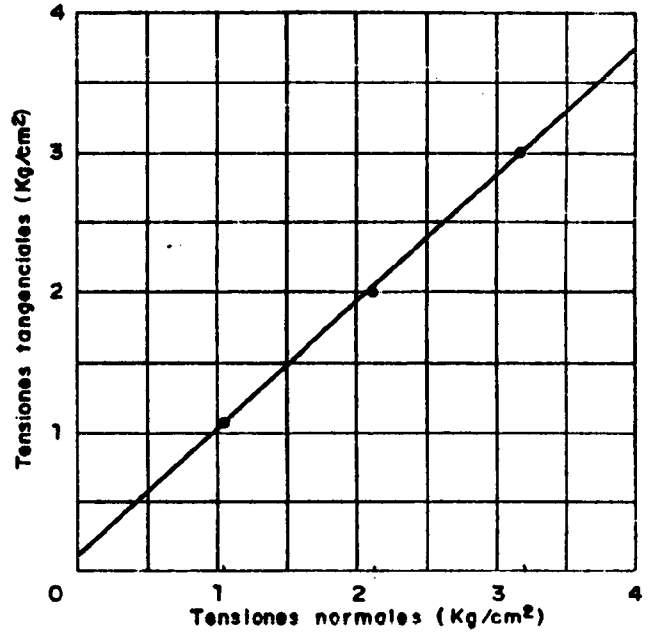
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Curvas de rotura y línea de resistencia intrínseca

Probeta n.º	I	II	III
σ_v (Kg/cm ²)	1,05	2,14	3,21
% Hum. inicial	5,8	6,6	6,8
% Hum. final	24,9	25,3	25,-
Tiempos de rotura	4'	6'	6'

$\psi = 42^\circ$

$C = \text{Kg/cm}^2$



II. FOTOGRAFIAS



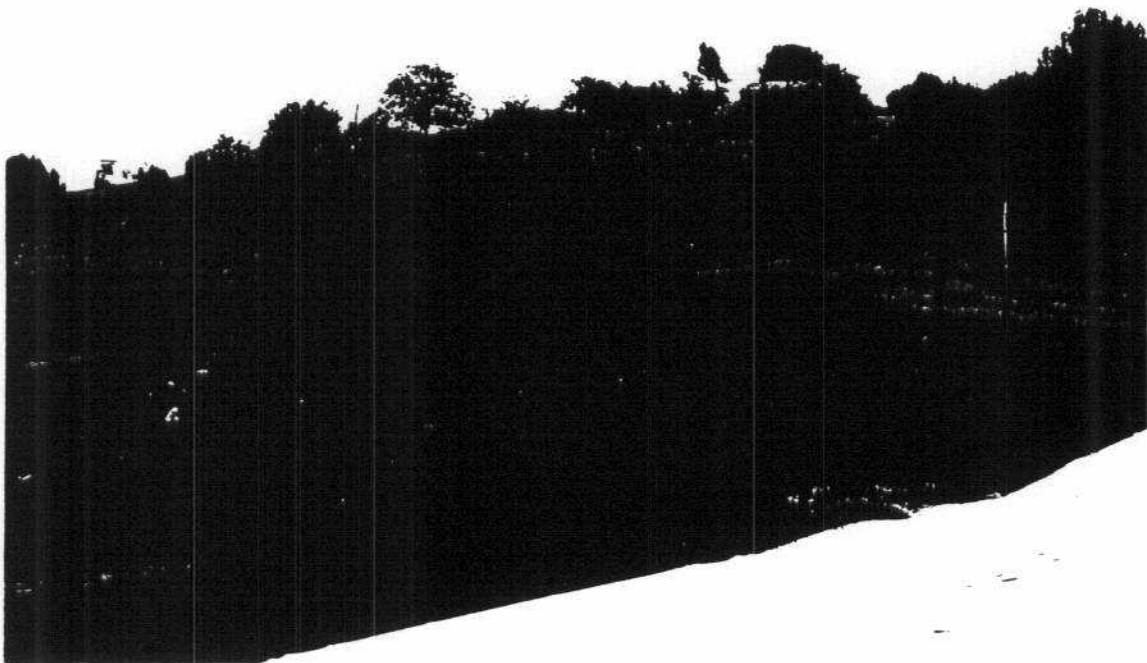
FOTOGRAFIA N.º 1.

Vista panorámica de la parte frontal del dique y de su emplazamiento.



FOTOGRAFIA N.º 2.

Vista general desde la cantera donde se extraía material para su relavado. Se observa en el dique su berma central.



FOTOGRAFIA N.º 3.

Ladera izquierda del valle sobre el que se orienta la balsa. Se observa en ella huellas de pequeños deslizamientos superficiales.



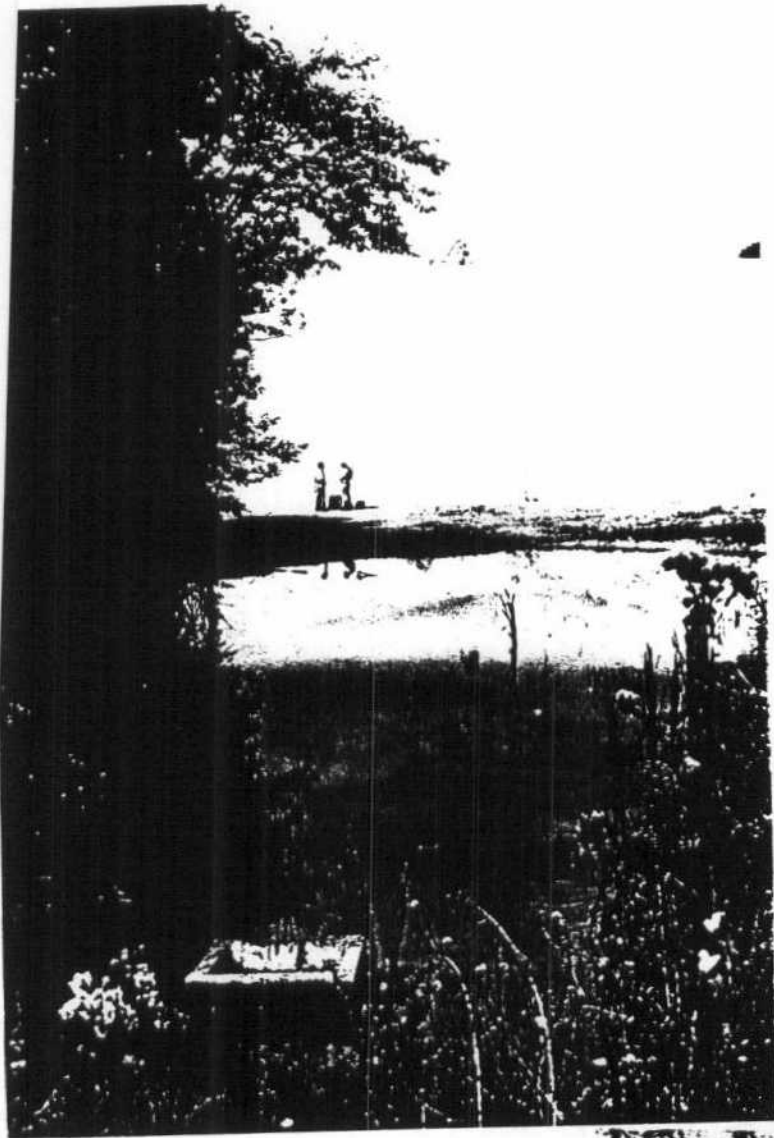
FOTOGRAFIA N.º 4.

Cima de la escombrera. Detalle del ciclón que arroja el residuo.



FOTOGRAFIA N.º 5.

Ladera frontal del dique en la que se aprecia un claro abombamiento.



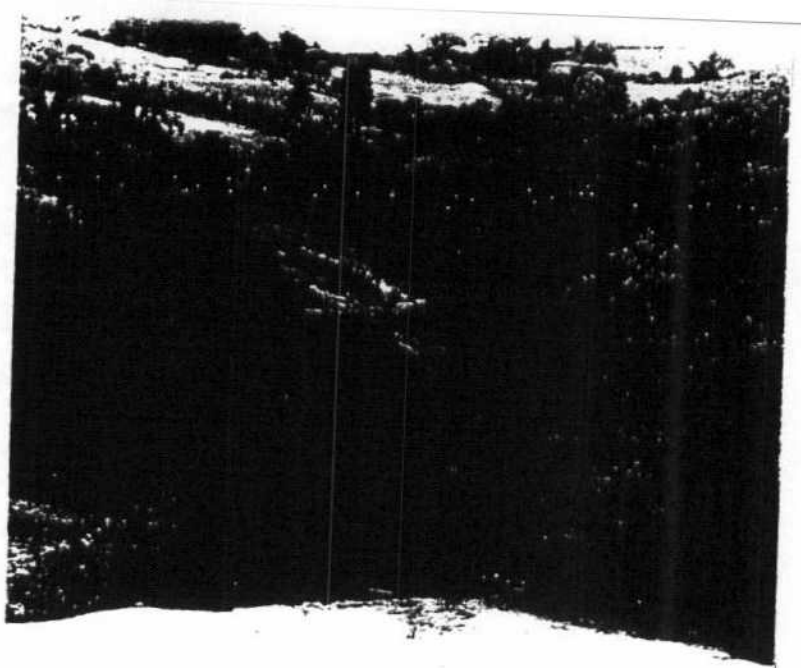
FOTOGRAFIA N.º 6.

Lago residual en el interior
de la balsa. Situación del
primer colector vertical de
desagüe.



FOTOGRAFIA N.º 7.

Detalle del segundo
colector de desagüe.



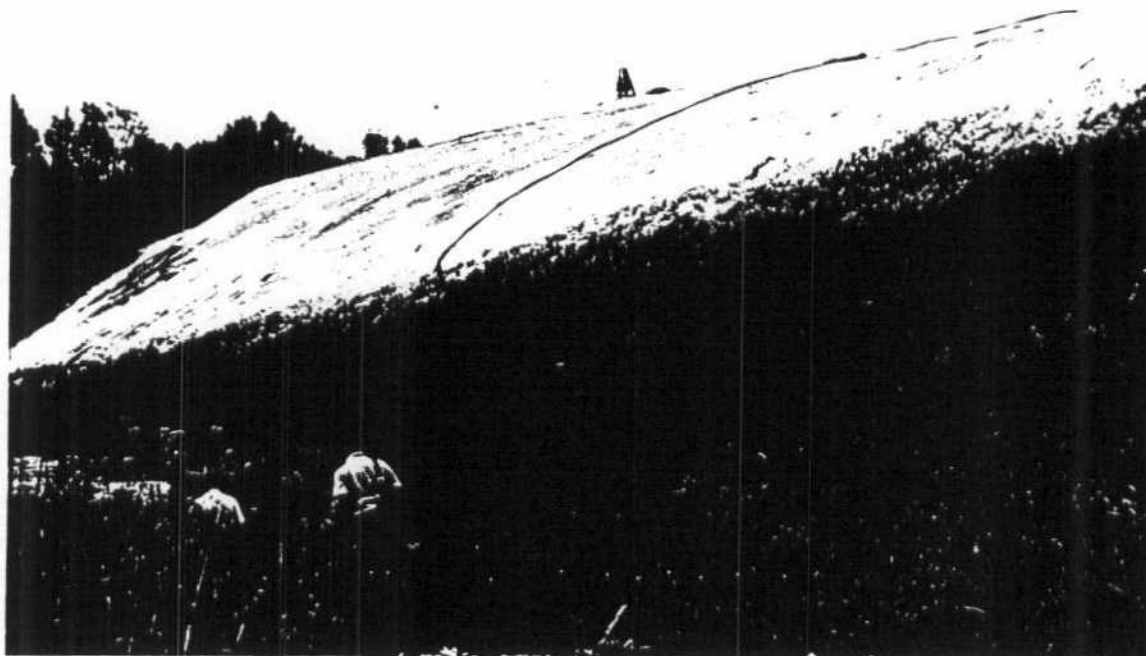
FOTOGRAFIA N.º 8.

Vista general de la parte posterior de la balsa, lago y parte de la cuenca de aportes. Detalle: toma de muestras.



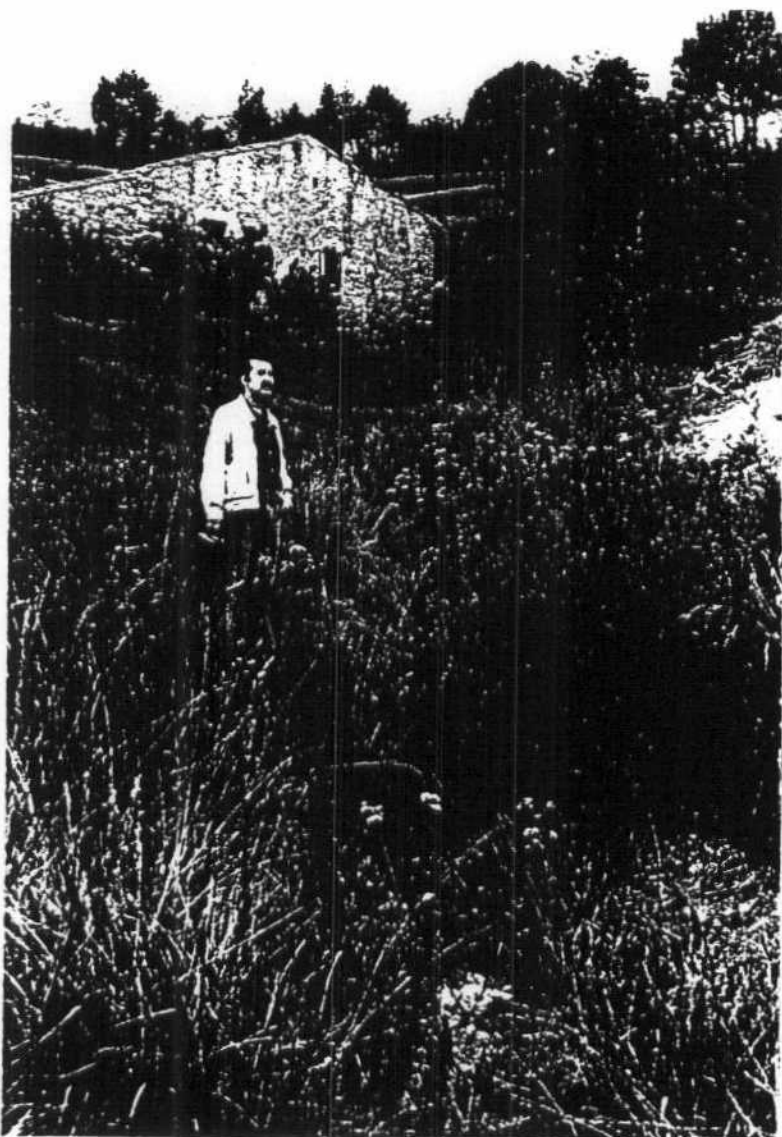
FOTOGRAFIA N.º 9.

Erosión interna. Probable punto de penetración de las aguas al interior del dique de arena. Ubicado en la zona más deprimida de la balsa.



FOTOGRAFIA N.º 10.

Detalle de la colonización espontánea de vegetación en la base del dique.



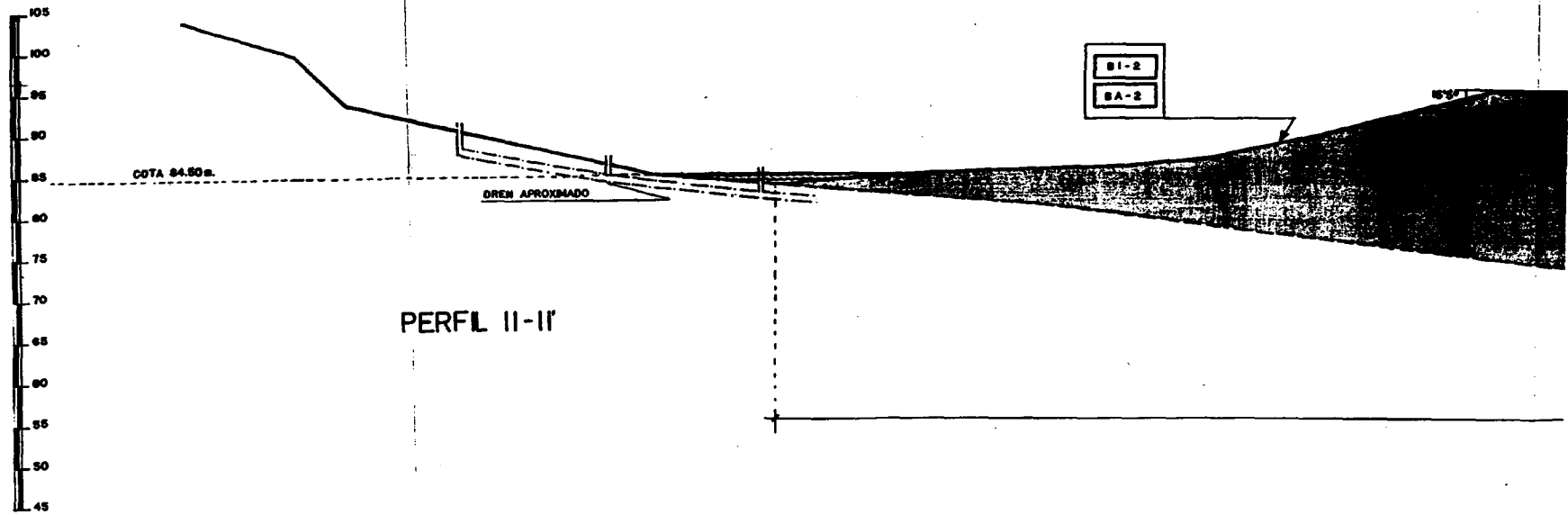
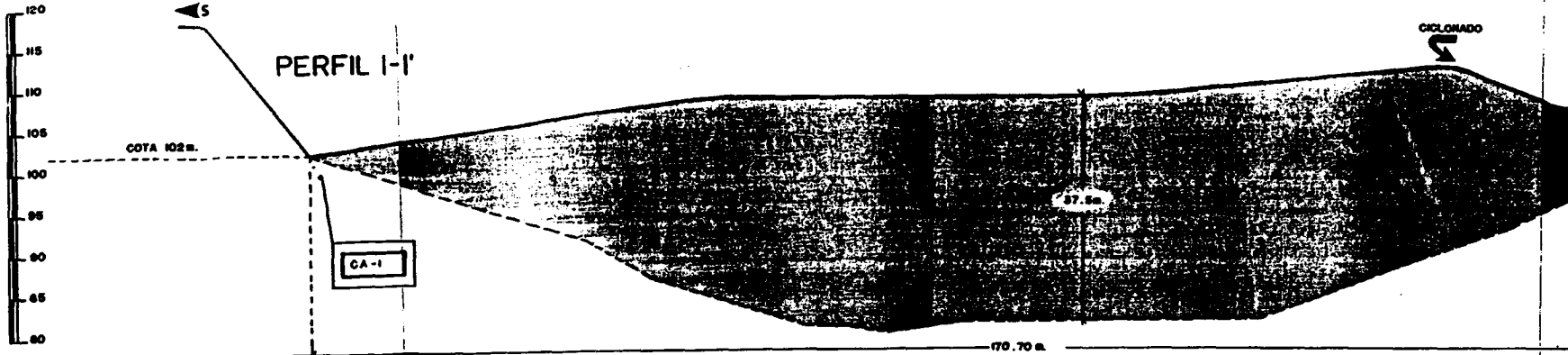
FOTOGRAFIA N.º 11.

Detalle de la profusa vegetación en la cuneta perimetral al pie de la balsa.

III. PLANOS Y PERFILES

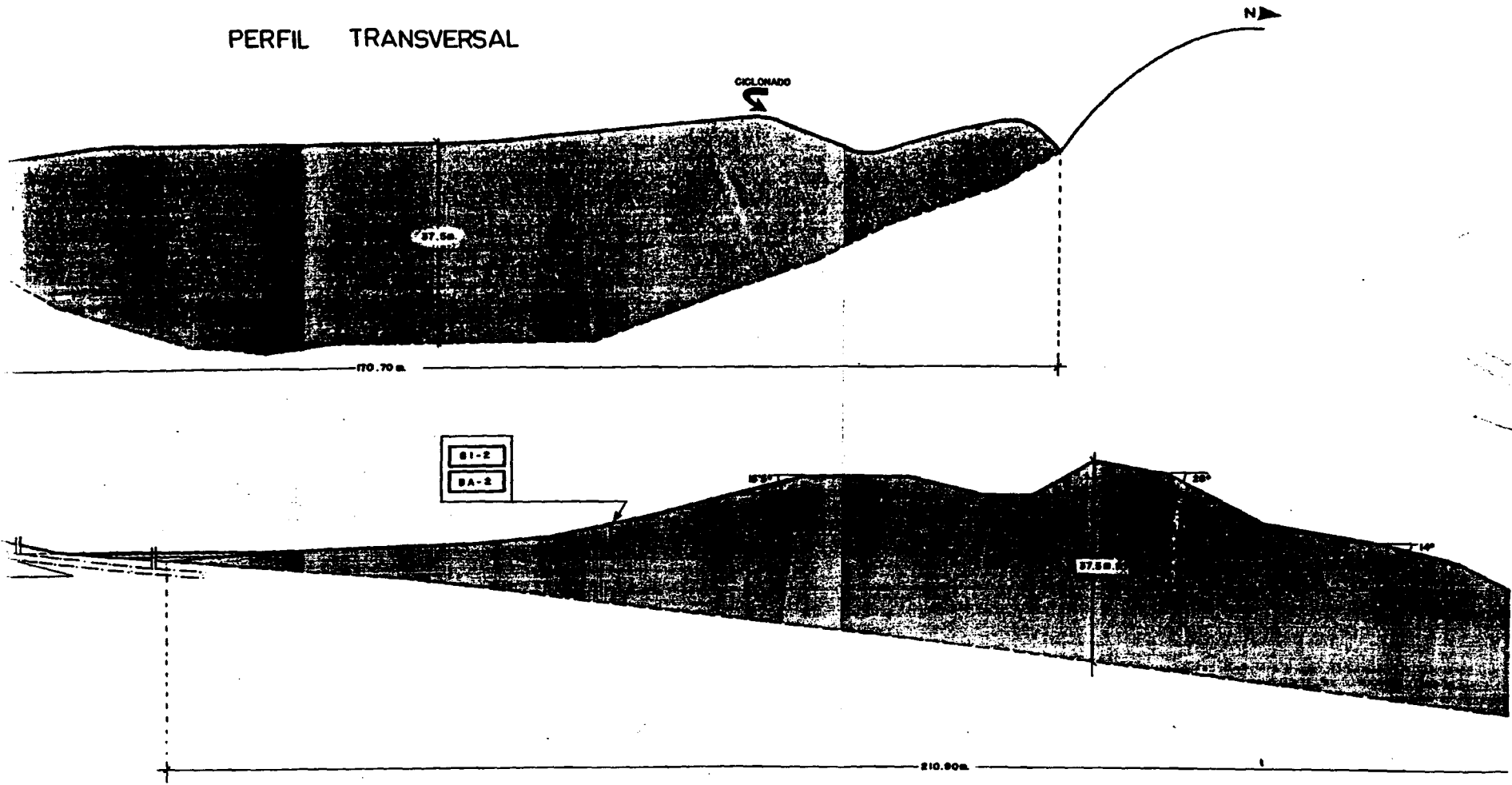
CORTE
PLEGADO

PERFIL TRANSVERSAL

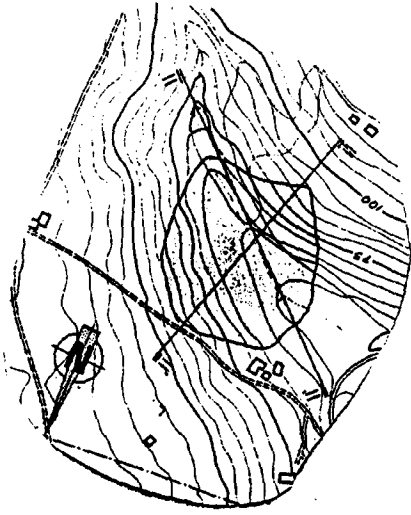


PERFIL LONGITUDINAL

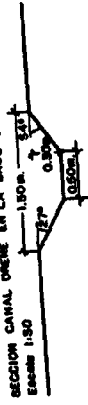
PERFIL TRANSVERSAL



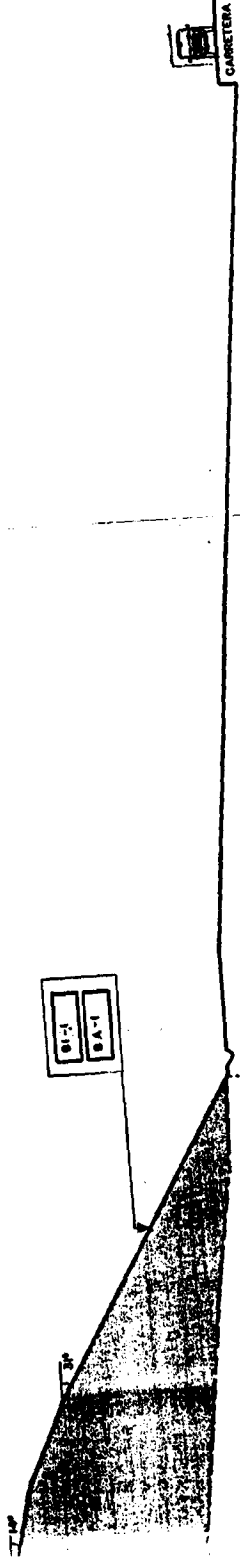
PERFIL LONGITUDINAL



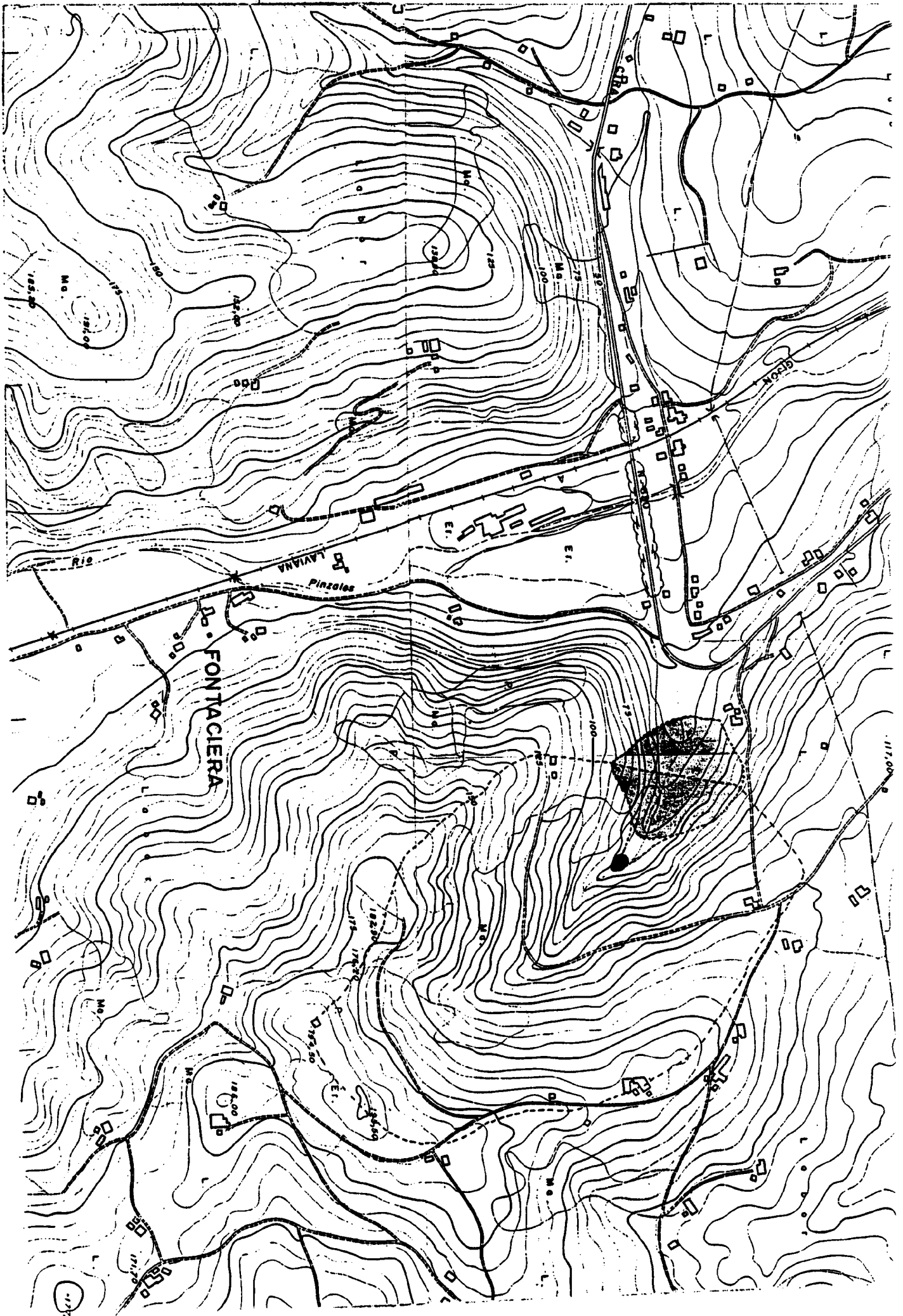
SECCION CANAL DRENE EN LA BASE DE LA BALSA

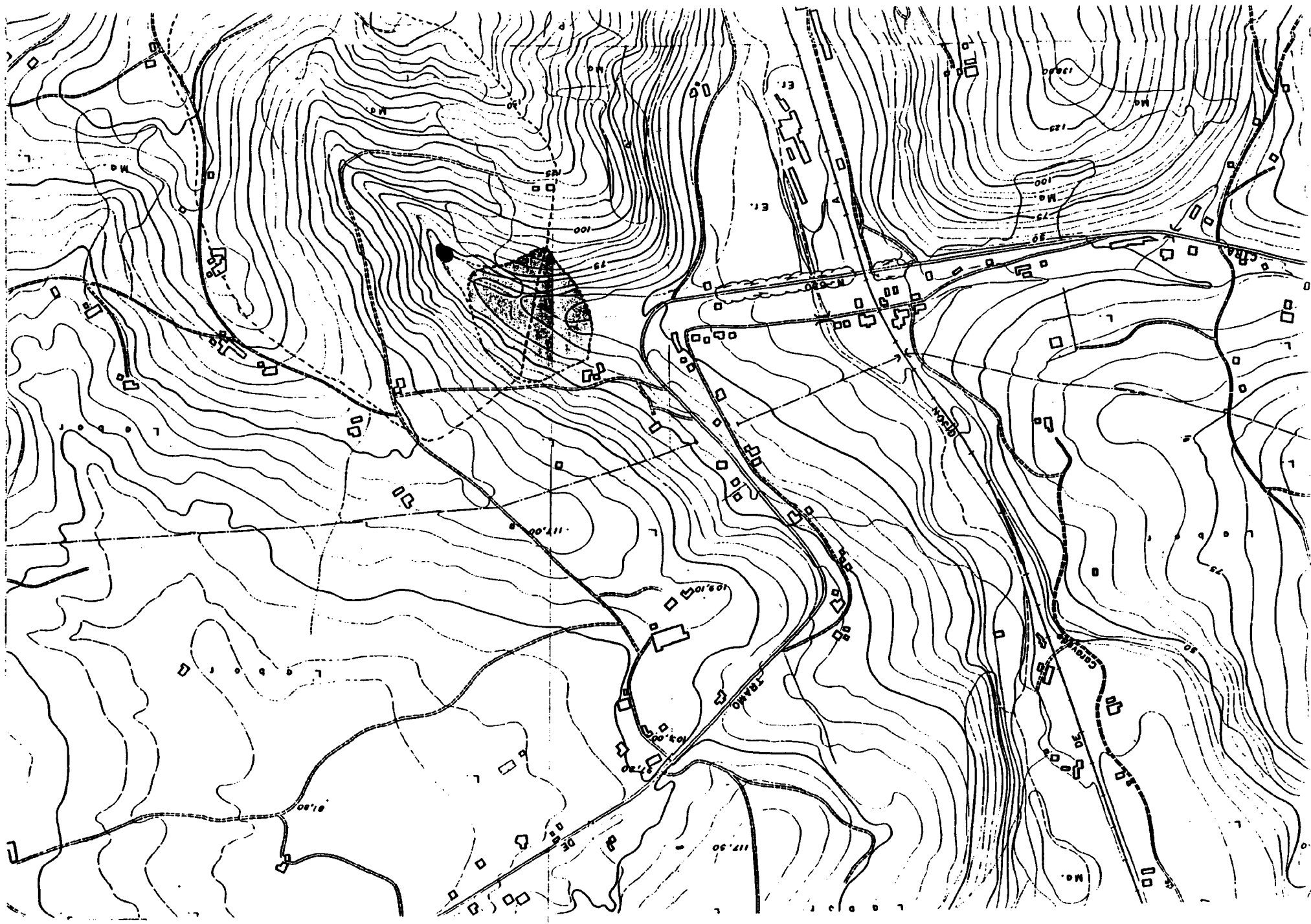


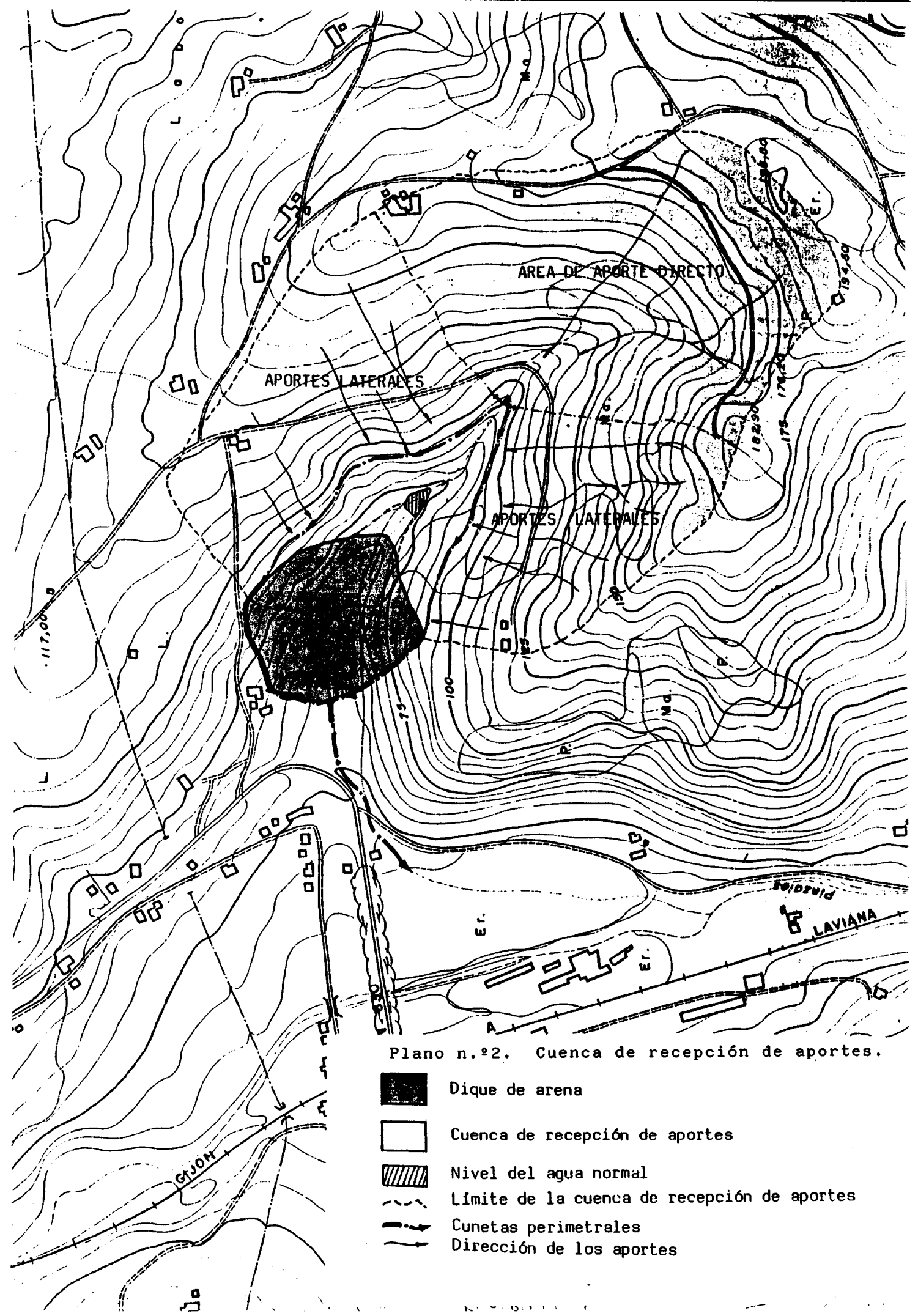
ESCALA 1:50









ESCALA 1:500
DIRECCION 297-117







Plano n.º2. Cuenca de recepción de aportes.

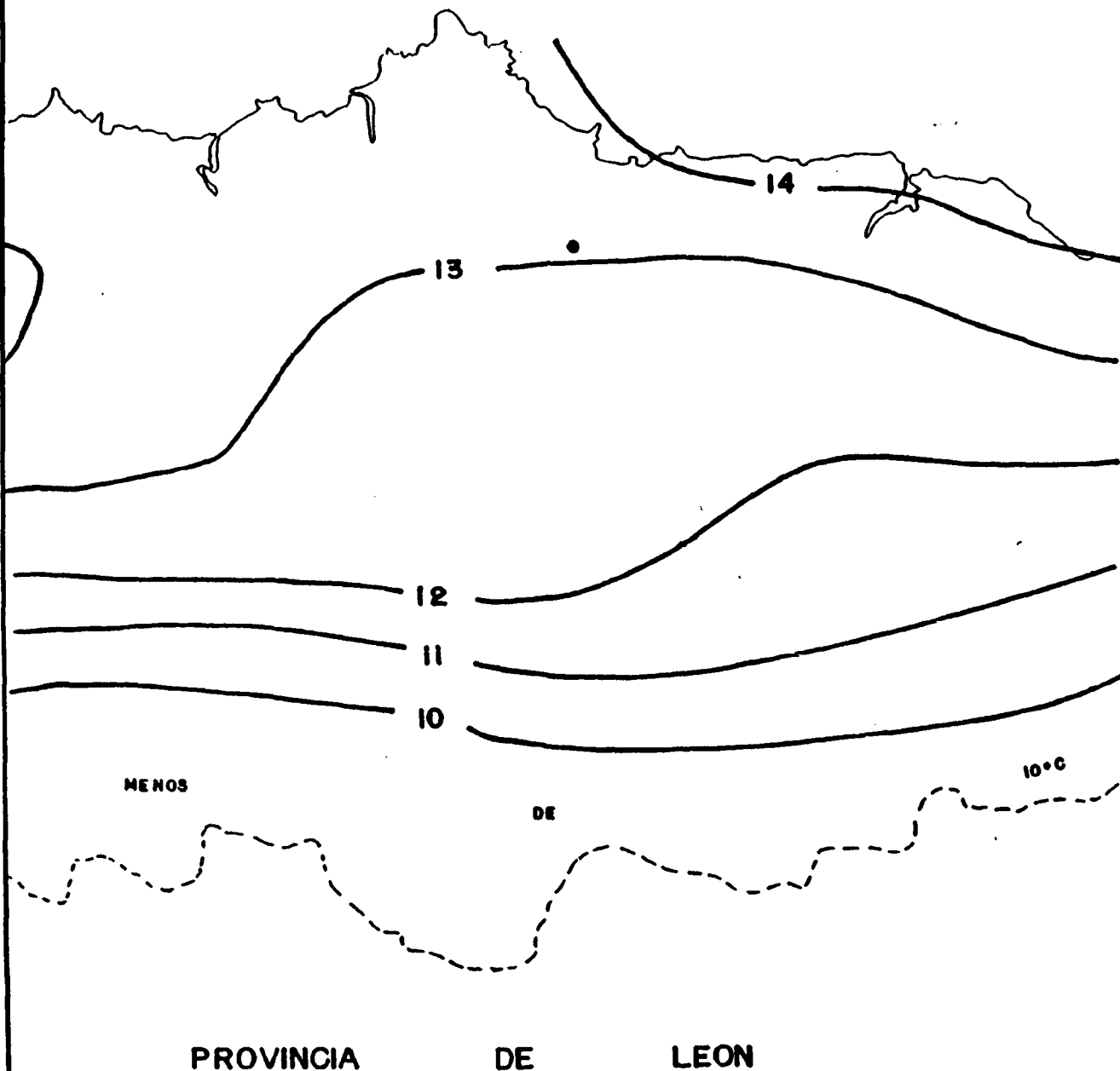
-  Dique de arena
-  Cuenca de recepción de aportes
-  Nivel del agua normal
-  Limite de la cuenca de recepción de aportes
-  Cunetas perimetrales
-  Dirección de los aportes

MAPA TERMOMETRICO

(TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES EN °C ; 1969 - 1978)

MAR CANTABRICO

PLANO -



Plano n.º 3.

● Balsa Arroyo Pinzales

— ISOTERMAS

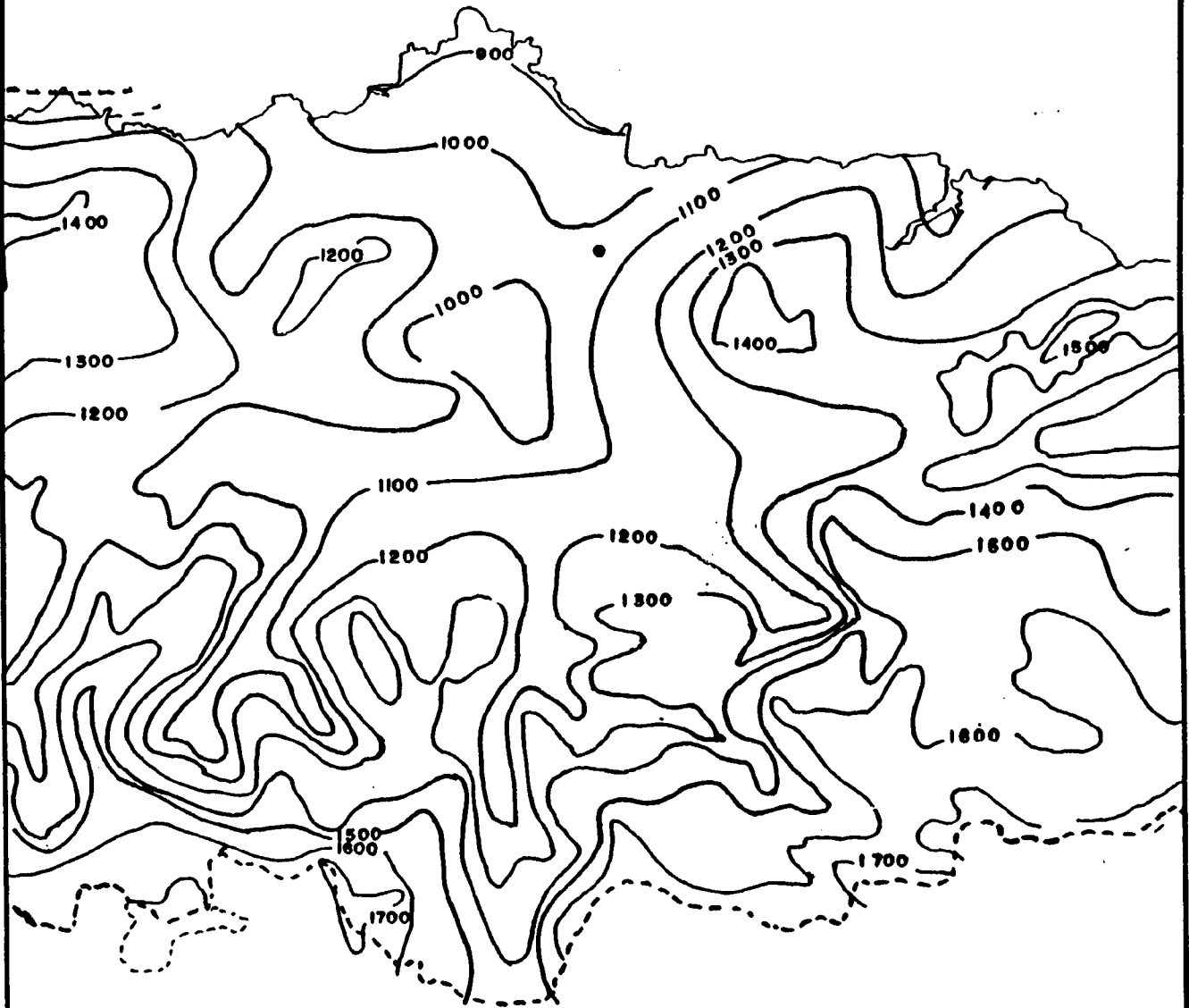
ESC. 1/ 200.000

MAPA PLUVIOMETRICO

(ISOYETAS 1969 - 1978)

MAR CANTABRICO

PLANO -



PROVINCIA DE LEON

Plano n.º 4.

● Balsa Arroyo Pinzales

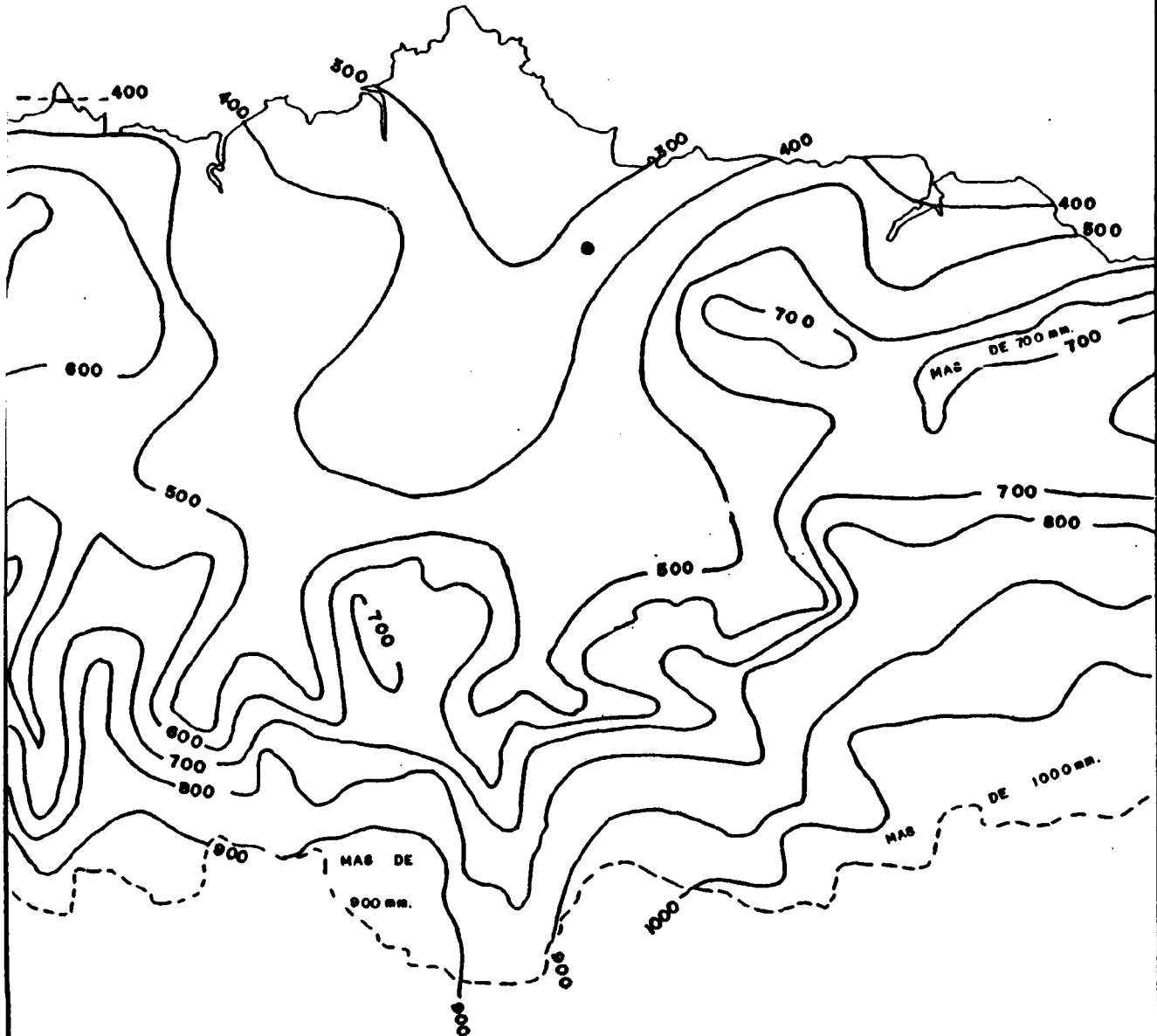
— ISOYETAS

ESC. 1 / 200.000

LLUVIA UTIL

(PERIODO 1969-1978)

MAR CANTABRICO



PROVINCIA DE LEON

Plano n.º 5.

● Balsa Arroyo Pinzales

— ISOYETAS

ESC. 1/ 200.000