

AGUAS SUBTERRANEAS

Caracterización de los parámetros hidráulicos de la cobertera pérmica en el Horst del yacimiento carbonífero de Mina «La Camocha».

Por J. L. ARECES (*), J. L. TENAJAS (**), A. J. TORAÑO (*),
A. P. PIEREN (***), F. PENDAS (****) y R. RODRIGUEZ DIEZ (*)

RESUMEN

En la cobertera pérmica existente sobre el yacimiento carbonífero actualmente en explotación por Mina La Camocha, S. A., se localiza un acuífero multicapa con varios niveles claramente diferenciados. Por medio de diversas técnicas de estudio, se ha tratado de determinar los parámetros hidráulicos de estos materiales en varias localidades próximas a Gijón, con el fin de elaborar un esquema de funcionamiento hidráulico y estimar la posible influencia de este acuífero en las labores de explotación.

Palabras clave: Acuíferos, Hidrogeología, Minería del carbón, Ensayos hidrogeológicos.

ABSTRACT

Within the Permian cover overlying the carboniferous coalfield presently mined by Mina La Camocha, S. A., is located a multibed aquifer, whose layers are clearly differentiated. Using several techniques of approach to the problem, we attempted to find out the hydraulic parameters of the different stratigraphic layers in some sites close to Gijón (Asturias, Northern Spain). The purpose was to provide a scheme of the hydraulic operation and to study a possible influence of this aquifer in future mining operations.

Key words: Aquifer, Hydrogeology, Coal mining, Hydrogeological tests.

SITUACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA

El área Paleozoica sobre la que se depositaron los materiales mesozoicos que nos ocupan, se halla en la Zona Cantábrica (norte de España) y al este del antiforme del Narcea, constituyendo el extremo norte de la denominada *Región de Pliegues y Mantos*, tal y como se ha reflejado en la figura 1, con inclusión de las labores de interior.

El Mesozoico, discordante sobre el Paleozoico,

(*) Carlos Marx, 20, 2.º B. 33350 Gijón - Asturias.

(**) Compañía General de Sondeos, CGS - OGDEN. Corazón de María, 15. 28002 Madrid.

(***) Dpto. de Estratigrafía, Fac. CC. Geológicas, Universidad Complutense. 28040 Madrid.

(****) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo. Calle Independencia, 13. 33004 Oviedo.

se localiza en el borde septentrional de la Cuenca Mesozoico-Terciaria de Asturias y más concretamente en la Cuenca de Gijón-Villaviciosa (fig. 2).

La cartografía geológica de la zona objeto de estudio, se ha representado en la figura 3. Como se puede apreciar, solamente existen materiales aflorantes del Pérmico y del Jurásico, no aflorando el Paleozoico en ningún punto.

INTRODUCCION

El actual área carbonífera en explotación por Mina La Camocha, se asienta en un horst limitado por dos fallas de tipo directo. Granda al noroeste con un desplazamiento en la componente

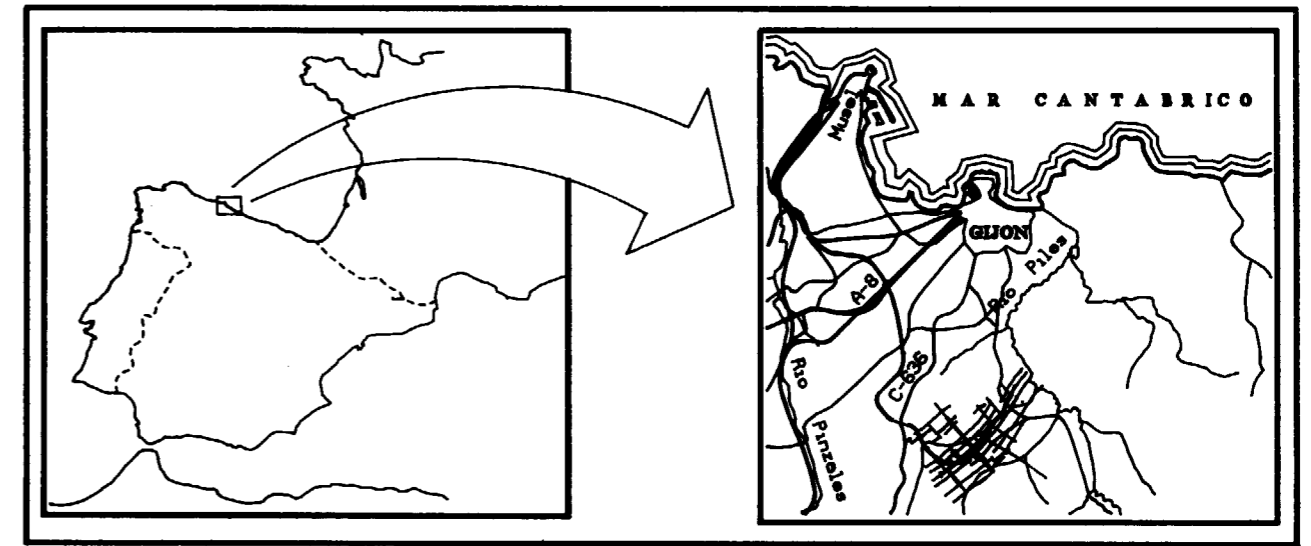


Figura 1.—Localización geográfica.

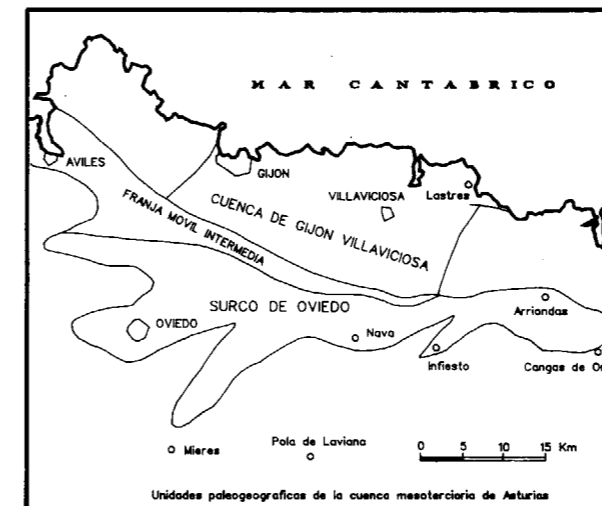


Figura 2.—Situación paleogeográfica.

vertical de 180 m, y al suroeste la falla de Llantones con 340 m de desplazamiento (ver fig. 4).

Sobre un Carbonífero fallado, plegado y relativamente poco accidentado tal y como se puede apreciar en la figura 5, en la que se ha representado el plano de isopropundidades del contacto Pérmico-Carbonífero, se depositaron los materiales Pérmicos, comenzando con una serie de alta energía constituida por conglomerados de

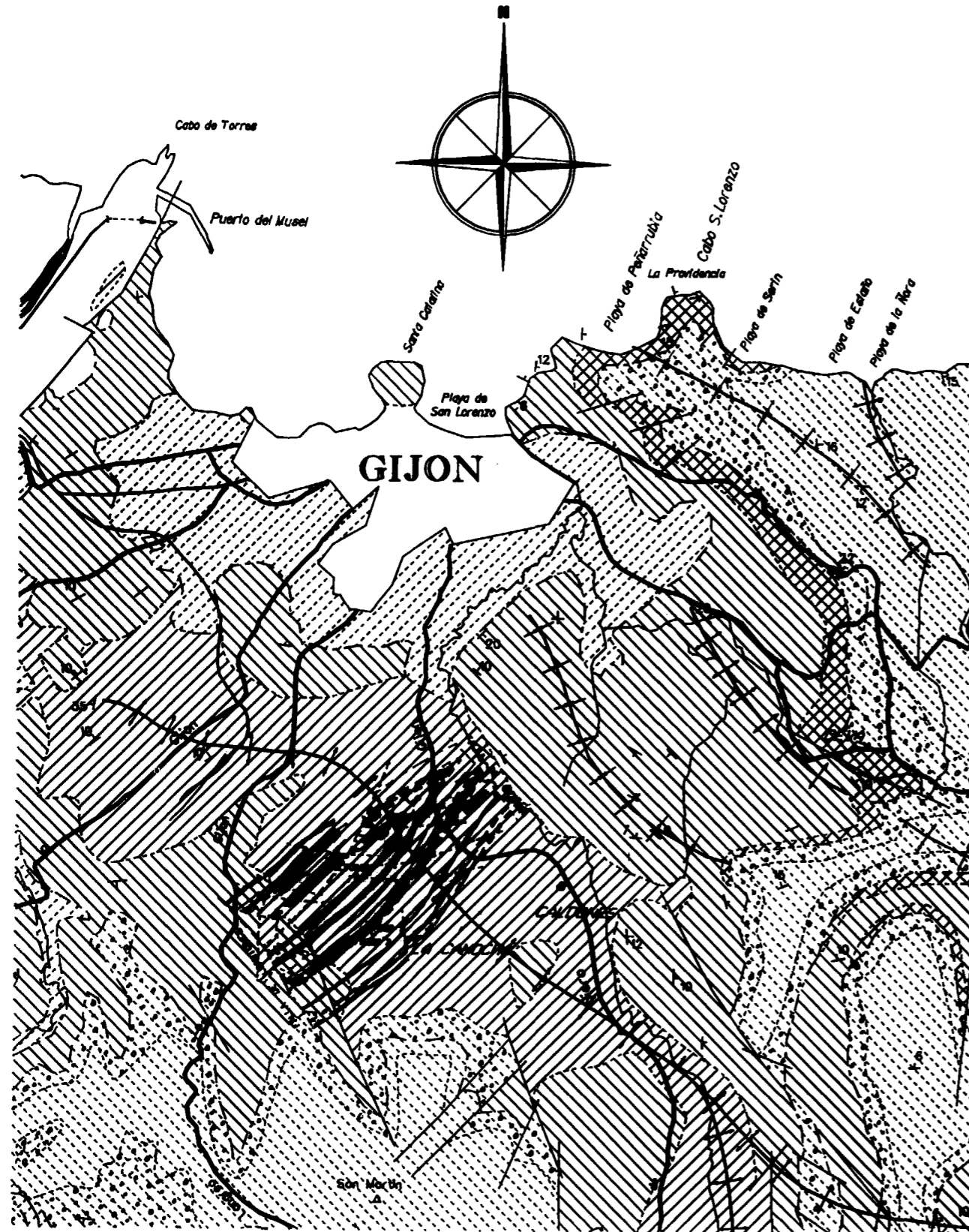
cantos redondeados de cuarzo y arenisca principalmente, para dar paso al resto de litologías que componen la serie pérmica en esta región.

Dentro del horst, mientras el Carbonífero presenta unos buzamientos subverticales, excepto en su borde norte-este en que se sitúan en torno a los 40° y ya en el flanco norte del sinclinal de tipo *buckling* en que arman los materiales Paleozoicos, el Pérmico es subhorizontal, lo que configura una clara discordancia, con existencia de una importante laguna estratigráfica tal y como queda de manifiesto en la figura 6.

Esta cobertera Pérmica constituye un acuífero semiconfinado multicapa, alimentado del agua procedente de las precipitaciones y posiblemente de los importantes acuíferos jurásicos laterales a través de las mencionadas fallas de Llantones y de Granda.

La caracterización de los parámetros hidráulicos se ha hecho en base a los siguientes ensayos y trabajos:

- 4 sondeos hidrogeológicos.
- 4 sondeos con carácter exploratorio.
- Testificación geológica y geofísica de estos sondeos.
- Ensayos de permeabilidad en laboratorio con los testigos.



MAPA GEOLOGICO DE GIJON

LEYENDA

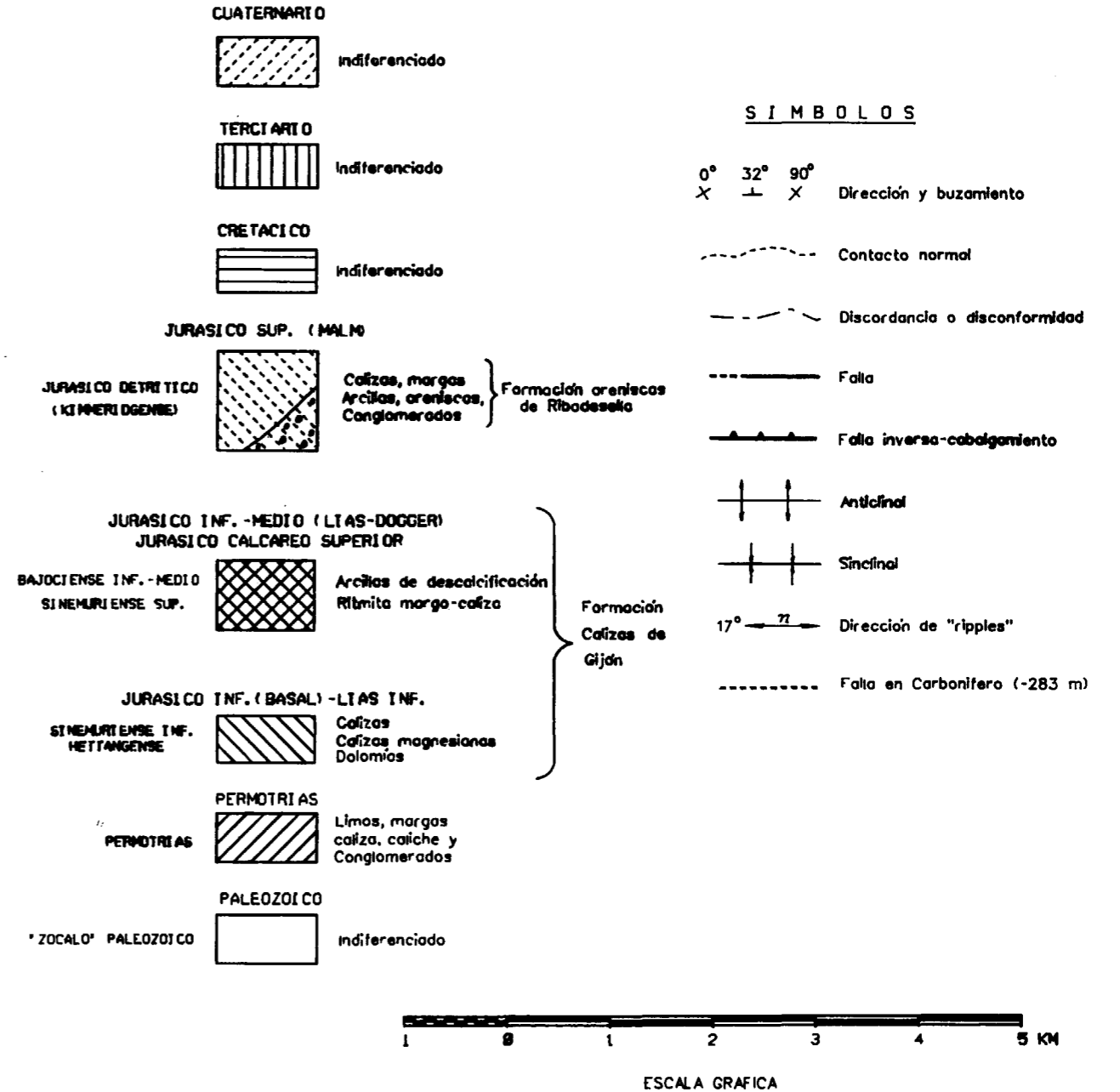


Figura 3.—Mapa geológico de la zona estudiada, formado a partir de SUAREZ VEGA (1974) y hojas 14 (Gijón) y 29 (Oviedo) del M.A.G.N.A.

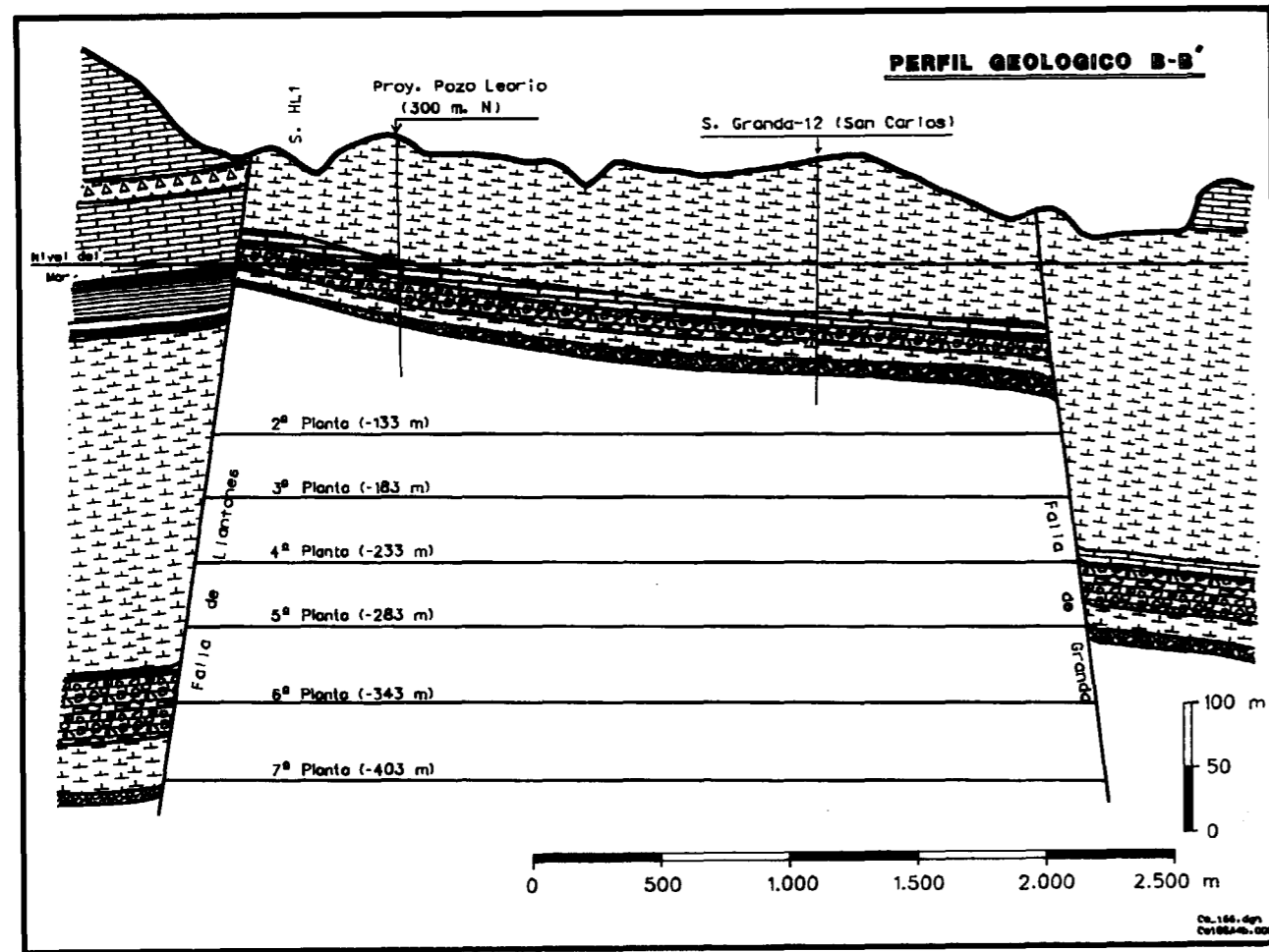


Figura 4.—Perfil geológico B-B' del Horst de La Camocha y de las unidades del Pérmico, con referencia al nivel del mar y a las plantas actuales de La Mina

- Ensayos Lugeon.
- Ensayos de Slug-Test.
- Ensayos de bombeo.

ESTRATIGRAFIA

Se describen someramente aquellas unidades presentes dentro del horst, ya que aquí la parte alta del Pérmico se encuentra totalmente erosionada. De muro a techo tenemos las siguientes unidades:

- Unidad de conglomerados basales: Presentan base erosiva sobre el Carbonífero. Está formado por ortoconglomerados de cantos re-

dondeados de cuarzo y arenisca en su mayor parte, siendo poco frecuentes de caliza y limolita (ver fotografía). El tamaño de los cantos varía entre 20 cm y 1-2 mm, siendo más frecuente de 2-4 cm; la matriz es de tipo margoso de color rojizo con láminas de sericita con un color verde. La potencia de este tramo es variable, oscilando entre 3 y 16 m.

- Unidad de limos inferiores: Suele encontrarse en contacto gradual con la unidad anterior. Se trata de una litología bastante homogénea con escasas estructuras sedimentarias y constituido por limos arenosos y areniscas de grano muy fino de color rojizo. La potencia varía entre 8 y 25 m. A techo aparecen indicios de calichificación debido a procesos edá-

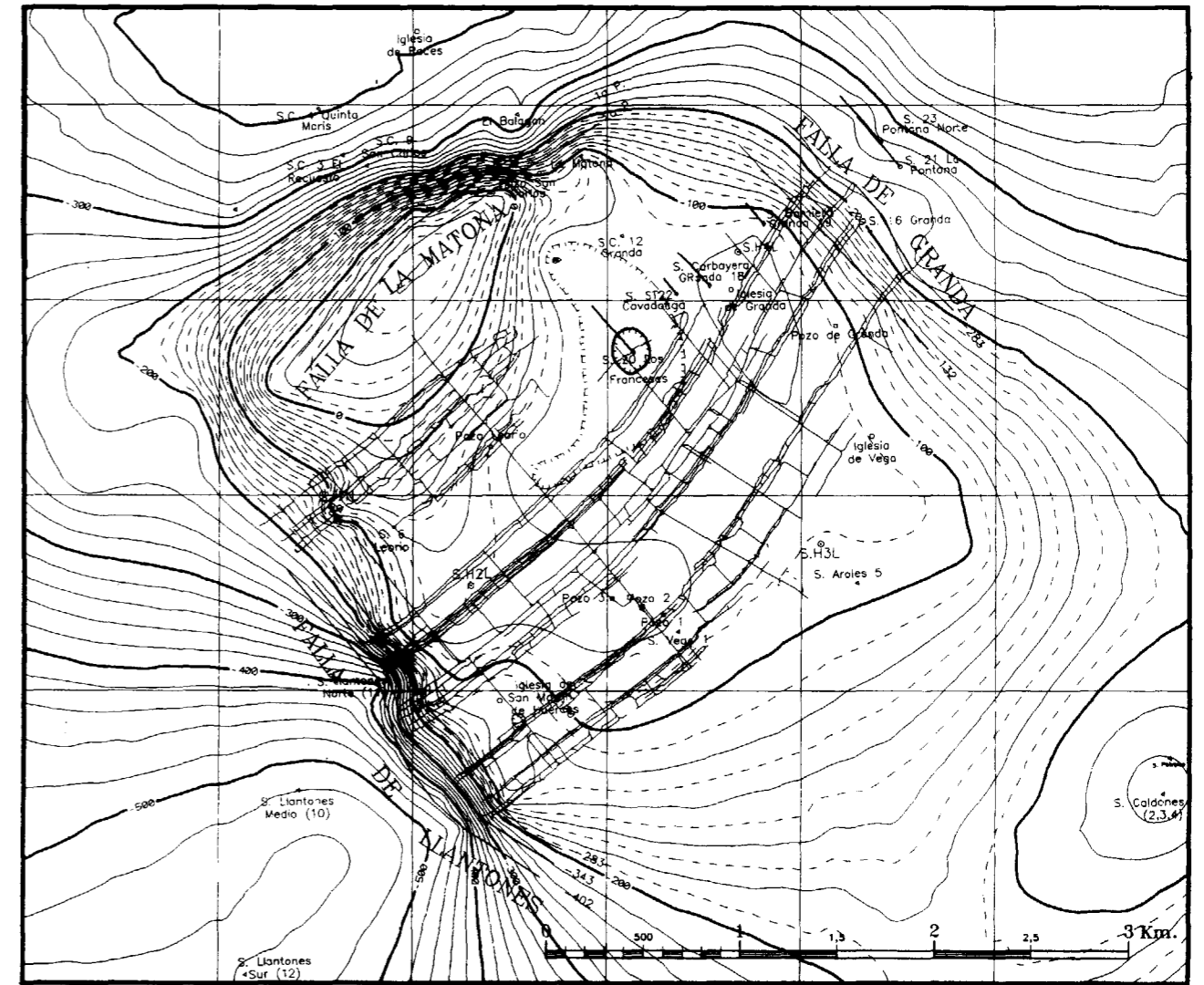


Figura 5.—Plano de isoprofundidades del contacto Pérmico-Carbonífero. Se han proyectado las labores de 5ª planta de La Mina y los sondeos existentes.

ficos, hecho este que nos marca el paso a la siguiente unidad.

- Caliche: Sobre una litología semejante a la anterior, se ha desarrollado un proceso de formación de caliches o costras carbonatadas, más intenso a medida que se asciende hacia el techo, lo que le confiere un aspecto brechoide característico (ver fotografía). La potencia es bastante constante en torno a los 30 m.
- Caliza: Junto con los conglomerados, es la

unidad más representativa de toda la serie Pérmica. El contacto inferior es semineto, la potencia varía entre 8 y 16 m. La litología original corresponde a calizas y calcarenitas con matriz detrítica, a veces con pequeños cantos de color muy claro, y con una intensa recristalización. Es muy característica la mineralización hidrotermal asociada de fluorita, barita, calcita y pirita existente en la parte superior de la unidad y que ronda el metro de espesor en esta zona, aunque en otras localidades próximas como Villabona y Pinza-

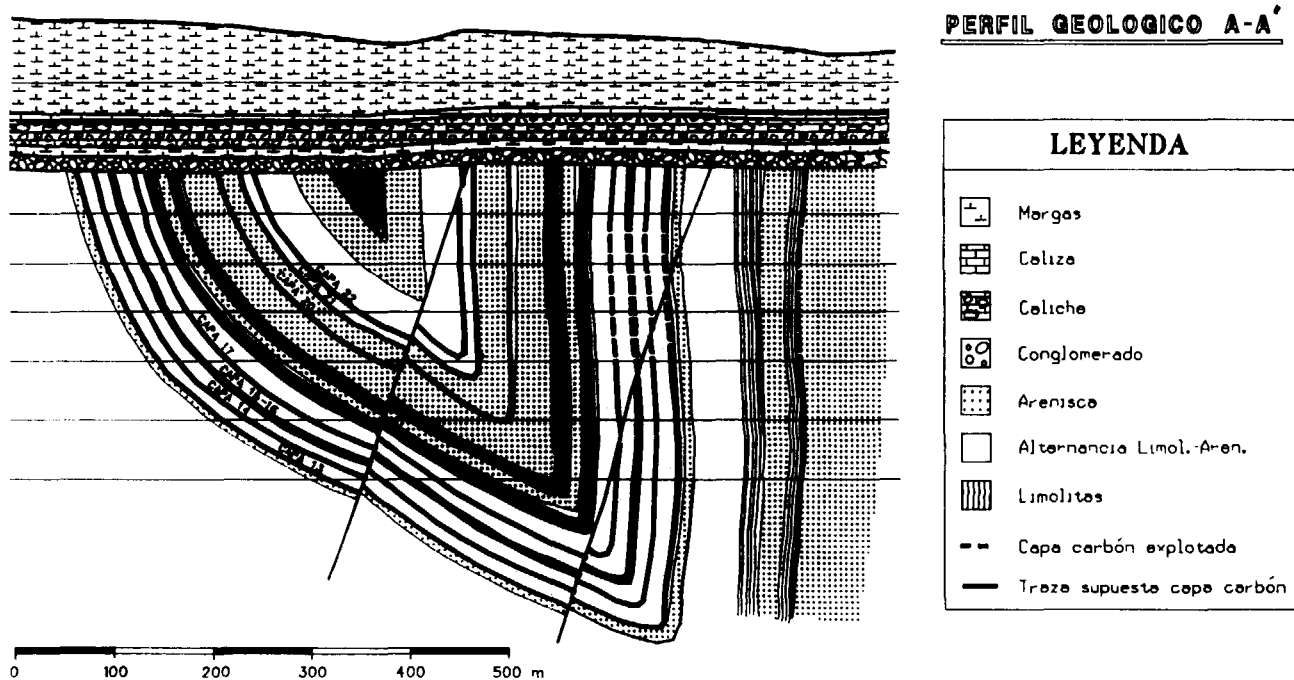


Figura 6.—Perfil geológico A-A', perpendicular al sinclinal hercínico de La Camocha.

les, ha sido explotada hasta tiempos muy recientes. Es también típica la presencia de una calcarenita de color verde-pálido en el techo.

- Margas: Presenta un contacto inferior neto. Se trata de una litología de margas arenosas homogéneas de color rojo, con abundantes huecos (ver fotografía), factor este que determina la existencia en esta unidad del principal nivel acuífero de la cobertera Pérmica. La potencia suele ser muy regular en toda la zona, oscilando entre 18 y 24 m.
- Limos superiores: El tránsito con el tramo anterior es gradual y poco perceptible *de visu*, y se diferencia de ella por la ausencia de carbonatos. Son de color rojo con uno o dos niveles de areniscas de grano muy fino con cemento carbonatado de color verde claro de 40-50 cm, incorporados en la zona media-baja. La potencia de esta unidad se aproxima a los 40 m.
- Margas y arcillas superiores: El contacto inferior es muy gradual y se puede caracterizar por la presencia de unos niveles de margas negras con abundante materia orgánica. Dentro del horst, esta unidad de gran monotonía

se encuentra incompleta debido a la actividad erosiva, no pasando en ningún caso de los 20 m., aunque en el graben situado al oeste ronda los 200 m de potencia. Son muy abundantes los niveles de yeso fibroso de hasta 10 cm de espesor.

TRABAJOS DESARROLLADOS

Se han efectuado cuatro pares de sondeos de investigación hidrogeológica (uno hasta el tramo de calizas y otro hasta el mismo Carbonífero) en los cuales se han efectuado los diferentes ensayos, además de otros tantos pero ya con un carácter exploratorio, cuya situación en relación a las labores de explotación en 5.^a planta y límites del horst queda reflejada en la figura 7.

El motivo de realizar los sondeos por pares fue el definir variaciones piezométricas en profundidad.

A) Ensayos Lugeon

Los ensayos de inyección de agua tipo Lugeon



Foto 1.—Testigos de la unidad basal de conglomerados pérmicos. Diámetro PQ.

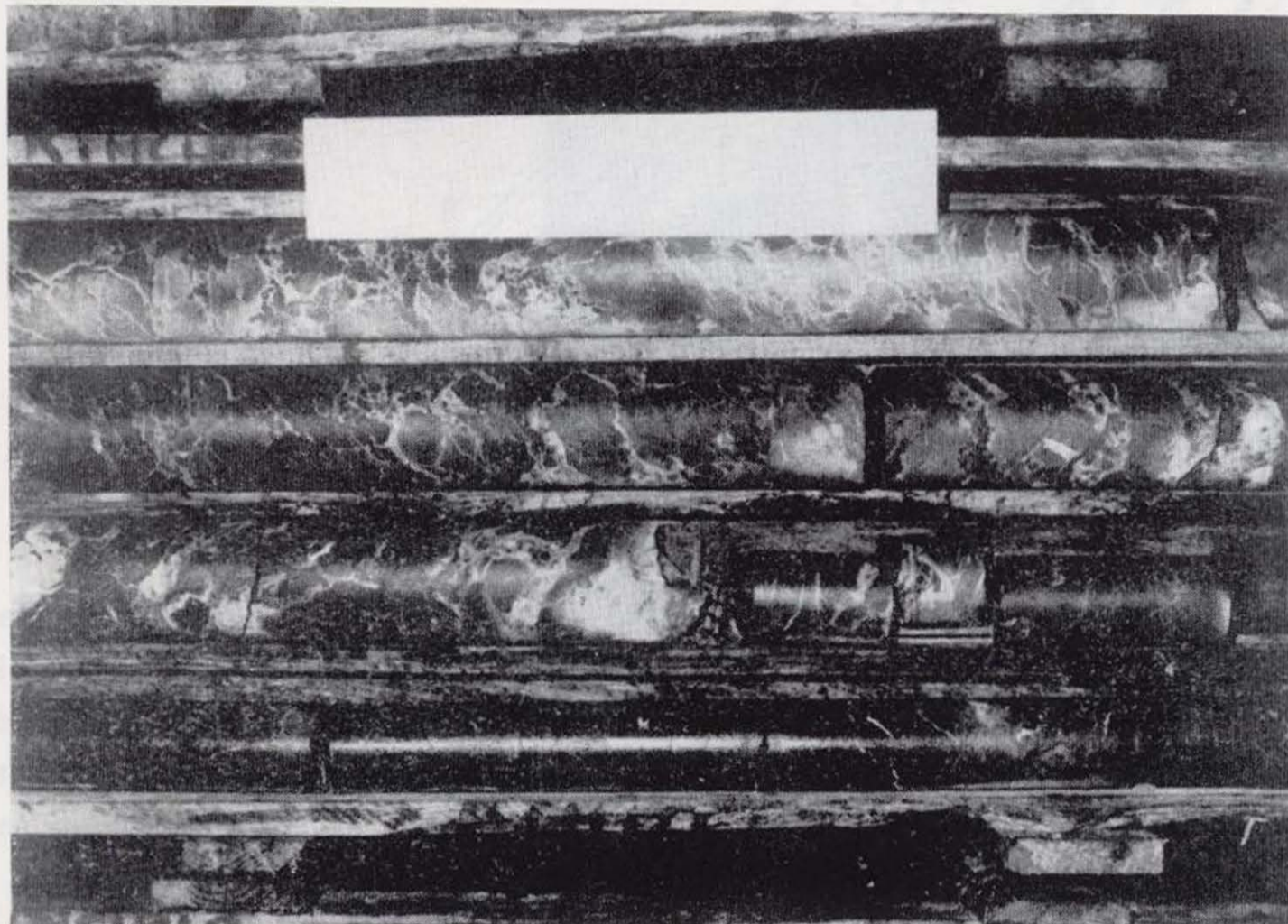


Foto 2.—Testigos del caliche, en los que se aprecia el típico aspecto de piel de serpiente. Diámetros PQ y HQ.



Foto 3.—Margas arenosas con poros, del acuífero principal de La Camocha. Diámetro del testigo: 86 milímetros.

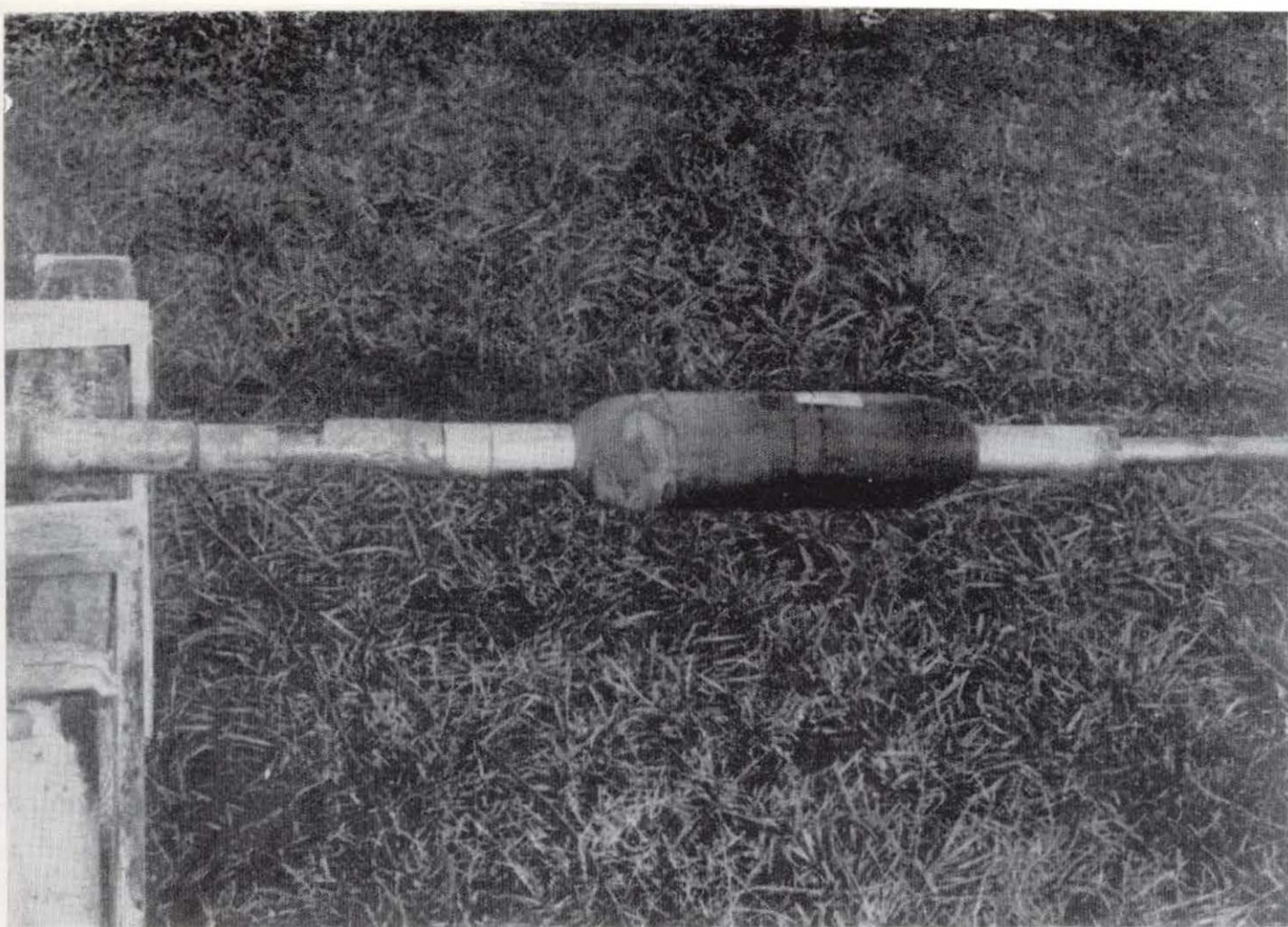


Foto 4.—Packer u obturador neumático utilizado para la separación de los tramos en los ensayos Lugeon.

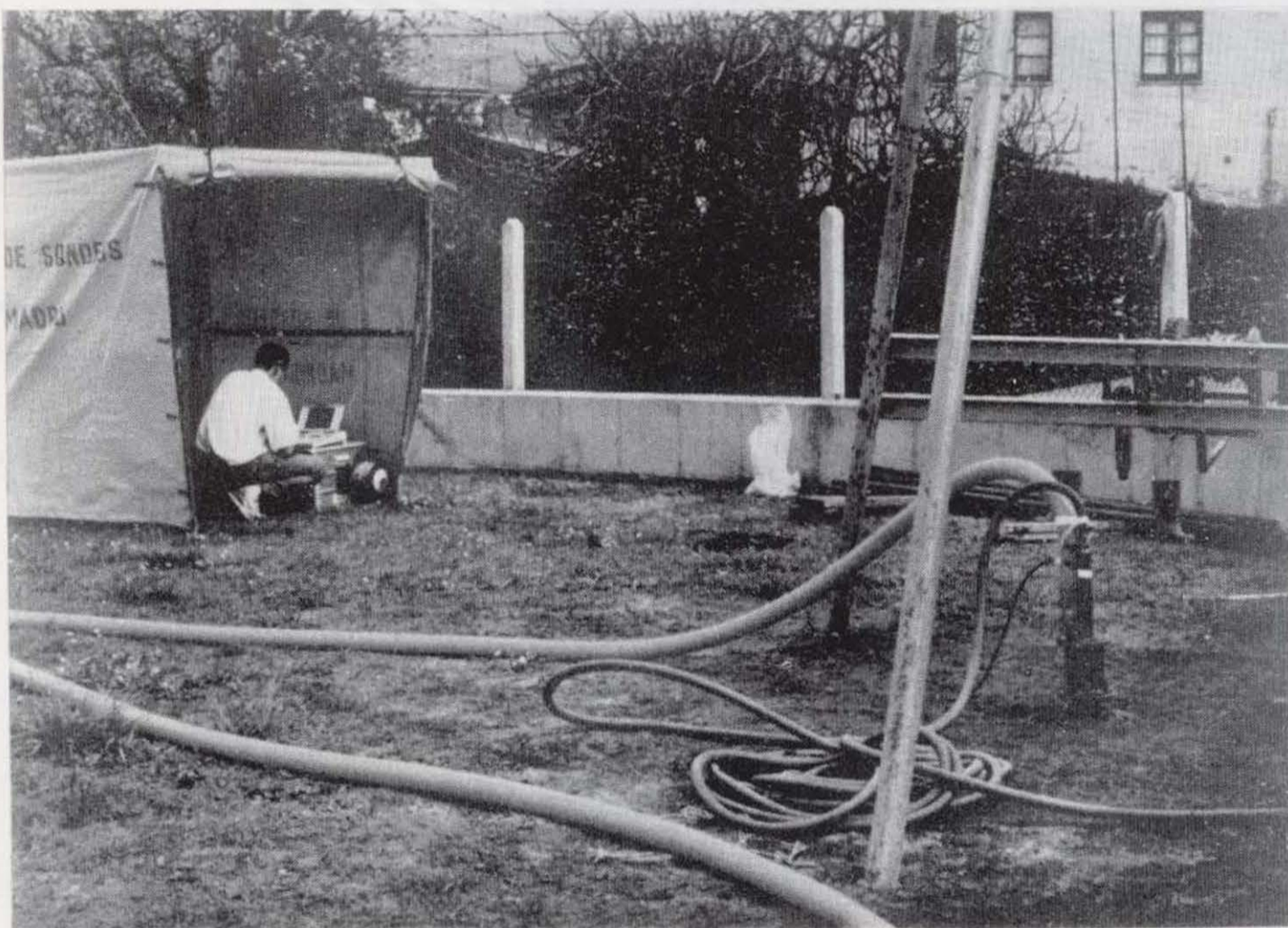


Foto 5.—Sensor de presión y unidad de adquisición de datos, utilizados en los ensayos de bombeo convencionales y mediante aire comprimido.



Foto 6.—Disposición de equipos para los ensayos de bombeo con aire comprimido.

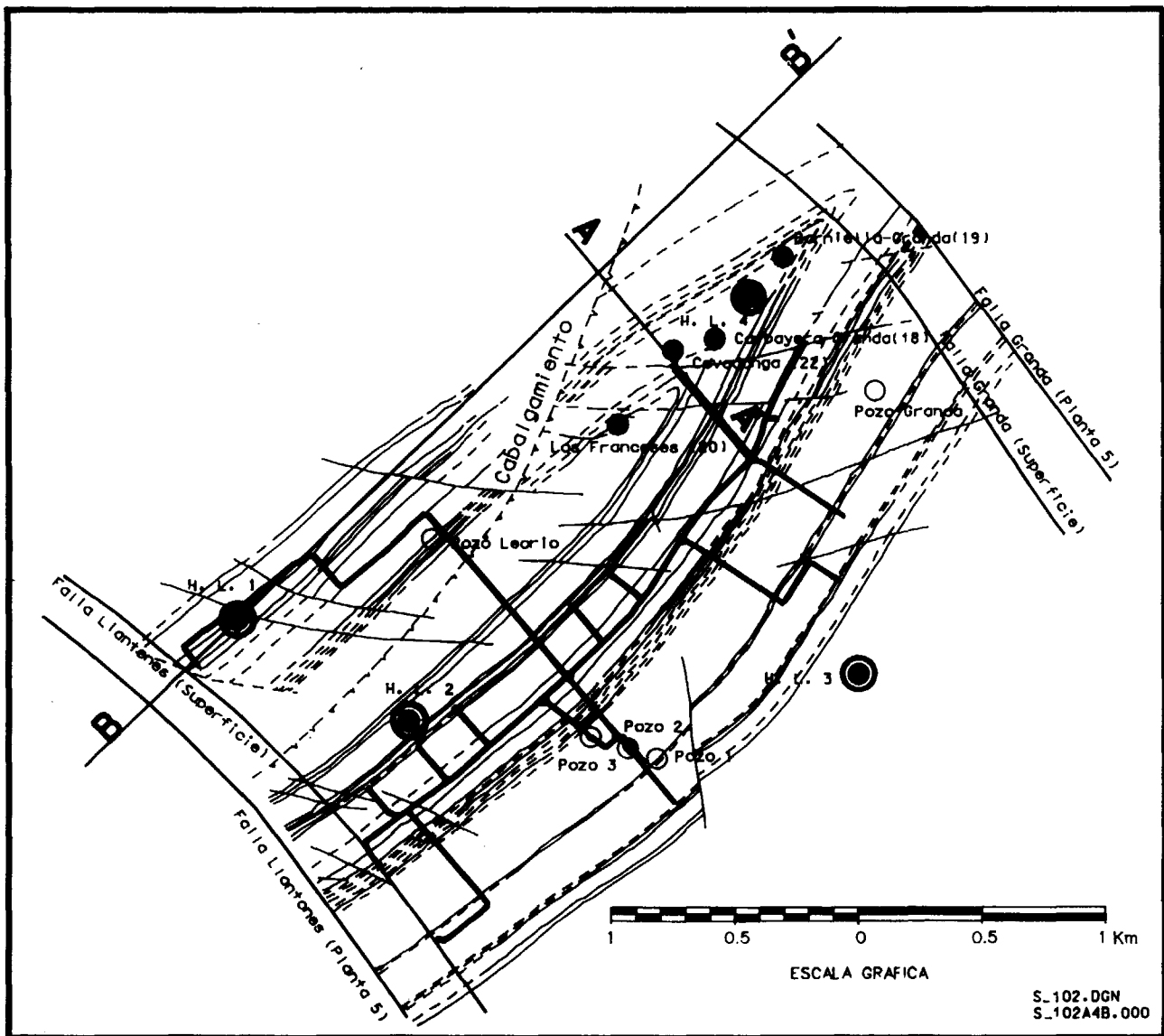


Figura 7.—Esquema estructural del horst de La Camocha, en el que se sitúan los perfiles A-A' y B-B', y la situación de los pares de sondeos hidrogeológicos realizados en este estudio.

se realizaron en tramos aislados de la serie mediante *packers* u obturadores neumáticos (ver fotografía). La inyección se efectuó escalonadamente en diferentes pasos, primero a presión atmosférica y posteriormente a presiones crecientes de 5 y 10 Kg/cm² para a continuación hacerlo decreciendo a 5 y a presión atmosférica de nuevo. En cada uno de estos escalones se mide el volumen de agua absorbido por el terreno durante los 10 minutos de duración de la prueba.

Se ha obtenido una permeabilidad para cada una de las presiones, en función de la fórmula:

$$K = 2,65 \times 10^{-5} \frac{Q}{LH} \times \ln \frac{10^3 \times L}{R}$$

En la que:

K = Permeabilidad (cm/s).

Q = Caudal (l/min).

L = Longitud del tramo ensayado (m).

H = Presión aplicada (Kg/cm² = Presión manométrica + h (m)/10.

h = Distancia del manómetro al nivel estático.

R = Radio del pozo (mm).

Los resultados obtenidos (a presión atmosférica y en ascenso), se exponen gráficamente junto con la columna litológica simplificada de cada uno de los sondeos, representados en la figura 8.

Como conclusiones generales de los ensayos Lugeon, cabe destacar la permeabilidad obtenida

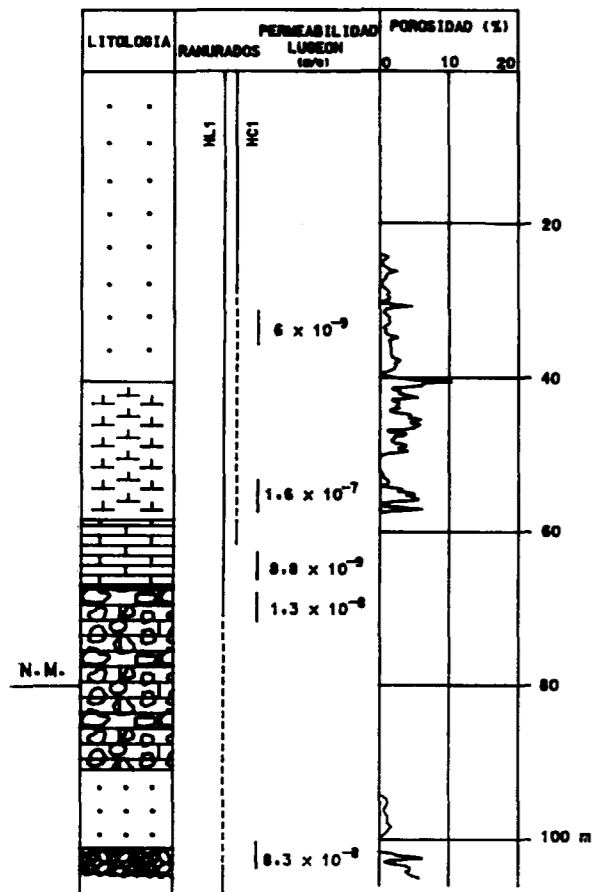


Figura 8.—Columna litológica simplificada del sondeo HL1, en la que se indican los resultados de los ensayos Lugeon realizados en los sondeos HL-* y HC-*, así como la porosidad deducida de las diagráfiás.

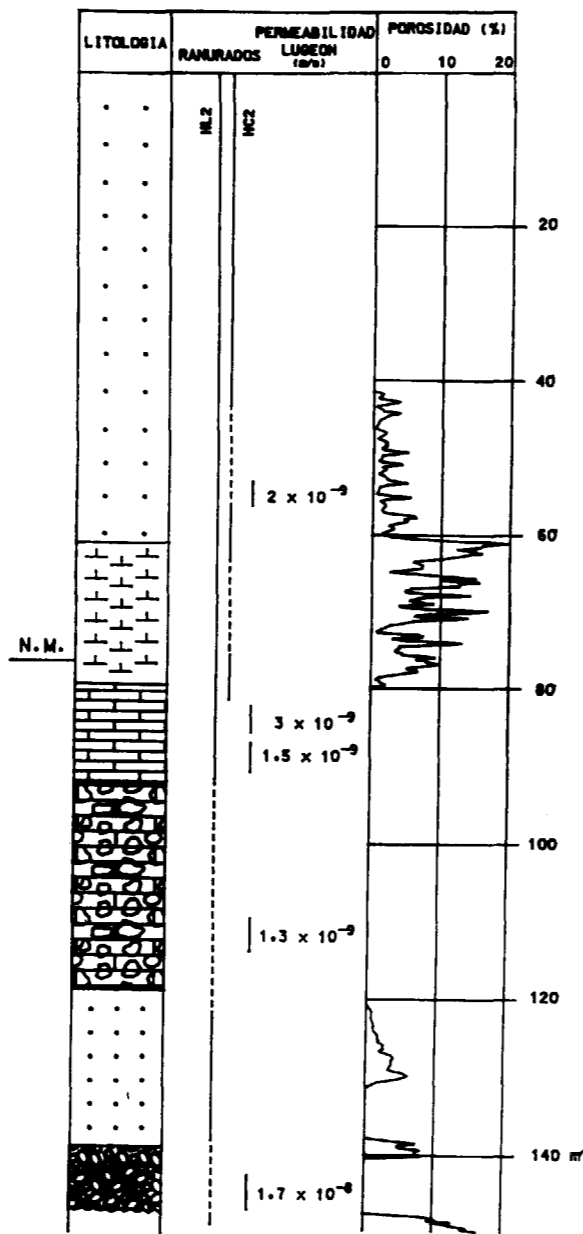


Figura 9.—Columna litológica del sondeo HL2.

para los conglomerados, con un valor medio entre 10⁻⁸ y 10⁻⁷ m/s (excepto en el sondeo HL4 que se obtuvo un valor de 5-6 × 10⁻⁶ m/s), más elevada de la inicialmente esperada. Para las demás litologías, las permeabilidades medias obtenidas se exponen en la tabla 1.

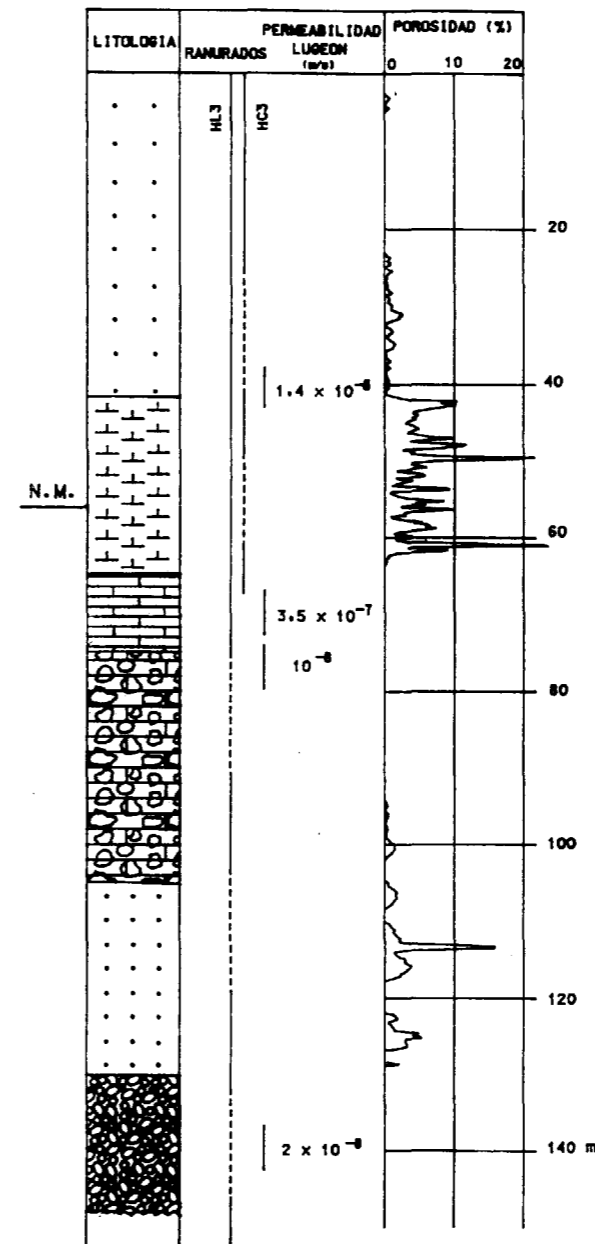


Figura 10.—Columna litológica comentada del sondeo HL3.

LITOLOGÍA	PERMEABILIDAD (M/S)
CONGLOMERADO	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁷
LIMO-CALICHE	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁸
CALIZA	10 ⁻⁹ - 10 ⁻⁸
MARGAS	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁵

Tabla 1.—Resultados medios ensayos Lugeon.

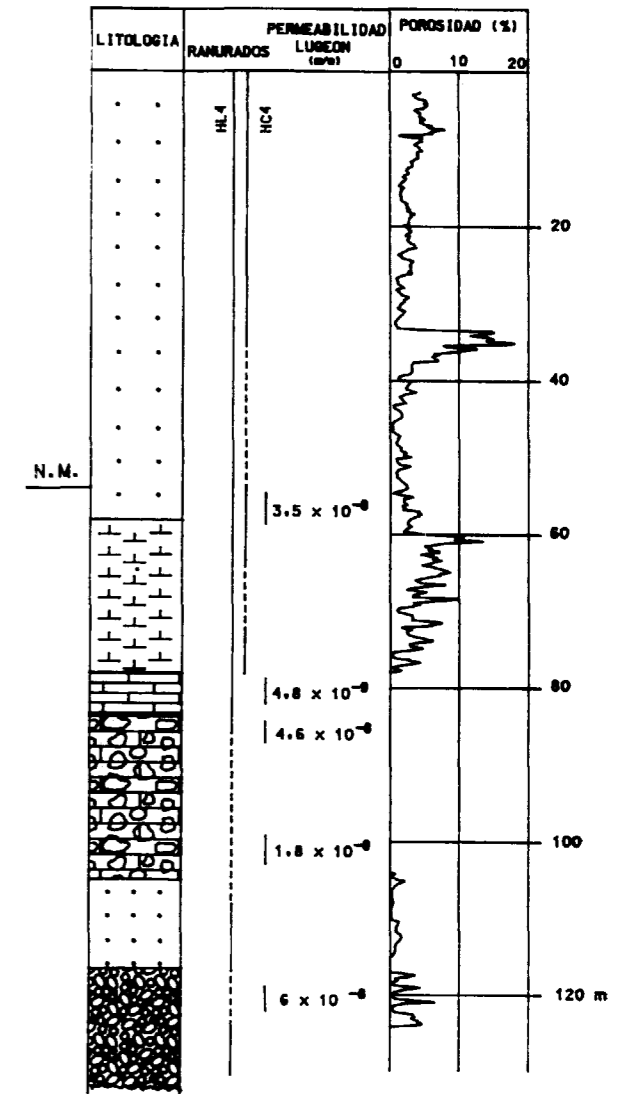


Figura 11.—Columna litológica del sondeo HL4.

B) Ensayos Slug-test

Los ensayos de inyección tipo Slug-test, consistentes en imponer una sobrecarga instantánea al nivel estático del tramo de sondeo a ensayar y registro hasta la nueva estabilización del nivel, se realizaron a la finalización de los sondeos hidrogeológicos a través de la tubería ranurada, haciendo uso de un pácker sencillo (ensayando entre éste y el fondo del pozo), realizando la sobrepresión con el llenado de la tubería de acceso que ha sido previamente obturada con un mini-

pácker. El registro de los niveles piezométricos se hizo cada 5" mediante un sensor de presión conectado a una unidad de adquisición de datos programable (según fotografía). Para la interpretación de los Slug-test, así como los ensayos de bombeo, se utilizó el programa ISOAQX (Hydrologic, 1988) que permite el uso de dos modelos para calcular las características hidráulicas de los materiales ensayados (COOPER et al., 1967, y BOUWER y RICE, 1976). Los resultados obtenidos, así como la zona ensayada, se exponen en la tabla 2.

SONDEO	TRAMO ENSAYADO	TRANSMISIVIDAD (m ² /s)	PERMEABILIDAD (m/s)
HL1	70,75-102,72	$7,5 \times 10^{-6}$	$2,3 \times 10^{-7}$
HL2	92-122	$2,5 \times 10^{-6}$	$6,25 \times 10^{-8}$
	138-148		
HL3	74,2-90,2	$4,6 \times 10^{-5}$	10^{-7}
	102,4-118,4		
HL4	130,6-144,6	$2,1 \times 10^{-4}$	7×10^{-8}
	85,2-107,3		
	115,4-123,4		

Tabla 2.—Resultados ensayos Slug-test.

C) Ensayos de bombeo

Los ensayos de bombeo convencionales se realizaron en los sondeos cortos, que habían llegado hasta la caliza y que por tanto cortaron el acuífero principal situado por encima de ella, objeto de estas pruebas. El caudal y tiempos de bombeo se fueron variando en función de las evoluciones de los niveles piezométricos, que se iban midiendo de igual manera que en los Slug-test.

También se realizaron ensayos de bombeo en los pozos someros de gran diámetro de propiedad particular existentes en las inmediaciones. De la observación de estos pozos y de los ensayos sobre ellos realizados, se ha visto la existencia de otro nivel piezométrico superior, que se corresponde con el agua hipodérmica contenida en los suelos, que brota en algunas fuentes y que de una manera difusa alimenta al acuífero principal, ya que estos materiales poseen una permeabilidad muy baja.

Los resultados de los ensayos de bombeo, realizados sobre las margas que soportan el acuífero principal, se recogen en la tabla 3.

SONDEO	TRAMO ENSAYADO	TRANSMISIVIDAD (m ² /s)	PERMEABILIDAD (m/s)
HC1	28,30-58,30	$2,3-4 \times 10^{-6}$	10^{-7}
HC2	43,30-57,30	$4-5,6 \times 10^{-6}$	2×10^{-6}
	63,40-75,40		
HC3	25,15-39,35	$2,0-2,7 \times 10^{-2}$	9×10^{-4}
	48,50-60,70		
HC4	35,00-54,00	$3,5-4,7 \times 10^{-4}$	$1-2 \times 10^{-5}$
	63,00-72,00		

Tabla 3.—Resultados ensayos de bombeo.

D) Ensayos de bombeo por inyección de aire.

Los ensayos de bombeo con inyección de aire se realizaron en el doblete largo de los sondeos hidrogeológicos, es decir el que llegaba incluso a cortar el Carbonífero, además del HC3 puesto que con el bombeo convencional apenas si se había conseguido deprimir el nivel piezométrico, por tanto y a excepción de este último, el tramo ensayado era el Pérmico basal o conglomerado arenisco-cuarcítico en contacto directo con los materiales paleozoicos. Los resultados se recogen en la tabla 4; asimismo, en la fotografía que se acompaña se puede observar la disposición de los equipos empleados para desarrollar estas pruebas.

SONDEO	TRAMO ENSAYADO	TRANSMISIVIDAD (m ² /s)	PERMEABILIDAD (m/s)
HC3	25,15-39,35	$6,4 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-4}$
	48,50-60,70		
HL1	70,75-102,72	$3,9-8,3 \times 10^{-7}$	$1,9 \times 10^{-7}$
	92,00-122,00		
HL2	138,00-148,00	$2,3-3 \times 10^{-5}$	$6,6 \times 10^{-7}$
	74,20-90,20		
HL3	102,40-118,40	$3,9-5,6 \times 10^{-6}$	10^{-6}
	130,60-144,60		
HL4	85,20-107,30	$3,6-6,1 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-6}$
	117,40-123,40		

Tabla 4

E) Testificación geofísica

La testificación geofísica se ha realizado con el equipo Century Compu-Log III en los cuatro sondeos hidrogeológicos largos, haciendo pasar las sondas Gamma natural, neutrón-neutrón y densidad, obteniendo diferentes parámetros de la roca

(densidad, porosidad, fracturación, etc.) y también del fluido del pozo (temperatura). En las figuras 8, 9, 10 y 11 se ha representado también la porosidad en cada uno de los sondeos, pues se ha considerado este parámetro como el más importante desde el punto de vista hidrogeológico de los obtenidos mediante la testificación geofísica.

CONCLUSIONES

Ya era conocida, desde el comienzo de la profundización de los primeros pozos, la existencia de un nivel acuífero por encima de las calizas, pero no se tenía conocimiento acerca de su extensión, valores de los parámetros hidráulicos y su variación espacial, etc., así como del resto de los materiales de la cobertera Pérmica. Por este motivo se realizó la investigación hidrogeológica comentada, con el fin de prevenir en la medida de lo posible los efectos sobre la explotación, a la vez de la determinación y puesta en marcha de ciertas medidas correctoras.

Con los trabajos y estudios realizados, sobre todo el registro Pérmico, se ha identificado y definido perfectamente este nivel acuífero comentado, pero además se ha llegado a la conclusión de la existencia de otro nivel (conglomerado silíceo basal), con una caracterización hidráulica relativamente importante, sobre todo dada su situación en contacto directo con el Carbonífero, y la repercusión que pueda tener debido a los efectos de la subsidencia generados por la explotación.

En el acuífero semiconfinado en las margas arenosas por encima de las calizas pérmicas o acuífero principal, se han observado unas variaciones espaciales relativamente importantes en su transmisividad, a pesar de la aparente constancia de potencia del acuífero, de 0,5 a 600 m²/día, apareciendo los valores mínimos en las proximidades de la falla de Llantonos (sondeos H1 y H2) y aumentando progresivamente en dirección este hacia la falla de Granda (H3 y H4), donde alcanzan los valores máximos.

Por su parte el acuífero basal en conglomerado,

presenta unas variaciones en cuanto a transmisividades de entre 2,5 y 4 m²/día, que podemos considerar mínimas teniendo en cuenta las variaciones de potencia y sobre todo la granulometría del conjunto arenisco-conglomerático.

REFERENCIAS

- CUSTODIO, E., y LLAMAS, M. R. (1983): *Hidrología subterránea*. Ed. Omega. 2 vol. Barcelona.
- FELGUEROSO, L. (1932): *Trabajos realizados por la Sociedad Felgueroso para reconocer los terrenos hulleros que se extienden bajo estratos triásicos del concejo de Gijón y noticia sobre la profundización del Pozo La Camocha, consecuencia de aquellos trabajos*. 1.º Congreso Agrupación Ingenieros de Minas del Noroeste de España de 1931. 85-109, 4 láms.
- GERVILLA, M.; BEROIZ, C.; PIGNATELLI, R.; BARON, A.; COMA, J. E.; FELGUEROSO, C.; RAMIREZ DEL POZO, J., y GIANNINI, G. (1973): *Memoria de la hoja 29, Oviedo*. Mapa Geológico de España, 1:50.000 (serie M.A.G.N.A.). Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. 64, 6 figs. Madrid.
- JUAREZ, J. (1993): *Aplicación del aire comprimido en la extracción de agua en sondeos de pequeño diámetro*. Minería y Siderurgia, núm. 9, 19-26, 4 figs. Madrid.
- JULIVERT, M.; TRUYOLS, J.; RAMIREZ DEL POZO, J., y GIANNINI, G. (1973): *Memoria de la hoja 14, Gijón*. Mapa Geológico de España, 1:50.000 (serie M.A.G.N.A.). Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. 48, 5 figs. Madrid.
- MANN, A. C. (1992): *An interpretation of data from the 1991 seismic survey for La Camocha Mine, Gijón, Asturias, Northern Spain*. British Coal Corporation. Technical Services and Research Executive, Geotechnical Services Report. 13 pp., 7 figs., 1 map. Bretby.
- MARTINEZ GARCIA, E. (1983): *El Pérmico de la Región Cantábrica*. In: C. Martínez Díaz (Ed.), Carbonífero y Pérmico de España. X Congr. Intern. Estratigrafía y Geol. Carbonífero, 389-402.
- MARTINEZ GARCIA, E. (1990): *Stephanian and Permian Basins, Stratigraphy, Cantabrian and Palentian Zones*. Pre-Mesozoic Geology of Iberia. R. D. Dallmeller y E. Martínez García, Eds. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 39-54, 1 fig. Heidelberg.
- MARTINEZ GARCIA, E.; WAGNER, R. H., y GARCIA RAMOS, J. C. (1991): *La Cobertera Paleozoica Post-Hercinica en el Oriente de Asturias (NO de España)*. Geogaceta, 10: 160-162. Madrid.
- SUAREZ VEGA, L. C. (1974): *Estratigrafía del Jurásico de Asturias*. Cuadernos de Geología Ibérica, 3: 369, 37 láms., 2 map. Madrid.
- VILLANUEVA, M., e IGLESIAS, A. (1984): *Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo*. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.

Original recibido: Enero de 1994.

Original aceptado: Febrero de 1994.