

REPUBLICA



ARGENTINA

MINISTERIO DE ECONOMIA Y TRABAJO
SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA Y MINERIA
SUBSECRETARIA DE MINERIA Y COMBUSTIBLES
DIRECCION NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA
Avda. JULIO A. ROCA 651

BOLETIN N° 118

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
PARA LA PROVISION DE AGUA
DE
CAÑADA ROSQUIN**

Provincia de Santa Fe

POR

HUGO O. BITESNIK



BUENOS AIRES

1969

**Director Nacional de
GEOLOGÍA Y MINERÍA**
Dr. Edgardo A. Menoyo

INDICE

RESUMEN	5
INTRODUCCION	6
Propósitos y alcances de la investigación	6
Ubicación y delimitación del área	6
Recursos naturales	6
Investigaciones anteriores	6
Agradecimientos	6
GEOMORFOLOGIA	7
CLIMA	7*
Cálculo de evapotranspiración	8
GEOLOGIA	9
Generalidades y resumen	9
Ensenadense	9
Bonaerense	9
Característica de la formación portadora de agua	9
AGUAS SUBTERRANEAS	10
Origen	10
Forma de presentarse	10
Movimiento	10
Recarga y descarga	10
Utilización	10
Carácter químico de las aguas subterráneas	10
TRATAMIENTO DE AGUAS	11
Clorización	11
Dureza	12
Desmineralización	12
Mezcla o combinación de aguas	12
HIDROGEOLOGIA	13
Estudio global de la morfología de la superficie piezométrica	13
Espaciamento de las curvas isopiezas	13
Determinación del gradiente hidráulico	14

Cálculo del caudal unitario	14
Perfil de depresión	14
Cálculo de la velocidad efectiva media de escurrimiento	15
ENSAYOS DE BOMBEO	15
Descarga constante sin filtración vertical - Fórmula de no equilibrio de Theis ..	15
Método de Jacob	17
Método de Thiem	19
Descarga o recarga constante sin filtración vertical - Fórmula de recuperación de Theis	19
EVALUACION GLOBA DE LAS NECESIDADES	20
Población	20
Industria	20
CALCULO DE LAS RESERVAS NATURALES	21
EVALUACION GLOBAL DE LA INFILTRACION	21
METODO DE EXTRACCION	22
Perforación N° 10 —ZONA A—	22
Perforación N° 5 —ZONA C—	22
Perforación N° 2 —ZONA B—	23
Perforación N° 4 —ZONA D—	23
ANALISIS DE AGUA (Muestras censo hidrogeológico)	24
ANALISIS DE AGUA (Muestras perforadora Failing)	25
CONCLUSIONES	26
LISTA BIBLIOGRAFICA	27

RESUMEN

Este trabajo describe los estudios hidrogeológicos realizados en la zona de Cañada Rosquín —Prov. de Santa Fe— con el objeto de proveer de agua corriente a la población homónima. Toda la zona se extiende sobre limos y loess pampeanos. La pendiente general del suelo es de oeste a este.

El régimen pluviométrico es bastante uniforme, con una precipitación promedio de 900 mm anuales.

La geología observada se reduce a dos miembros de la Formación Pampeano: Ensenadense y Bonaerense.

Se ha calculado la permeabilidad, transmisibilidad y almacenaje por los métodos propuestos por Thiem, Theis y Jacob. Además se ha tenido en cuenta el cálculo de las reservas naturales con relación a la evaluación global de las necesidades.

Se propone un método de extracción de acuerdo a las experiencias de campo.

Por último, se hace una reseña a las aguas subterráneas: recarga, descarga, utilización, carácter químico y mezcla de las mismas.

Facilitan la lectura del informe una carta hidrogeológica de la zona, fotografías, dos perfiles y varios gráficos de las curvas obtenidas mediante los ensayos de bombeo.

INTRODUCCION

El pueblo de Cañada Rosquín está ubicado en el Departamento San Martín, a 137 Km al noroeste de la ciudad de Rosario y comunicado por la ruta Nacional N° 34 y el Ferrocarril Belgrano. Geográficamente, podríamos decir, en el centro-sur de la provincia de Santa Fe.

Propósitos y alcances de la investigación. — El presente estudio tiene por objeto conocer las características hidrológicas e hidrogeológicas del primer acuífero, o capa freática o capa libre, con el fin de dotar de agua corriente a la población de Cañada Rosquín.

Para evitar la contaminación del acuífero —que se viene produciendo en el égido urbano a causa de no existir red cloacal— se eligió, para el estudio, el sector situado inmediatamente al oeste del pueblo, es decir, aguas arriba respecto del escurrimiento subterráneo.

Los trabajos primarios fueron realizados con un equipo de perforación FAILING, combinado con helicoides y sistema rotary.

Ubicación y delimitación del área. — La zona se encuentra situada entre los paralelos 32° 01' y 32° 05' de latitud sur, y los meridianos 61° 35' y 61° 40' de longitud oeste, abarcando una extensión de 64 Km² aproximadamente.

Recursos naturales. — Toda la región es agrícola-ganadera. Se cultivan las especies típicas de la zona. La ganadería es muy importante, especialmente la afectada a la industria de los productos lácteos.

Investigaciones anteriores. — Se ocuparon de la geomorfología de la región Pasotti y Castellanos (1963) en un estudio sobre el relieve de la llanura Santafecino-Cordobesa. Pasotti (1964), en la "Hidrografía superficial en los bloques tectónicos de Centeno y Gálvez" (1966), en la descripción de "La zona colinosa de Gálvez, notable rasgo morfológico de la llanura Santafecina"; y (1966), en la "Geomorfología de las Cañadas de Rosquín y de Carrizales y zonas aledañas".

En cuanto a estudios hidrogeológicos, se han ocupado Gollan y Lachaga (1939) en una primera contribución al conocimiento de las aguas de la provincia de Santa Fe; Kreimer (1968), en la "Descripción Hidrogeológica de la zona de Arias, Venado Tuerto y Colón y Bitesnik (1966 y 1967), Descripción Hidrogeológica de la región de Marcos Juárez (Pcias. de Córdoba y Santa Fe); y en la Descripción hidrogeológica de la Región de El Trébol".

La Dirección de Hidráulica de la provincia de Santa Fe ha realizado (1966), un estudio somero sobre la fuente para provisión de agua a Cañada Rosquín que trajo aparejado la ejecución del presente estudio.

Agradecimientos. — El autor agradece la colaboración prestada por el Técnico Minero Enrique A. Carlotto, y los Sres. Eleodoro R. Camacho y José Vercesi en las tareas de campo.

GEOMORFOLOGIA

La población de Cañada Rosquín está situada inmediatamente al oeste de la Cañada de Carrizales y limitada al noreste por la Cañada de Rosquín y, al sur por la Cañada de Las Bandurrias, ambas afluentes de la Cañada de Carrizales.

Toda la zona situada al este del pueblo correspondería a un bloque hundido o fosa tectónica ⁽¹⁾ de 11 Km de extensión y con cotas que varían entre 45.0 m sobre el nivel del mar al oeste, hasta 40.0 m, al este. Esta fosa ⁽²⁾ estaría limitada por dos escalones de falla, en uno de los cuales, el occidental, se sitúa la población mencionada, con cotas sobre el nivel del mar que oscilan entre 70.0 y 75.0 m.

Además de las cañadas mencionadas surcan la zona de estudio —en dirección oeste-este— tres bajos o cañaditas. El primero se encuentra a 1.800 m al norte del égido urbano y puede observarse inmediatamente después del cementerio local. El eje o talweg del mismo está marcado por la alcantarilla sobre el camino a la localidad de Traill. El segundo atraviesa el pueblo, exactamente por la zona denominada barrio San Pedro, y que, hacia el este, adquiere características de verdadera cañada. El tercero se sitúa a 1.500 m al sur del radio urbano y, en parte, se ha hecho una canalización precaria para favorecer el escurrimiento de las aguas superficiales.

Evidentemente, estos “bajos”, son de distinto origen, que las grandes cañadas, o por lo menos, formados en épocas geológicas distintas, pues, contrariamente a lo que sucede en las grandes cañadas mencionadas, aquí el contenido salino es ínfimo; lo que ha dado lugar que uno de los flancos del “bajo” situado al norte del pueblo sea considerado como la mejor zona de explotación (Plano 10).

CLIMA

Las precipitaciones de la zona, único dato de verdadero interés para nuestro estudio, se producen con variaciones notables: mínimas en invierno y máximas en verano, otoño y primavera.

El total anual, tomando el promedio de 30 años, puede estimarse en 900 mm para toda la región.

Como dato ilustrativo se indican, a continuación, los valores mensuales en promedios registrados en la estación Gálvez, situada 48 Km al noreste de nuestra zona de estudio.

(1-2) Pasotti, Pierina, 1966, “Geomorfología de las Cañadas de Rosquín y de Carrizales y zonas aledañas”. Publicación 1. Instituto de Fisiología y Geología, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, República Argentina.

Promedio milímetros de lluvia - Estación Gálvez
Período 1921 - 1950

Enero	111
Febrero	87
Marzo	138
Abril	77
Mayo	52
Junio	30
Julio	33
Agosto	36
Setiembre	56
Octubre	101
Noviembre	91
Diciembre	<u>112</u>
Anual	924

Cálculo de evapotranspiración.— La evapotranspiración real está dada por la fórmula de Turc:

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{(300 + 25 t + 0,05 t^3)^2}}}$$

donde:

E = Evapotranspiración anual en mm.

P = Altura de precipitación media anual.

t = Temperatura media anual en grados C.

$$E_r = \frac{900}{\sqrt{0.9 + \frac{900^2}{(300 + 25 \times 16,8 + 0,05 \times 16,8^3)^2}}}$$

E_r = 690 mm/año.

GEOLOGIA

Generalidades y resumen. — Siguiendo los conceptos vertidos por el Dr. Gonzalez Bonorino en su informe "Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico", se han agrupado los miembros ya descriptos en la literatura clásica —Pre-Ensenadense, Ensenadense y Bonaerense— en una sola formación, que responde a las características sedimentológicas de ese conjunto y que llamaremos en lo sucesivo Formación Pampeano. Tal Formación agrupa toda la sedimentación que se encuentra sobre las conocidas Arenas Puelches.

Siguiendo nuestro propósito, sólo se hará una breve descripción de los miembros atravesados en las perforaciones (3) Fig. 8.

Ensenadense. — Está compuesto por un espeso horizonte de limos loesoides de color pardo, con tintes amarillentos, grisáceos, rojizos y a veces verdosos. Su sedimentación quedó circunscripta en la cuenca de las depresiones y sólo se ha llegado a su parte superior en las perforaciones más profundas (Nº 5 y 19). Su base suele ser estratificada en capas irregulares de naturaleza arenosa, arcillosa o conglomerádica. Más arriba pierde toda estratificación para pasar, gradualmente, a tomar el aspecto de un verdadero loess. En la mayor parte de su espesor abundan gruesas tosquillas calcáreas irregulares, llegando a formar verdaderos bancos de tosca. Su espesor varía entre 35 y 40 ó más metros.

Bonaerense. — Continúa al Ensenadense con facies eminentemente loesicas y con espesor de hasta 6 ó 7 metros. Su grano es fino y homogéneo, su masa, recorrida por innumerables canalículos dejados por raíces finísimas, es porosa, no estratificada, calcarífera, con abundantes nódulos o muñecos situados en bancos más o menos uniformes invariablemente entre los 4 y 8 metros de profundidad.

La coloración es uniformemente pardo clara, generalmente con tinte rojizo.

Características de la Formación portadora de agua. — Los sedimentos de la zona, objeto de estudio, son desde el punto de vista de su capacidad para retener agua, impermeables y semi-permeables.

La Formación Pampeano, como se ha puntualizado, está compuesta en su mayoría por loess de color pardo rojizo hasta amarillento, con concreciones calcáreas en diversos niveles e intercalaciones arcillosas y limosas. Es, justamente, en estas intercalaciones limosas donde se ubican los acuíferos; el primero, de naturaleza libre, es decir, sin presión; y el segundo, confinado, con presión moderada, que en la zona C se ha constatado que sobrepasa el nivel estático del acuífero libre en 0.80 m.

En general, puede decirse que los acuíferos de esta formación son de regular calidad, con una permeabilidad mediocre. No obstante, con ciertas precauciones, podrían obtenerse buenos caudales, especialmente del primer acuífero confinado (ver ensayos de bombeo).

(3) Si el lector desea interiorizarse puede hacerlo en el estudio global que el suscripto tiene sobre la zona, titulado: Descripción Hidrogeológica de la Región de El Trébol. Dirección Nacional de Geología y Minería, Buenos Aires.

AGUAS SUBTERRANEAS

Origen. — La precipitación media anual en la zona de Gálvez es de 924 mm —Período 1921 - 1950—. Del total de las precipitaciones, como se ha puntualizado, parte escurre directamente por la superficie, parte se evapora, parte es transpirada por las plantas, y una pequeña porción desciende hacia la zona de saturación.

Toda la recarga del acuífero libre en el área proviene de las precipitaciones. Una vez que el agua se incorpora al acuífero, circula perpendicularmente a las curvas isofreáticas hasta los puntos de descarga, situados al este de nuestra región.

No se poseen datos de freatimetría, por lo que es imposible dar valores exactos de recarga. Los datos más cercanos corresponden a la ciudad de Gálvez, y como hecho comparativo, puede decirse que a partir de 1947 y hasta 1951 en adelante, la curva de freatimetría acompaña a la pluviométrica, con el desfase lógico que provoca el período de infiltración.

Forma de presentarse. — En el pequeño sector estudiado, la capa freática, se encuentra en sedimentos de naturaleza limosa, de color pardo-rojizos hasta amarillentos, de textura migajosa, con una intercalación de CO_3Ca —tosca— en nódulos o muñecos, entre los 4.0 y 8.0 metros.

La potencia del acuífero saturado varía entre 1.50 y 5.10 metros. La temperatura del agua oscila entre 17 y 20° C.

Movimiento. — El movimiento del agua subterránea (Fig. 10 —Mapa—) es, como era de esperar, hacia el este, y producido por la pendiente regional del terreno.

Recarga y descarga. — La recarga, como se ha dicho, proviene de las precipitaciones. La descarga se produce, en parte, por el bombeo local (bombas, molinos, etc.) y por conducción —la mayor parte— hacia zonas más bajas, es decir, de menor cota. Gran parte de estas aguas pasan a engrosar el caudal de la Cañada de Carrizales.

Utilización. — Actualmente todo el agua extraída se utiliza para consumo humano, abreviar hacienda y en la industria lechera —como refrigerante—. No se tienen noticias de su uso para riego.

Terminado este estudio, un sector de la zona situada a 1.250 m al noroeste del pueblo, abastecerá las necesidades de Cañada Rosquín.

Carácter químico de las aguas subterráneas. — El carácter químico de las aguas subterráneas está evidenciado por 83 análisis rápidos de campo y 7 análisis completos, efectuados en los laboratorios de la Dirección de Hidráulica de la Prov. de Santa Fe, bajo la dirección del Dr. Hugo B. Seghizzi. Los resultados obtenidos están consignados en la planilla 9 de análisis químicos.

Ateniéndonos a nuestro objetivo, sólo tendremos en cuenta la composición química de las aguas que se van a utilizar.

Los sólidos disueltos oscilan entre 534 y 1964 mg/l, siendo común el agua con residuo de 1.200 mg/l promedio. Estos valores pueden considerarse muy buenos si se tiene en cuenta que O. S. N. da como límite, para consumo humano, 2.000 mg/l.

La dureza de las aguas varía entre 35 y 190 mg/l., es decir, apenas llegan a ser duras (límite, 220 mg/l).

El ión cloruro se encuentra en proporciones normales —43 a 312 mg/l— y muy por debajo del límite —700 mg/l—.

Los sulfatos, exceptuando la muestra n° 5 correspondiente a la segunda capa de agua, no superan el límite de 300 mg/l. Los tenores van de 34 a 178 mg/l.

Los nitratos se encuentran en una proporción acaso algo elevada. Se lo ha detectado en todas las muestras con valores de 4 hasta 38 mg/l. Se da a continuación una tabla con los guarismos límites para cada uso:

Infantes	6.0 mg/l
Adultos	12.0 mg/l
Ganado	45.0 mg/l

El flúor se encuentra en proporciones beneficiosas para el consumo, pues apenas sobrepasa el límite admisible —2.0 mg/l— (2,1 mg/l, muestra N° 427) en sólo una muestra; en el resto oscila entre 0.2 y 1.4 mg/l.

El arsénico se encuentra en proporciones muy variables: desde 0,02 mg/l hasta 0,24 mg/l. Obras Sanitarias de la Nación da como límite admisible 0,12 mg/l y la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Santa Fe, 0,16 mg/l.

De acuerdo con lo expresado, y siguiendo las normas dadas por Schoeller, las aguas pueden clasificarse como:

Hipercarbonatadas, cloruradas normales y sulfatadas normales a oligosulfatadas.

TRATAMIENTO DE AGUAS

El necesario cumplimiento de las condiciones mínimas que debe reunir el agua para ser potable, no excluye hoy día la posibilidad de su uso, pues pueden ser aplicados varios métodos para la corrección de sus defectos.

Los tratamientos previos al uso del agua pueden clasificarse en: a) Mecánicos; b) Físicos; c) Químicos y d) Mixtos.

Dentro de los tratamientos mecánicos, los más usados son la agitación, la decantación y la filtración. La agitación y la decantación son operaciones bien conocidas, mediante las cuales, se produce la reducción del CO_3Ca por disminución del CO_2 que determina su exceso. Al mismo tiempo se produce la precipitación de los sólidos disueltos, acompañada de algunos microorganismos en suspensión.

Estas operaciones se completan con la filtración, que se realiza haciendo pasar el agua a través de arenas y/o gravas de distinto tamaño.

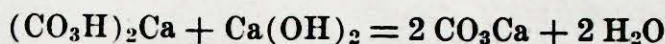
El tratamiento físico más común se efectúa por medio del calor. La ebullición es uno de los tratamientos más antiguos usado por el hombre; y prolongada durante unos diez minutos, se consigue la destrucción de los microbios en suspensión. Se aconseja, para mejorar el agua tratada por este medio, agitarla, y para hacerla más agradable, aromatizarla con yerbas naturales.

Los procedimientos químicos son muchos y variados. Aquí se hará una breve descripción de los más comunes que son: los que permiten eliminar bacterias nocivas para la salud y corregir la dureza y la salinidad del agua.

Clorización. — El tratamiento por cloro libre o de los elementos activos de algunos compuestos del mismo es de aplicación sencilla, y sumamente eficaz por su acción bactericida.

La dosis del cloro suele ser de 0,1 a 0,5 gramos por metro cúbico de agua tratada, siempre que la misma tenga aspecto claro. Después de tratada conviene mantenerla depositada algún tiempo antes que entre en la red de distribución.

Tratamiento de la dureza. — La dureza temporaria del agua puede reducirse mediante el empleo de “lechada de cal” en cantidad determinada por medio de análisis, de acuerdo a la siguiente reacción:



La dureza permanente puede reducirse e incluso llegar a desaparecer usando carbonato neutro de sodio (sosa). La siguiente reacción:



produce sulfato de sodio que confiere al agua, un gusto desagradable y no quita la sed.

Un método más moderno para la eliminación de ambas durezas (temporaria y permanente) lo constituye el empleo de zeolitas. Tales zeolitas ceden los elementos alcalinos (Na^+ , K^+ y Li^+) y fijan los alcalinos térreos (Ca^{++} y Mg^{++}). Las zeolitas son recuperables introduciéndolas en una solución saturada de cloruro de sodio (salmuera).

Desmineralización. — Mediante un proceso similar al usado para “ablandar” el agua, puede desmineralizarse. Este proceso se basa en la ionización de los minerales solubles por el empleo de resinas sintéticas de dos tipos según se usen para intercambiar cationes o aniones. Generalmente se deben eliminar los aniones cloruro y sulfato para obtener agua apropiada para la bebida.

El costo de la desmineralización, de acuerdo con las consultas efectuadas en algunas compañías que se ocupan del problema, podría llegar a ser inferior a 3 centavos de dólar por litro.

Mezcla o combinación de aguas. — La mezcla o combinación de dos o más aguas diferentes puede traer aparejada una importante economía, como en nuestro caso que sería sumamente ventajosa la explotación de dos acuíferos (primera y segunda capa).

Este procedimiento no es, desde luego, siempre posible; pero cuando se dispone de dos tipos diferentes de agua, el método de combinación vale la pena ser estudiado. A este respecto, las aguas pueden clasificarse en: ácidas, alcalinas y neutras, de las que damos los siguientes datos como ejemplo:

Planilla N° 2

	Alcalinas	Neutras	Ácidas (4)
Carbonato Cálcico	5,82	12,43	—
Carbonato Magnésico	8,83	11,32	—
Sulfato Cálcico	—	28,50	40,00
Sulfato Magnésico	—	22,20	28,90
Cloruro Magnésico	—	5,87	—
Sulfato Sódico	20,90	41,00	54,00
Cloruro Sódico	33,40	22,00	—
Carbonato Sódico	47,70	—	—
Acido Sulfúrico	—	—	10,40
Sulfato de Hierro	—	—	44,80
Sílice	0,228	0,386	—
	116,878	143,706	178,10

(4) Los valores están expresados en partes por millón.

Estos no son, en absoluto, los más representativos tipos de cada clase, y han sido presentados como meros ejemplos ilustrativos para que el lector tenga idea de las relaciones en el principio de la mezcla de aguas.

El caso más frecuente de mezcla es la combinación de aguas ácidas y alcalinas. Resulta evidente que el ácido libre de las aguas ácidas pueda ser neutralizado por el carbonato sódico de las aguas alcalinas, quedando así disminuidos los efectos corrosivos.

También se puede mezclar agua alcalina con otra neutra, ya que el carbonato sódico de la primera servirá para tratar la dureza permanente de la segunda.

De hecho, las aguas consideradas inservibles pueden ser reducidas en su salinidad de tal forma que sean utilizables.

Este principio puede aplicarse siempre, pero debemos insistir en que el efecto de las muestras depende enteramente de los análisis y cantidades de agua empleados.

HIDROGEOLOGIA

Estudio global de la morfología de la superficie piezométrica.—Las curvas isopiezas (Fig. 10) nos permiten realizar el estudio y análisis de la morfología de la superficie piezométrica durante la primavera, época de lluvias abundantes.

Las observaciones efectuadas durante los meses de octubre y noviembre—fecha en que se realizó el censo—llevadas sobre una carta, semejante a un plano de curvas topográficas, permite observar la “hidromorfología” de la zona en cuestión.

En general, la superficie piezométrica reviste una forma cónica o radial, bombada en algunos lugares deprimida en otros.

Las curvas isopiezas son encorvadas, en arcos de círculo, con concavidad orientada hacia arriba en las franjas delimitadas por los pozos N° 47; 6; 10 y 11, al norte. Los N° 51; 50; 1; 9; 24; y 20, al centro, y los N° 42; 40; 32; 31; 29; 30; 28 y 25, al sur. En estas tres franjas, los filetes líquidos son divergentes en la dirección del escurrimiento (oeste a este). Por el contrario, en las secciones delimitadas por los pozos N° 48; 46; 45; 2 y 16, al norte, los N° 44 y 7, al centro y 39; 33; 34 y 22, al sur, las curvas presentan la concavidad orientada hacia abajo, con filetes de escurrimiento convergentes.

Las zonas con filetes convergentes caracterizan las zonas de drenaje general de las aguas subterráneas, ya sea en superficie hacia los cursos de agua—cañadas o bajos—ya sea en profundidad.

Todos los sectores con filetes divergentes representan las zonas de alimentación o recarga, que tienen su origen en las precipitaciones, cursos de agua (bajos o cañadas), irrigación, etc.

Por último, debemos observar la curva cerrada alrededor del pozo N° 39, con filetes de escurrimiento convergentes. Por supuesto que se trata de una depresión en la capa, caracterizada por una pérdida local importante como resultado de bombeos intensivos (abastecimiento para una industria láctea).

Espaciamiento de las curvas isopiezas.—El espaciamiento de las curvas isopiezas (Perfil bb', fig. 9) varía en la dirección del escurrimiento, como se puede constatar en el plano correspondiente (fig. 10). Las curvas, con pequeña variación se van apretando hacia el naciente. Esa variación es, evidentemente, función del gradiente hidráulico.

Tal agrupamiento representa un aumento del gradiente hidráulico, con

la consiguiente disminución de la transmisibilidad o de la permeabilidad horizontal (acumulación de sedimentos finos próxima a la zona de descarga).

Determinación del gradiente hidráulico entre los puntos I y II

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

siendo: I = Gradiente hidráulico; H_1 y H_2 = Cota de la superficie piezométrica.
L = Distancia entre los puntos considerados.

$$I = \frac{66 - 57}{5.120} = 1,75 \times 10^{-3}$$

Entre los puntos III y IV

$$I = \frac{67 - 60}{5.000} = 1,40 \times 10^{-3}$$

Entre los puntos V y VI

$$I = \frac{66 - 62}{2.100} = 1,90 \times 10^{-3}$$

Cálculo del caudal unitario (q) para la zona de explotación propuesta (considerada como capa cilíndrica)

$$q = T. l. \frac{H_1 - H_2}{L}$$

siendo: T.: Transmisibilidad; l: Ancho del acuífero considerado; $\frac{H_1 - H_2}{L}$: Gradiente hidráulico.

$$q = 14 \times 1.000 \times 1.10^{-3}$$

$$q = 14 \times \text{m}^3/\text{día} = 14.000 \text{ l/día}$$

Para la zona comprendida en el punto IV

$$q = 14 \times 1.000 \times 1,4 \times 10^{-3}$$

$$q = 19,6 \text{ m}^3/\text{día} = 19.600 \text{ l/día}$$

Zona comprendida en el punto VI

$$q = 14 \times 1.000 \times 2,5 \times 10^{-3}$$

$$q = 35 \text{ m}^3/\text{día} = 35.000 \text{ l/día}$$

Por supuesto que estos valores son teóricos, pues se ha considerado a la capa freática como de tipo cilíndrico y se ha generalizado sobre el valor de la transmisibilidad.

Perfil de depresión b b'. — (Fig. 9). Es un corte, en escala, de un plano vertical que pasa por un eje de escurrimiento, y que lleva la superficie to-

pográfica y la superficie piezométrica. Se ha omitido el substrato de la capa acuífera por desconocerse toda su potencia.

Tal perfil, hasta la mitad, es de tipo parabólico y caracteriza un escurrimiento no uniforme; siendo las secciones transversales sucesivas variables en las direcciones del escurrimiento. La última sección adquiere forma lineal; el espaciamento de las curvas es más o menos constante, hecho que se traduce en una capa acuífera homogénea, de potencia constante y escurrimiento uniforme. Tales características se observan en el perfil transversal —perpendicular al escurrimiento— efectuado por medio de 8 perforaciones (Fig. 8).

Cálculo de la velocidad efectiva media de escurrimiento

Zona comprendida entre los puntos I y II. — Considerando $5,32 \times 10^{-5}$ m/seg. como coeficiente medio de permeabilidad, con una porosidad eficaz del 1,55 %, la velocidad efectiva media de escurrimiento, V_e es:

$$V_e = \frac{(5,32 \times 10^{-5}) (1,75 \times 10^{-3}) 100}{1,55} = 6 \times 10^{-6} \text{ m/seg.}$$

$$V_e = 0,5 \text{ m/día} = 182 \text{ m/año.}$$

ENSAYOS DE BOMBEO

Descarga constante sin filtración vertical — Fórmula de no equilibrio de Theis. — La fórmula de no equilibrio de Theis se emplea para determinar los valores de T y S, cuando se bombea un pozo a una descarga constante y se tienen datos de depresión en uno o más pozos de observación. Se emplean en el cálculo los valores de tiempo y depresión, desde la iniciación de la prueba no siendo necesario esperar por un tiempo de bombeo bastante largo, como en el caso de otra fórmula.

Zona B

Pozo de bombeo: N° 28, Pozo de observación N° 27,

Tiempo desde que se inició el bombeo		Pozo N° 27 r = 2.50 m	
Minutos	Días	Depresión s (m)	r ² /t (m ² /días)
1.0	0.000694	0.003	9 × 10 ³
1.5	0.001042	0.005	6 × 10 ³
2.0	0.001389	0.008	4.5 × 10 ³
2.5	0.001736	0.013	3.6 × 10 ³
3.0	0.002083	0.019	3.0 × 10 ³
4.0	0.002778	0.026	2.2 × 10 ³
5.0	0.003472	0.035	1.8 × 10 ³
6.0	0.004167	0.041	1.5 × 10 ³
8.0	0.005556	0.057	1.1 × 10 ³
10.0	0.006944	0.071	9.0 × 10 ²
12.0	0.008333	0.086	7.5 × 10 ²
14.0	0.009722	0.100	6.4 × 10 ²
18.0	0.012500	0.114	5.0 × 10 ²
24.0	0.016670	0.133	3.7 × 10 ²
30.0	0.020830	0.154	3.0 × 10 ²
40.0	0.027780	0.174	2.2 × 10 ²
50.0	0.034720	0.192	1.8 × 10 ²
60.0	0.041670	0.200	1.5 × 10 ²
80.0	0.055560	0.212	1.1 × 10 ²
100.0	0.069440	0.219	8.9 × 10
120.0	0.083330	0.229	7.5 × 10
150.0	0.104200	0.234	6.0 × 10

El pozo bombeado ha tenido una descarga constante de 12.240 m³/día, por un período de 150 minutos. Los valores de depresión se consignan en el cuadro superior.

Se ha preparado, para el pozo de observación, una gráfica de depresión con sus correspondientes valores r^2/t , en papel transparente de iguales ciclos logarítmicos que los de la curva tipo función (u) de pozo (fig. 3).

Los datos de depresión r^2/t , para el pozo de observación N° 27 se han dibujado en la figura 1. La curva resultante se superpone a la curva tipo, manteniendo paralelos los ejes de coordenadas. Se traslada una de las curvas hasta obtener la mejor coincidencia de ambas. Se elige arbitrariamente un punto de concordancia. Las coordenadas de este "punto de concordancia" y el valor de Q (caudal) se sustituyen en la ecuación 1 y se obtiene el valor de T; después las coordenadas del punto de concordancia y el valor T se sustituyen en la ecuación 2 y se obtiene el valor de S.

Cálculo de T y S para el pozo N° 27

De la figura 1 y de la curva tipo obtenemos las siguientes coordenadas para el punto de concordancia:

$$u = 2.5 \times 10^{-1}$$

$$s = 0.072 \text{ m}$$

$$W(u) = 1.03$$

$$r^2/t = 9 \times 10^2 \text{ m}^2/\text{días, en consecuencia:}$$

$$T = \frac{Q W(u)}{4 \pi s} = \frac{12,240 \times 1.03}{4 \times 3.14 \times 0.072} = 14 \text{ m}^3/\text{día/m.}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2/t} = \frac{4 \times 14 \times 2.5 \times 10^{-1}}{9 \times 10^2} = 15.5 \times 10^{-3}$$

$$P = \frac{T}{m} = \frac{14}{3} = 4.6 \text{ m/días}$$

Zona D

Pozo de bombeo: N° 4, Pozo de observación: N° 31

Tiempo desde que se inició el bombeo		Pozo N° 31 r = 2.50 m	
Minutos	Días	Depresión s (m)	r ² /t (m ² /días)
1.0	0.000694	0.001	9.0 × 10 ³
1.5	0.001042	0.003	6.0 × 10 ³
2.0	0.001389	0.005	4.5 × 10 ³
2.5	0.001736	0.007	3.6 × 10 ³
3.0	0.002083	0.008	3.0 × 10 ³
4.0	0.002778	0.010	2.2 × 10 ³
5.0	0.003472	0.012	1.8 × 10 ³
6.0	0.004167	0.015	1.5 × 10 ³
8.0	0.005556	0.018	1.1 × 10 ³
10.0	0.006944	0.022	9.0 × 10 ²
12.0	0.008333	0.024	7.5 × 10 ²
14.0	0.009722	0.029	6.4 × 10 ²
18.0	0.012500	0.035	5.0 × 10 ²
24.0	0.016670	0.041	3.7 × 10 ²
30.0	0.020830	0.046	3.0 × 10 ²
40.0	0.027780	0.049	2.2 × 10 ²
50.0	0.034720	0.052	1.8 × 10 ²
60.0	0.041670	0.055	1.5 × 10 ²

El acuífero, formado por limos pardos sobre un lecho de arcillas rojizas, tenía un espesor medio saturado de 1.50 m. Se efectuó el ensayo de bombeo, extrayendo un caudal constante $Q = 2.88 \text{ m}^3/\text{día}$. Se efectuaron mediciones frecuentes de nivel en el sondeo P-31 (cuadro superior) situado a una distancia $r = 2.50 \text{ m}$ del pozo de bombeo, para calcular las características del acuífero por el método de variación.

Los valores del tiempo se redujeron a la forma r^2/t , es decir, $6,25 t$, y se representaron en papel logarítmico en la figura 2, en función de sus descensos correspondientes. Superponiendo la curva $W(u)$ en función de u con la curva obtenida se encontró una coincidencia buena. Entonces se eligió en la figura 2 un punto arbitrario correspondiente a:

$$S = 0.033 \text{ m}$$

$$r^2/t = 5.6 \times 10^2 \text{ m}^2/\text{días}$$

El punto correspondiente en la figura 3, fue:

$$u = 1.2 \times 10^{-1}$$

$$W(u) = 1.70, \text{ entonces:}$$

$$T = \frac{Q W(u)}{4 \pi s} = \frac{2,88 \times 1,70}{4 \times 3,14 \times 0,033} = 12 \text{ m}^3/\text{día/m}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2/t} = \frac{4 \times 12 \times 1.2 \times 10^{-1}}{5.6 \times 10^2} = 10.3 \times 10^{-3}$$

$$P = \frac{T}{m} = \frac{12}{1.6} = 7.5 \text{ m/día}$$

Método de Jacob. — Se deseó, en el caso descrito para la zona D y B, por el método de Theis, comprobar los resultados obtenidos por el método de Jacob, determinando T y S.

Los datos obtenidos en los sondeos P-30, P-31 y P-27 se representaron en papel semilogarítmico en las figuras 4-5 y 6. Las ecuaciones son modificaciones realizadas por Jacob (1950) a la fórmula de no equilibrio. Usando estas ecuaciones y los datos del cuadro 5 se calculan a continuación los valores de transmisibilidad (T) y almacenaje (S).

Cuadro N° 5

Tiempo desde que se inició el bombeo (t) minutos	Pozo N° 30 $r = 1.25 \text{ m}$ depresión m	Pozo N° 31 $r = 2.50 \text{ m}$ depresión m
1.0	0.010	0.001
1.5	0.025	0.003
2.0	0.028	0.005
2.5	0.030	0.007
3.0	0.032	0.008
4.0	0.034	0.010
5.0	0.038	0.012
6.0	0.045	0.015
8.0	0.050	0.018
10.0	0.055	0.022
12.0	0.062	0.024
14.0	0.068	0.029
18.0	0.070	0.035
24.0	0.080	0.041
30.0	0.085	0.046
40.0	0.090	0.049
50.0	0.100	0.052
60.0	0.104	0.055

Cálculo de la transmisibilidad:

Pozo N° 30

$$T = \frac{0.183 Q \log_{10} t_2/t_1}{(S_2 - S_1)}$$

(Para un ciclo logarítmico $\log_{10} t_2/t_1 = 1$, la diferencia de depresión, s , es 0.058 m. Substituyendo estos valores en la ecuación, se tiene:

$$T = \frac{2.3 \times 2.88 \times 1}{4 \times 3.14 \times 0.058} = 9.0 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}.$$

Cálculo de almacenaje:

$$S = \frac{2.25 T t_0}{r^2}$$

(Extrapolando la línea de la figura A hasta alcanzar el valor nulo de la presión, se obtiene el tiempo t_0 que, al substituirse en la ecuación, nos da el valor de S .)

$$t_0 = \frac{1.08}{1.440} \text{ días}$$

$$S = \frac{2.25 \times 9 \times 1.08}{1.56 \times 1.440} = 9.7 \times 10^{-3}$$

Pozo N° 31

Cálculo de la transmisibilidad:

$$T = \frac{2.3 \times 2.88 \times 1}{4 \times 3.14 \times 0.041} = 12 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}.$$

Cálculo de almacenaje:

$$t_0 = \frac{2.5}{1.440} \text{ días}$$

$$S = \frac{2.25 \times 12 \times 2.5}{6.25 \times 1.440} = 7.5 \times 10^{-3}$$

Pozo de bombeo N° 28, pozo de observación N° 27 (Fig. 6)

Cálculo de la transmisibilidad (ver cuadro 3):

$$T = \frac{2.3 \times 12.240 \times 1}{4 \times 3.14 \times 0.148} = 15 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}$$

Cálculo de almacenaje:

$$t_0 = \frac{3}{1.440} \text{ días}$$

$$S = \frac{2.25 \times 15.0 \times 3.0}{6.25 \times 1.440} = 11.9 \times 10^{-3}$$

Cálculo de la permeabilidad:

$$P = \frac{T}{m} = \frac{15}{3} = 5 \text{ m}/\text{día}$$

Como puede observarse, los valores de T y S están, en efecto, suficientemente próximos a los determinados por el método de THEIS.

Cálculo de la Permeabilidad por el método de G. Thiem**Perforación N° 10 —Zona A—**

En el acuífero libre e indefinido de 3,35 m de espesor saturado, se construyó un pozo cuya zona filtrante atravesaba el acuífero por completo. Se perforaron dos sondeos de observación P 23 y P 24 a las distancias $r_1 = 5$ metros y $r_2 = 15$ metros.

Con un bombeador doméstico se efectuó en el pozo un ensayo de bombeo extrayendo un caudal de 20,400 m³/día. Se prolongó el ensayo 3 horas (5) ininterrumpidamente, hasta comprobar que el nivel se estabilizaba en ambos sondeos. Entonces los descensos medidos en los sondeos fueron $s_1 = 0,135$ m, $s_2 = 0,035$ m, a partir de las condiciones iniciales de reposo.

Suponiendo que en efecto, se alcanzara el equilibrio, la permeabilidad sería:

$$Q = 20,400 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$s_1 - s_2 = 0,10 \text{ m}$$

$$m = 3,35 \text{ m}$$

$$r_2/r_1 = 3$$

$$P = \frac{Q}{2 n \cdot m (s_1 - s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{20,4 \text{ m}^3/\text{día}}{2 n \cdot 3,35 \text{ m} (0,10 \text{ m})} \ln 3$$

$$P = 9,695 \ln 3$$

$$P = 10,7 \text{ m/día}$$

$$T = 35,8 \text{ m}^2/\text{día}$$

Los valores de permeabilidad y transmisibilidad son semejantes a los obtenidos en la zona B, aplicando la fórmula de no equilibrio de Theis.

Descarga o recarga constante sin filtración vertical.**Fórmula de recuperación de Theis**

La fórmula de recuperación de Theis, es similar a la fórmula modificada de no equilibrio, y se la empleó para calcular T (transmisibilidad) mediante los datos de recuperación de los niveles de agua en la zona C, perforación N° 5.

No es posible determinar S a partir de los datos de recuperación del pozo bombeado; se podría usar el radio efectivo del pozo, pero es muy difícil de determinar.

Los datos del cuadro 6 presentan la depresión residual s' , para cada tiempo t' , después de 8 horas de bombeo a una descarga constante de 31,920 m³/día. La figura 7 es una gráfica de la depresión residual s' , en función de $\log. t/t'$.

Para un ciclo logarítmico, $\log. 10 (t/t') = 1$, la depresión residual es: $s' = 0,095$ metros, luego según la fórmula siguiente, se obtiene:

(5) Se estima que el tiempo de bombeo es relativamente corto.

$$T = \frac{0,183 Q}{s'}$$

$$T = \frac{0,183 \times 31,920}{0,095} = 61.6 \text{ m}^3/\text{día/m}$$

Estos valores no son definitivos, pues observando la figura 7, se ve que la curva está desplazada de su posición teórica —el origen de la curva debería coincidir con el cero— hacia la izquierda. Tal dislocación es originada por falta de descarga en el pozo bombeado.

Cuadro 6. — Depresión residual del nivel del agua, durante un período de 8 horas, en el pozo N° 5 —ZONA C— bombeado a una descarga constante de 31,920 m³/día.

Tiempo desde que se inició el bombeo	Tiempo desde que se terminó el bombeo		Depresión residual
t	t'	t/t'	s'
minutos	minutos		metros
481	1.	481	0,561
481,5	1,5	321	0,513
482	2.	241	0,473
482,5	2,5	193	0,452
483	3.	161	0,438
484	4.	121	0,421
485	5.	97	0,403
486	6.	81	0,394
488	8.	61	0,387
490	10	49	0,378
492	12	41	0,368
494	14	35,25	0,360
498	18	27,60	0,354
504	24	21	0,339
510	30	17	0,332
526	40	13	0,323
530	50	10,6	0,313
540	60	9	0,308
560	80	7	0,300
580	100	5,8	0,290

EVALUACION GLOBAL DE LAS NECESIDADES

Población. — Teniendo en cuenta una consumición de agua media de 150 litros por día y por persona ⁽⁶⁾, las necesidades de la región son:

$$0.15 \text{ m}^3 \times 3.000 = 450 \text{ m}^3/\text{día}, \text{ o sea}$$

$$164.250 \text{ m}^3/\text{año}.$$

Industria. — Debido a la reducida potencia del acuífero que se va a explotar, la consumición de la industria no se ha tenido en cuenta, es decir, se seguirá abasteciendo como lo hacia hasta ahora, por medio de perforaciones locales a la segunda o tercera capa.

(6) Valor admitido por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières para las poblaciones rurales.

CALCULO DE LAS RESERVAS NATURALES

Los elementos del cálculo de las reservas naturales son:

- a) Las dimensiones del horizonte acuífero
- b) La porosidad eficaz (coeficiente de almacenamiento)

Las dimensiones del horizonte acuífero fueron determinadas por medio de perforaciones que llegaron hasta el substrato impermeable y la medición del nivel piezométrico en cada punto.

Perforación N° 32	3,10 m de potencia
" " 2	2,90 m " "
" " 5	5,10 m " "
" " 10	3,44 m " "
Promedio	3,635 m de potencia

La determinación de la porosidad eficaz ($S =$ coeficiente de almacenamiento), fue efectuada por medio de sendos ensayos de bombeo en las zonas B y D por los métodos de Theis y Jacob, arrojando valores que oscilan entre 10×10^{-3} y 15×10^{-3} . Es decir, que por cada metro cúbico de acuífero saturado se pueden obtener de 10 a 15 litros de agua. Por lo tanto, el volumen del agua libre utilizable se obtiene multiplicando el volumen del horizonte acuífero por la porosidad eficaz.

Superficie de captación	227.500 m ²
Potencia del acuífero	3,635 m
Volumen	$227.500 \text{ m}^2 \times 3,635 \text{ m} = 826.962,5 \text{ m}^3$
Volumen de agua libre utilizable:	$826.962,5 \times 12,5 \cong 10.350.000$ litros.

El caudal diario que se pretende extraer de la zona es de 450 m³/día, luego esta tiene capacidad para:

$$t = \frac{10.350 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3} \cong 23 \text{ días}$$

EVALUACION GLOBAL DE LA INFILTRACION

Podemos admitir que la altura media de las precipitaciones, recibidas por la región, es de 900 mm anuales.

La superficie de la zona de captación elegida es de 227.500 m²; el volumen total de las precipitaciones recibidas cada año por la región es de:

$$0,9 \text{ m} \times 227.500 \text{ m}^2 = 204.750 \text{ m}^3/\text{año}$$

Se admite, en general, que un tercio de la precipitación se infiltra, un tercio se escurre superficialmente, y el resto, se evapora. De acuerdo con esto, la cantidad de agua que llega al acuífero es de:

$$204.750 : 3 \cong 70.000 \text{ m}^3/\text{año} \quad \text{que,}$$

suponiendo que la infiltración sea constante todos los días, da un valor de aproximadamente 193 m³/día. Este valor es inferior en 258 m³/día, al necesario para el abastecimiento de las necesidades de la población.

Esta deficiencia puede compensarse:

- a) Aumentando la capacidad del acuífero por recarga artificial.
- b) Mezclando agua extraída del primer acuífero confinado, y que, como sabemos, es de calidad mediocre respecto de su mineralización.
- c) Aumentando la zona de captación. Para ello podría utilizarse una franja aledaña a las vías del F. C. Gral. Belgrano, de la que también conocemos las características del acuífero (permeabilidad, transmisibilidad y almacenaje).

METODO DE EXTRACCION

Los valores de permeabilidad obtenidos oscilan entre 5 y 7,5 m/día, es decir relativamente baja. Esto trae aparejado que, durante la explotación se produzcan conos de depresión muy "parados"; hecho que se ha constatado en todos los ensayos de bombeo, si se tiene en cuenta que los pozos de observación debieron ubicarse a 1,25; 2,50; 5,00 y 15,0 metros, como máximo, del pozo de bombeo.

Para evitar la formación de este tipo de cono —que traería aparejado la invasión de agua salada de "fondo"— se propone efectuar la explotación por medio de pozos tipo RANNEY de colectores radiales, para exponer la mayor superficie posible del acuífero aprovechable.

Estos pozos de gran diámetro, con perforaciones horizontales distribuidas en forma radial, y equipos de extracción con cañería de succión articulada y flotante, sólo permiten extraer agua de la parte superior del acuífero, produciendo un cono de depresión "achatado" y al mismo tiempo, el extremo de la cañería va acompañando el rebajamiento que se produce en el acuífero durante el bombeo.

Perforación N° 10 ZONA A. — Se bombeó durante 6 horas en dos períodos de 3 horas cada uno, con un caudal constante de 850 l/h, con una depresión de 2,10 m —aproximadamente 2/3 de columna de agua. No hubo variaciones apreciables en el residuo salino, que se mantuvo en 550 mg/l, aprox.

Perforación N° 5 ZONA C. — Se tomó una muestra de la primera capa de agua, pero no se efectuó el ensayo. En el mismo lugar se clavó una cañería de 3 pulgadas —quedando el zapato en 16,20 metros—; luego se continuó perforando con trépano de 63 mm, hasta 26.0 metros.

La segunda capa de agua se identificó entre 21,30 y 25,80 metros (7) y se la ensayó; luego se retiró la cañería y se perforó con trépano de 101 mm de diámetro hasta 25,50 metros. Se ensayaron ambas capas.

Características del ensayo - (Segunda capa de agua). — Se bombeó durante 8 horas con un caudal de 1330 l/h. La depresión máxima fue de 0,767 m: el caudal característico, 1.734 l/h/m; el caudal teórico (rendimiento) —calculado deprimiendo 2/3 de columna de agua— es de 12.780 l/h.

La variación que se registró en el residuo salino fue la siguiente:

(7) Dato suministrado por el Jefe de Sondeo, Sr. Eleodoro R. Camacho.

Fecha	Tiempo de bombeo en horas	Residuo Salino en mg/l
1/12/67	3.00	1.484
4/12/67	3.00	1.590
4/12/67	9.00	1.712
5/12/67	8.00	1.935 ⁽⁸⁾

Primera y segunda capas (mezcladas) — No se realizó ensayo, pero se tomaron los siguientes datos:

Fecha	Tiempo de bombeo en horas	Caudal l/h	Depresión m.	Residuo Salino en mg/l
13/12/67	1,30	1.400	2,37 ⁽⁹⁾	1.606
14/12/67	1,00	2.500	3,50	1.484
15/12/67	1,30	1.400	—	1.590 ⁽¹⁰⁾

ZONA B - Perforación N° 2. — El ensayo de bombeo se consigna en la página 15. Los datos obtenidos fueron:

Fecha	Tiempo de bombeo en horas	Caudal l/h	Depresión m.	Residuo Salino en mg/l
27/11/67	sin bombeo	—	—	1.141
27/11/67	2.45	510	1,357	1.141
27/11/67	3.00	”	—	1.171
28/11/67	2.30	”	—	1.171
29/11/67	3.00	”	—	1.370
2/12/67	3.00	”	—	1.230
3/12/67	7.45	”	—	1.282

Como puede apreciarse, no hay variaciones notables en el residuo salino.

ZONA D - Perforación N° 4. — (Ver ensayo de bombeo en la pág. 15.) Se anotaron los siguientes datos:

Fecha	Tiempo de bombeo en horas	Caudal l/h	Depresión m.	Residuo Salino en mg/l
8/12/67	sin bombeo	—	—	947
8/12/67	6.00	120	—	1.086

Extrayendo 180 l/h se agotó el pozo. La potencia del acuífero es de 1,5m.

⁽⁸⁾ No se pudo comprobar si se estabilizaba el Residuo Salino.

⁽⁹⁾ Suspendido el bombeo, en el primer minuto se recuperó 2,30 m.

⁽¹⁰⁾ Calculado con Conductivímetro Philips.

**ANÁLISIS DE AGUA CORRESPONDIENTES A LAS MUESTRAS
DE AGUA TOMADAS EN EL CENSO HIDROGEOLOGICO**

Cuadro Nº 7

Nº de análisis y ubicación	Dureza mg/l	Cloruros mg/l	Sulfatos mg/l	Conductividad	Residuo salino mg/l	Ph
1	205	1.000	1.080	4.629	2.967	7.5
2	90	175	240	1.758	1.127	7.5
3	230	1.300	1.152	5.789	3.709	7.5
4	130	1.075	802	4.208	2.698	8.0
5	80	425	384	2.620	1.680	8.0
6	210	800	888	3.858	2.472	7.2
7	145	1.075	960	4.340	2.782	7.2
8	145	400	408	2.354	1.509	7.5
9	335	1.200	1.080	5.144	3.297	7.2
10	240	2.000	1.296	6.944	4.451	7.2
11	200	1.450	1.296	6.038	3.870	7.0
12	225	1.450	1.176	5.555	3.561	7.0
13	215	1.750	1.032	5.342	3.424	7.0
14	190	475	408	2.104	1.349	7.0
15	190	1.650	1.248	6.313	4.096	7.2
16	175	850	816	3.754	2.406	7.2
17	145	1.575	1.176	6.038	3.870	7.7
18	135	1.825	1.200	6.313	4.046	7.2
19	130	1.000	1.104	4.629	2.967	7.7
20	125	1.500	1.176	5.342	3.424	7.2
21	95	1.075	1.200	5.786	3.709	7.0
22	170	1.125	1.056	4.960	3.179	7.0
23	125	1.575	1.128	5.342	3.424	7.2
24	200	1.000	1.152	5.786	3.709	7.0
25	285	1.125	1.128	5.342	3.424	7.5
26	280	950	1.032	4.629	2.967	7.5
27	240	725	936	3.968	2.543	7.2
28	205	1.100	1.080	4.960	3.179	7.0
29	170	800	792	3.754	2.406	7.0
30	170	1.400	1.020	5.342	3.423	7.7
31	185	600	504	3.156	2.023	7.5
32	145	575	480	2.778	1.780	7.5
33	215	1.725	1.248	6.038	3.870	7.2
34	190	1.625	1.224	6.038	3.870	7.0
35	290	750	672	3.387	2.171	7.2
36	195	1.575	912	5.786	3.709	7.2
37	205	1.250	1.056	5.144	3.297	7.2
38	175	1.025	888	4.208	2.698	7.2
39	150	400	504	2.893	1.856	7.7
40	245	625	480	3.156	2.023	7.5
41	185	225	384	1.984	1.272	7.5
42	210	750	696	3.655	2.343	7.2
43	100	450	576	2.893	1.856	7.5
44	155	750	840	3.968	2.543	7.5
45	165	750	768	4.085	2.618	7.5
46	175	750	528	3.968	2.543	7.7
47	110	1.450	888	3.858	2.472	7.7
48	165	550	624	3.307	2.120	7.7
49	210	725	1.032	4.480	2.872	7.2

ANALISIS DE AGUA CORRESPONDIENTES A LAS PERFORACIONES EFECTUADAS CON LA MAQUINA FAILING

Cuadro N° 8

N° de análisis y ubicación	Dureza mg/l	Cloruros mg/l	Sulfatos mg/l	Conductividad	Residuo salino mg/l	Ph
1	85	200	216	1.877	1.203	7.7
2	70	250	96	1.781	1.141	7.7
3	130	400	456	2.671	1.712	7.5
4	160	150	120	1.477	947	7.5
5	80	100	264	2.104	1.349	7.5
6	135	550	480	3.156	2.023	7.7
7	115	175	480	2.137	1.370	7.5
8	180	287	576	3.019	1.935	7.0
9	195	225	720	3.561	2.283	7.0
10	180	25	120	926	593	7.2
11	210	512	648	4.340	2.782	7.5
12	155	400	624	4.789	3.070	7.0
13	140	500	648	4.480	2.872	7.0
14	120	137	360	2.277	1.459	7.5
15	165	250	552	2.671	1.712	7.2
16	175	412	524	3.472	2.226	7.2
17	160	625	600	3.230	2.070	7.0
18	250	1.400	1.080	5.342	3.424	7.7
19	100	125	240	1.715	1.099	7.7
20	75	75	48	1.310	840	7.7
21	140	700	624	3.307	2.120	7.7
22	180	50	96	807	518	6.7
23		50		1.006	645	8.0
24				914	586	8.0
25				1.615	1.035	
26	80	50	96	1.477	947	8.0
27	90	75	96	1.715	1.099	8.0
28	60	75	168	1.781	1.141	7.7
29	70	75	120	1.781	1.141	7.7
30			120			
31			144			
32				926	593	

CONCLUSIONES

La zona con mejores posibilidades para la explotación del agua subterránea, es un sector triangular de 227.500 m², limitado por: la calle norte del cementerio, la ruta que conduce a Traill y el eje del "bajo" que bisecta el campo del Sr. Cassina.

La potencia media del acuífero, en esta zona, es de 3,635 metros; está constituido por limos más o menos arcillosos con intercalaciones de tosca entre 4,0 y 8,0 de profundidad.

El nivel piezométrico de la región —comparado con los datos obtenidos en el año 1966— tiene tendencia a bajar.

La permeabilidad, en la zona objeto de estudio (capa libre), arrojó valores de 4,6; 5,0; y 7,5 m/día. La transmisibilidad, 9,0; 12,0; 14,0; y 15,0 m²/día y el almacenaje, $7,5 \times 10^{-3}$; $9,7 \times 10^{-3}$; $10,3 \times 10^{-3}$; $11,9 \times 10^{-3}$ y $15,5 \times 10^{-3}$.

En la misma zona, para el primer acuífero confinado, se obtuvo una transmisibilidad de 61,6 m²/día.

Los valores de permeabilidad y transmisibilidad pueden considerarse medios, pero los de almacenaje son muy bajos.

Existiría una deficiencia de agua de 258 m³/día para el abastecimiento de la población.

Tal deficiencia podría compensarse: a) Aumentando la capacidad del acuífero por recarga artificial; b) Por mezcla o combinación de aguas; c) Extendiendo la zona de captación.

La explotación debe realizarse por medio de pozos tipo RANNEY, de colectores radiales.

El escurrimiento del agua subterránea es originado por la pendiente regional, es decir, de oeste a este.

El acuífero, en la zona de explotación propuesta, se presenta con características bastante uniformes.

Se observó una gran variación de la salinidad en el primer acuífero confinado —Segunda capa de agua—.

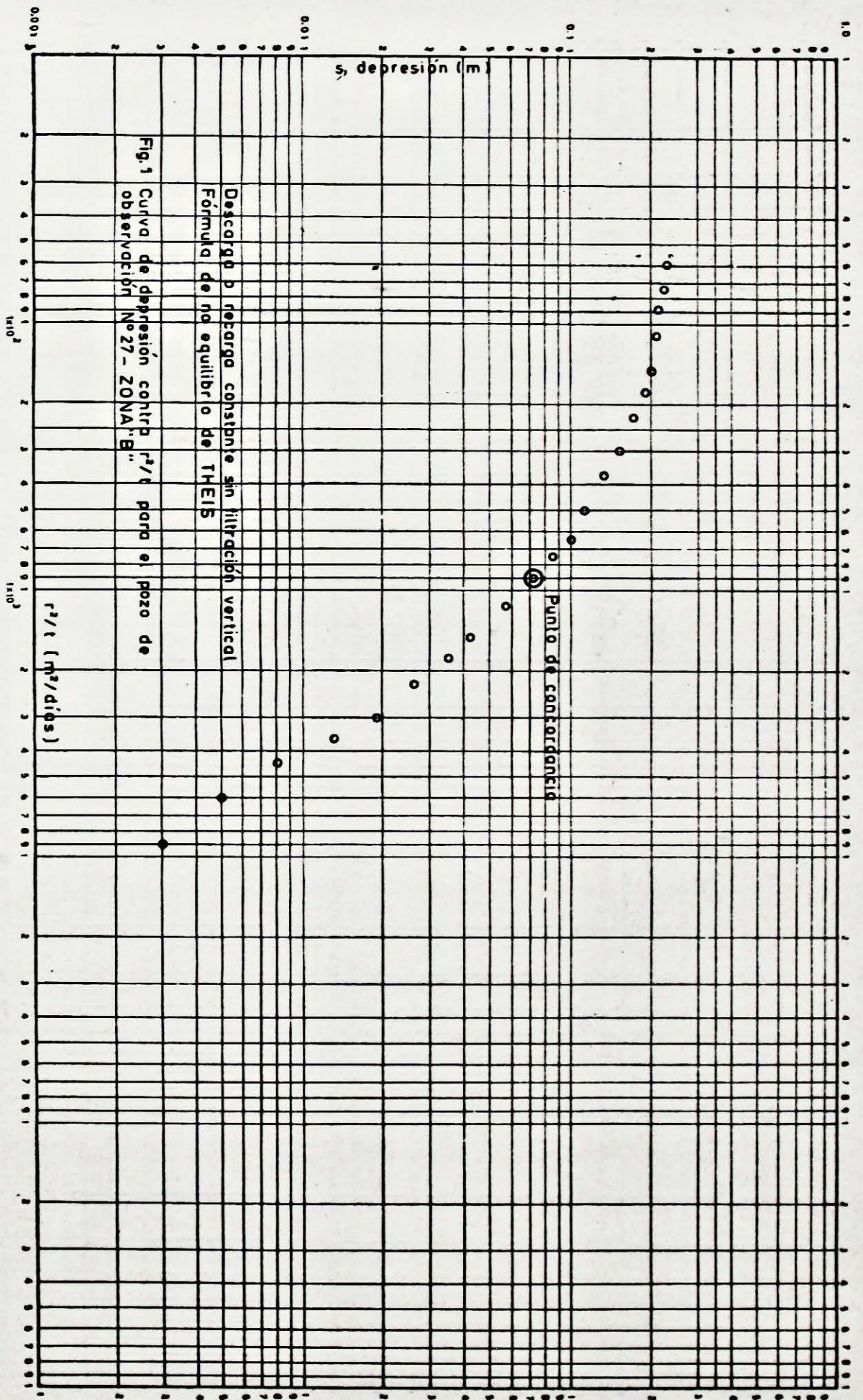
La capa libre no acusó variaciones notables en el residuo salino aunque el tiempo de bombeo se considera corto.

Exceptuando la muestra correspondiente al análisis N° 427 —arsénico elevado—, todas las aguas, de la zona propuesta, son aptas para consumo humano.

Se aconseja tratar al agua con cloro, o sus derivados, antes que entre en la red de distribución; y el control periódico del residuo salino, para tomar los recaudos necesarios si hubiese invasión de agua salada de "fondo".

LISTA BIBLIOGRAFICA

- BENITEZ, A. — *Captación de Aguas Subterráneas*. Editorial Dossat, Madrid, 1963.
- BITESNIK, H. O. — *Descripción hidrogeológica de la región de El Trébol*. Instituto Nacional de Geología y Minería, Servicio de Aguas Subterráneas (inédito), 1967.
- CASTANY, G. — *Méthodes d'études et de recherches des nappes aquifères*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières 74, Rue de la Federation, París, 1962.
- DA COSTA, J. A. y MORENO, E. F. — *Manual de métodos cuantitativos en el estudio de aguas subterráneas*. Centro de Ayuda Técnica, México, 1966. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.).
- FRENGUELLI, J. — *Geografía de la República Argentina*. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA. Tomo II, Tercera parte, 1957.
- GONZALEZ BONORINO, F. — *Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la Ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico*. Revista Asociación Geológica Argentina XX, N° 1, 67-148, 1965.
- MATTHEWS, F. J. — *Tratamiento de Aguas*. Editorial Dossat, S.A. Madrid, 1958.
- PASOTTI, P. — *Geomorfología de las Cañadas de Rosquín y de Carrizales y zonas aledañas*. Public. L. Inst. de Fisiografía y Geología. Universidad Nac. del Litoral, Santa Fe, 1966.
- RUIZ HUIDOBRO, O. y BITESNIK, H. — *Estudio Técnico Económico y Social Valle Bonaerense Río Colorado*. Primera Fase. Tomo I, 3/1 a 3/30. Provincia de Buenos Aires. Min. de Economía. Corfo-Río Colorado. Edison Consult S.A., 1968.
- SCHOELLER H. — *Les Eaux Souterraines*. Masson y Cia., Editeurs, París, 1962.



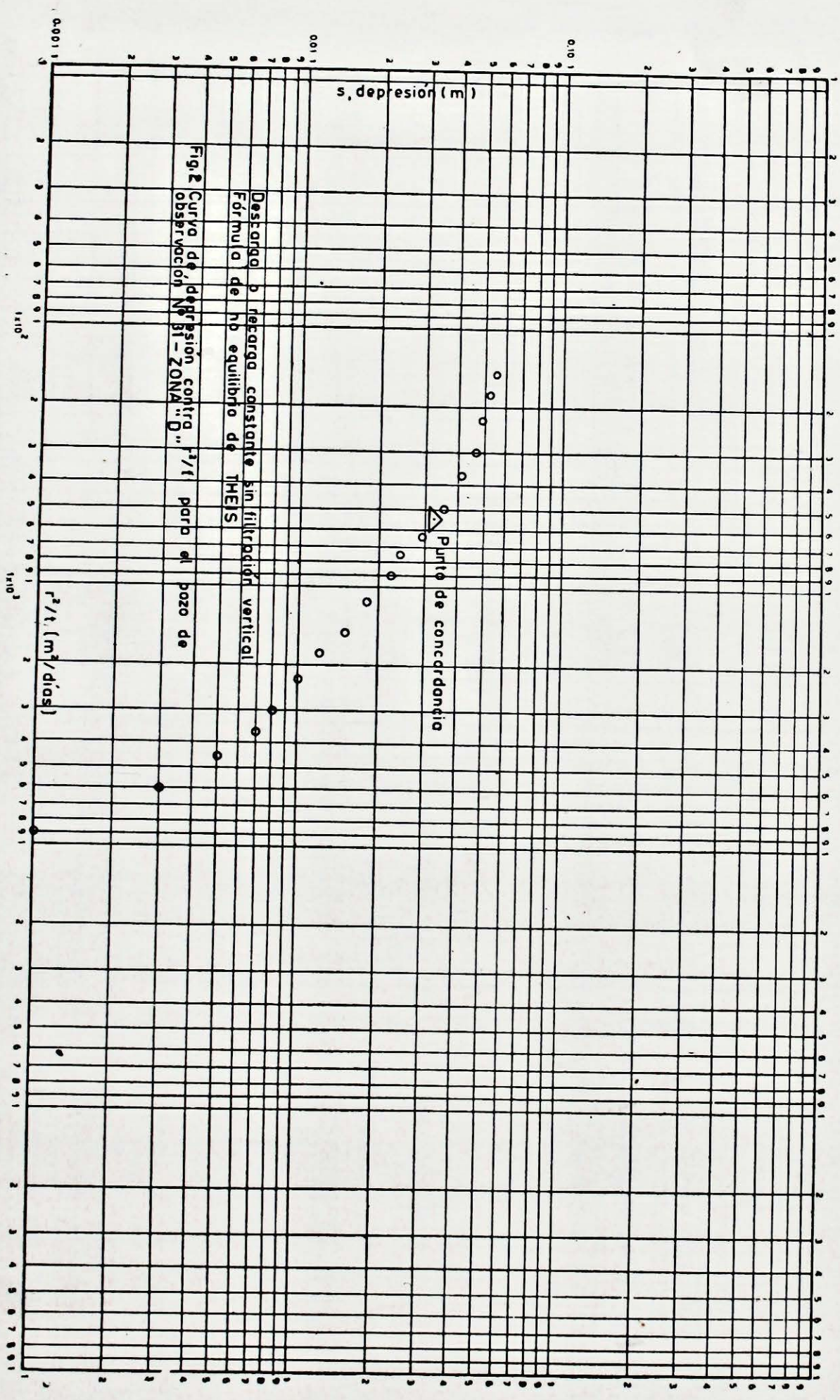
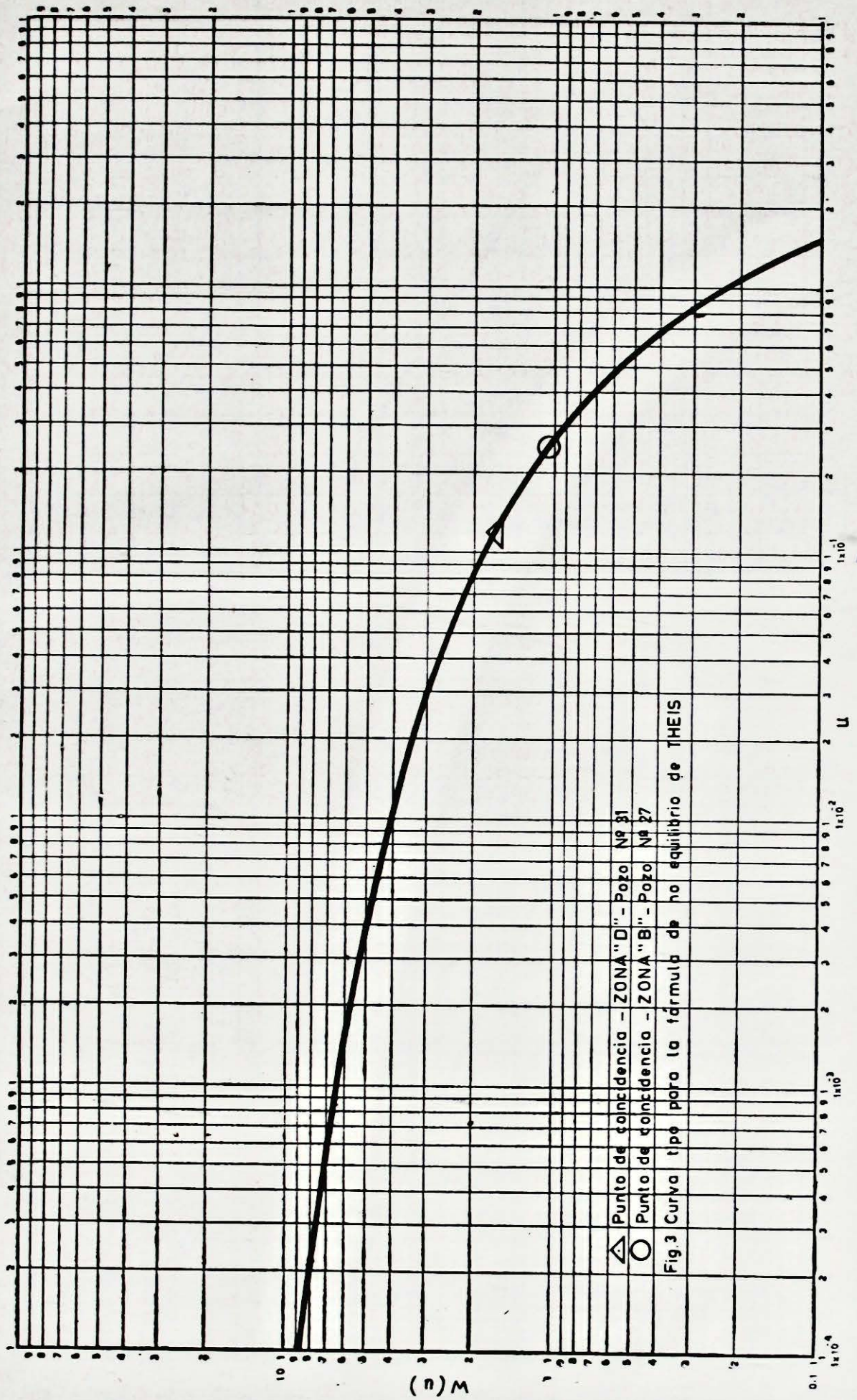
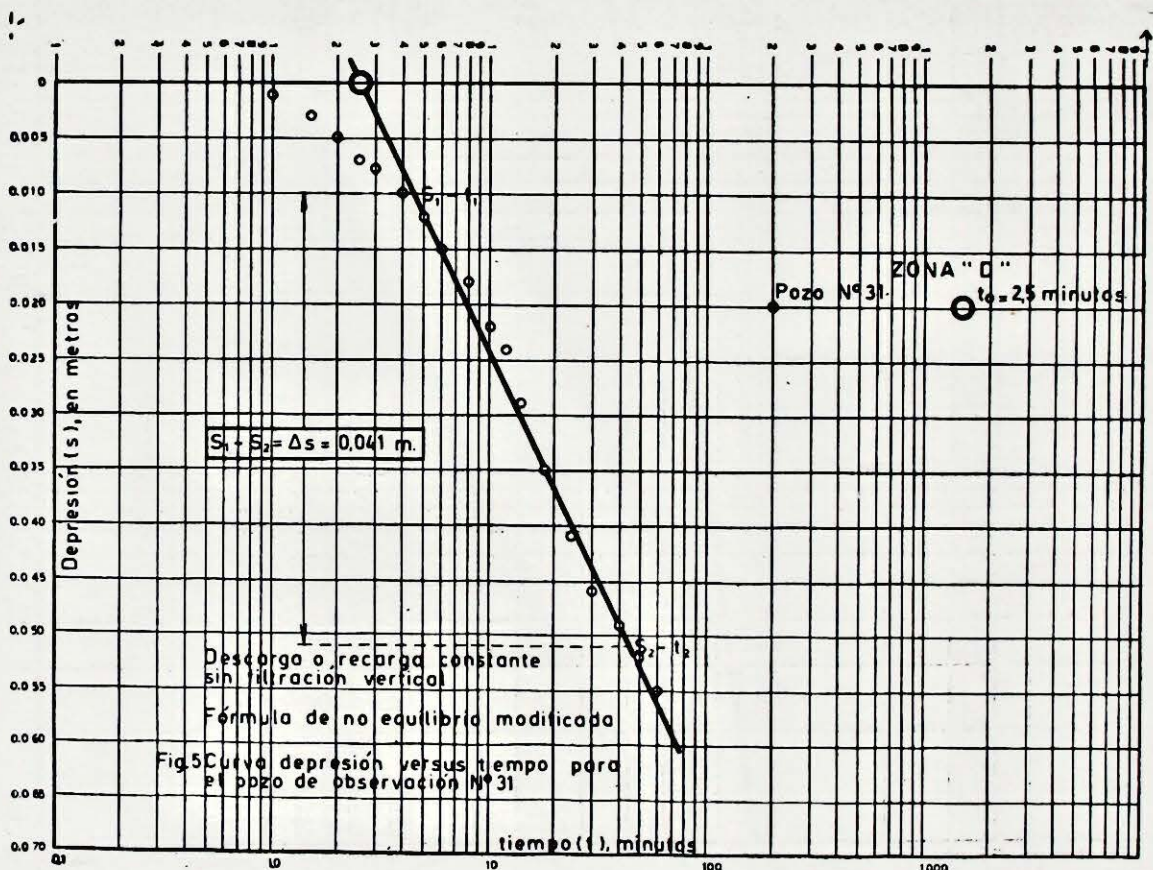
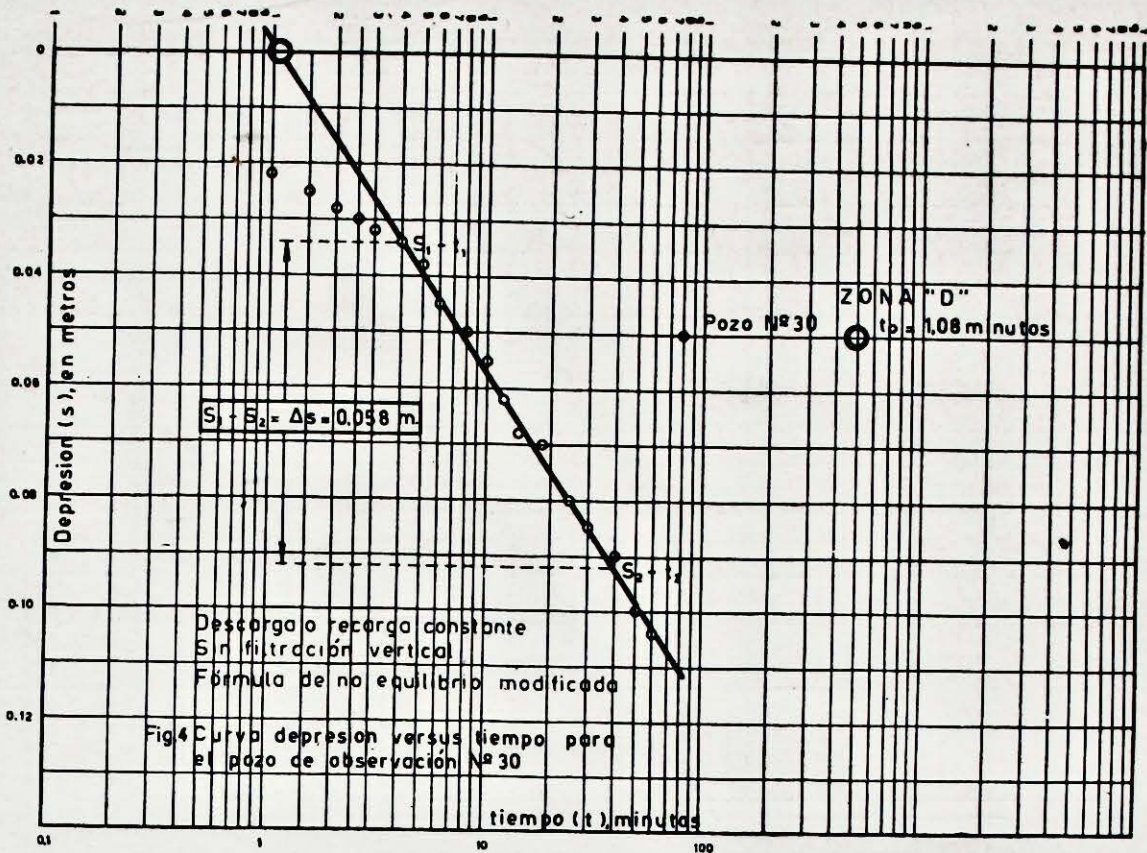
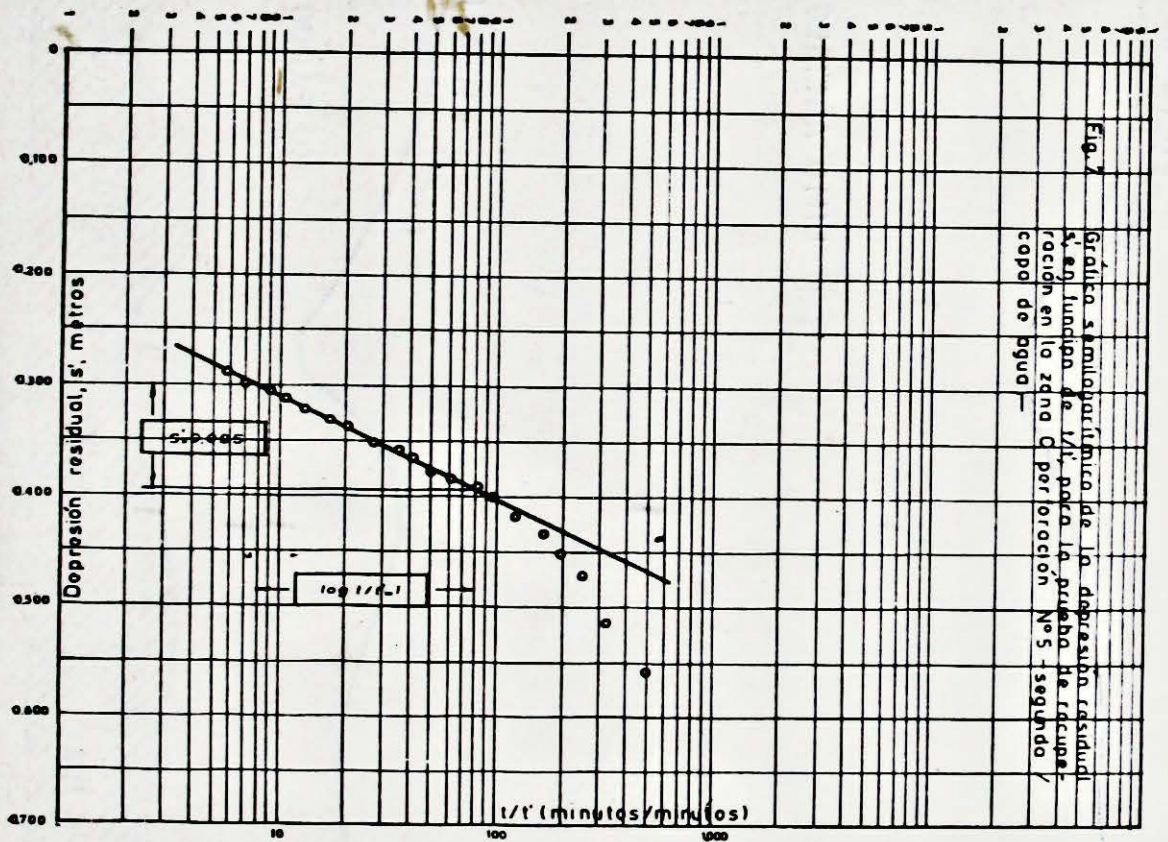
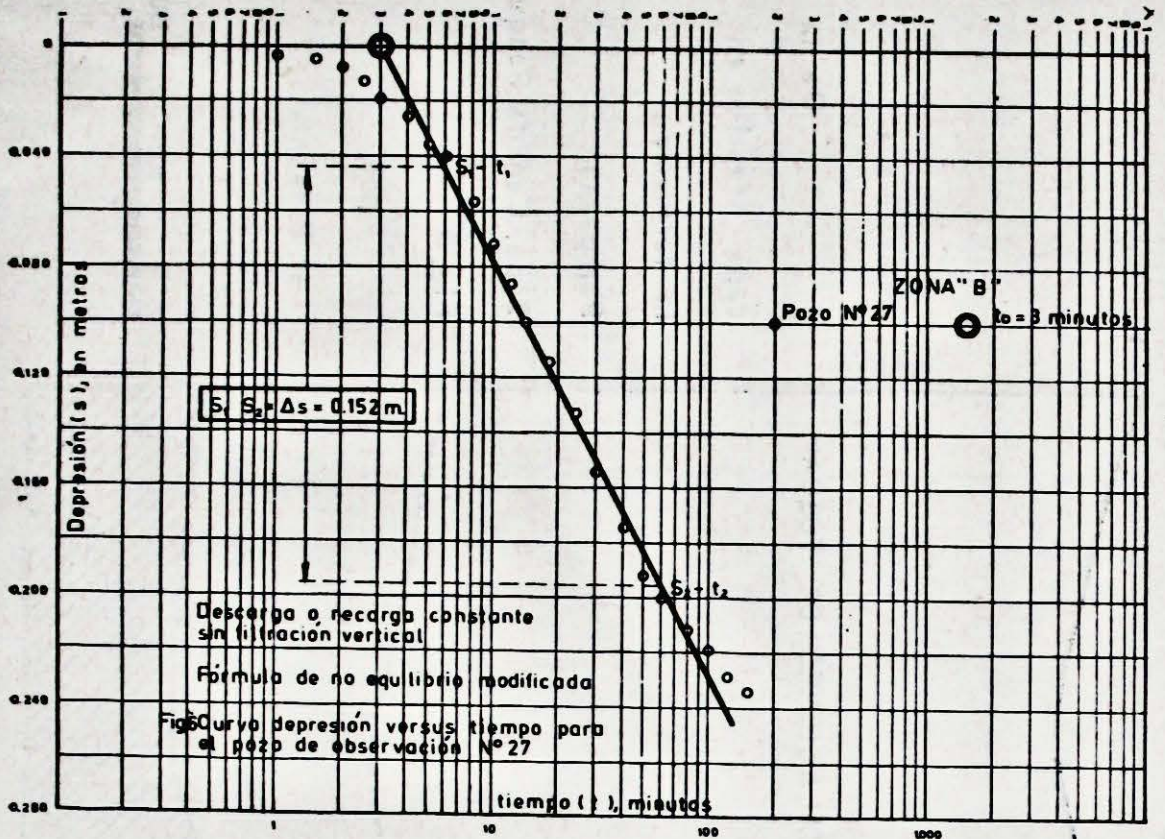
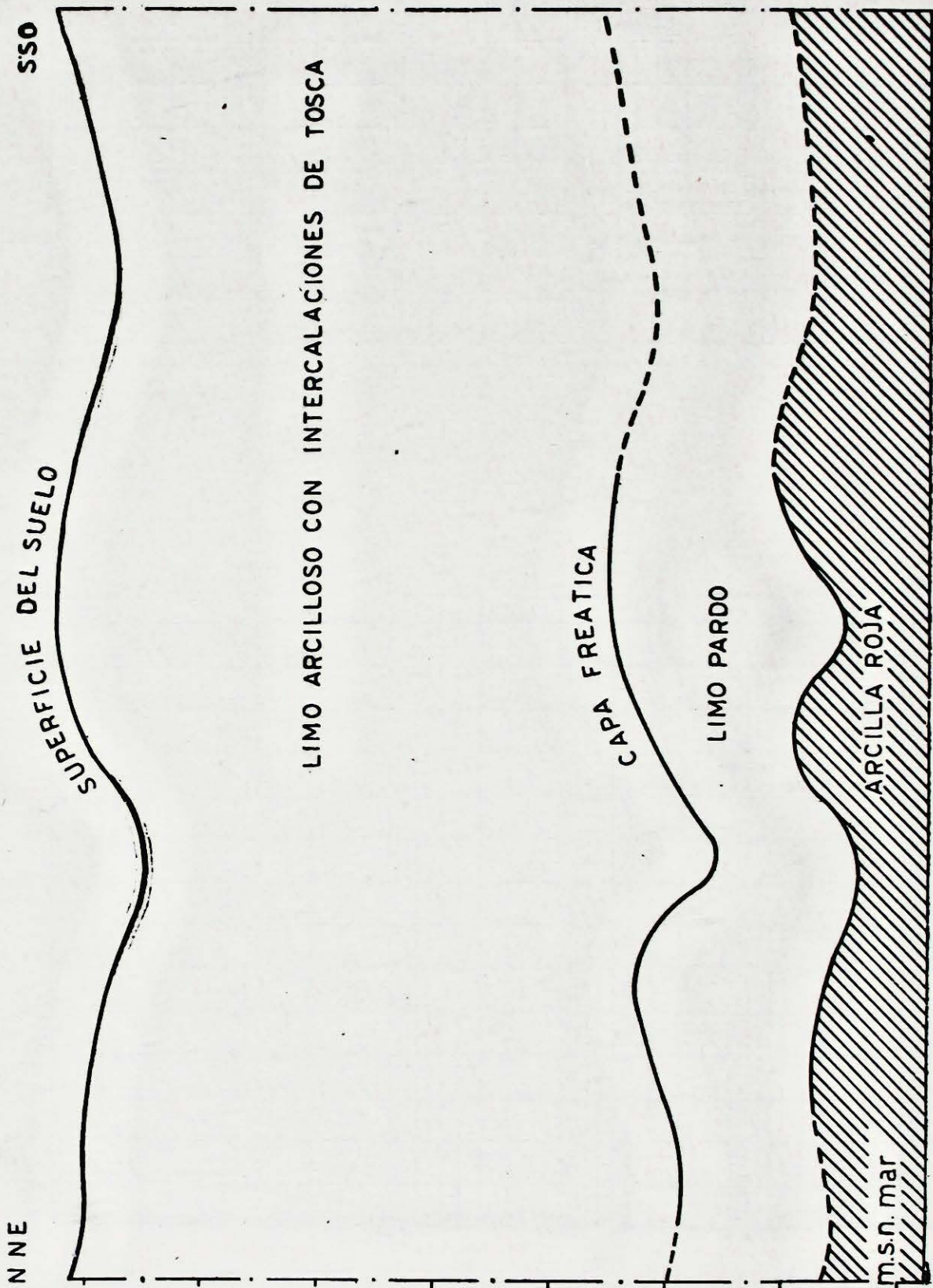


Fig. 2 Curva de depresion contra r^2/t para el pozo de
 observación N° 31 - ZONA "D"
 Descarga D recarga constante sin filtración vertical
 Fórmula de no equilibrio de THEIS

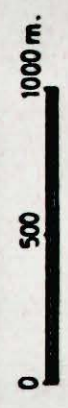




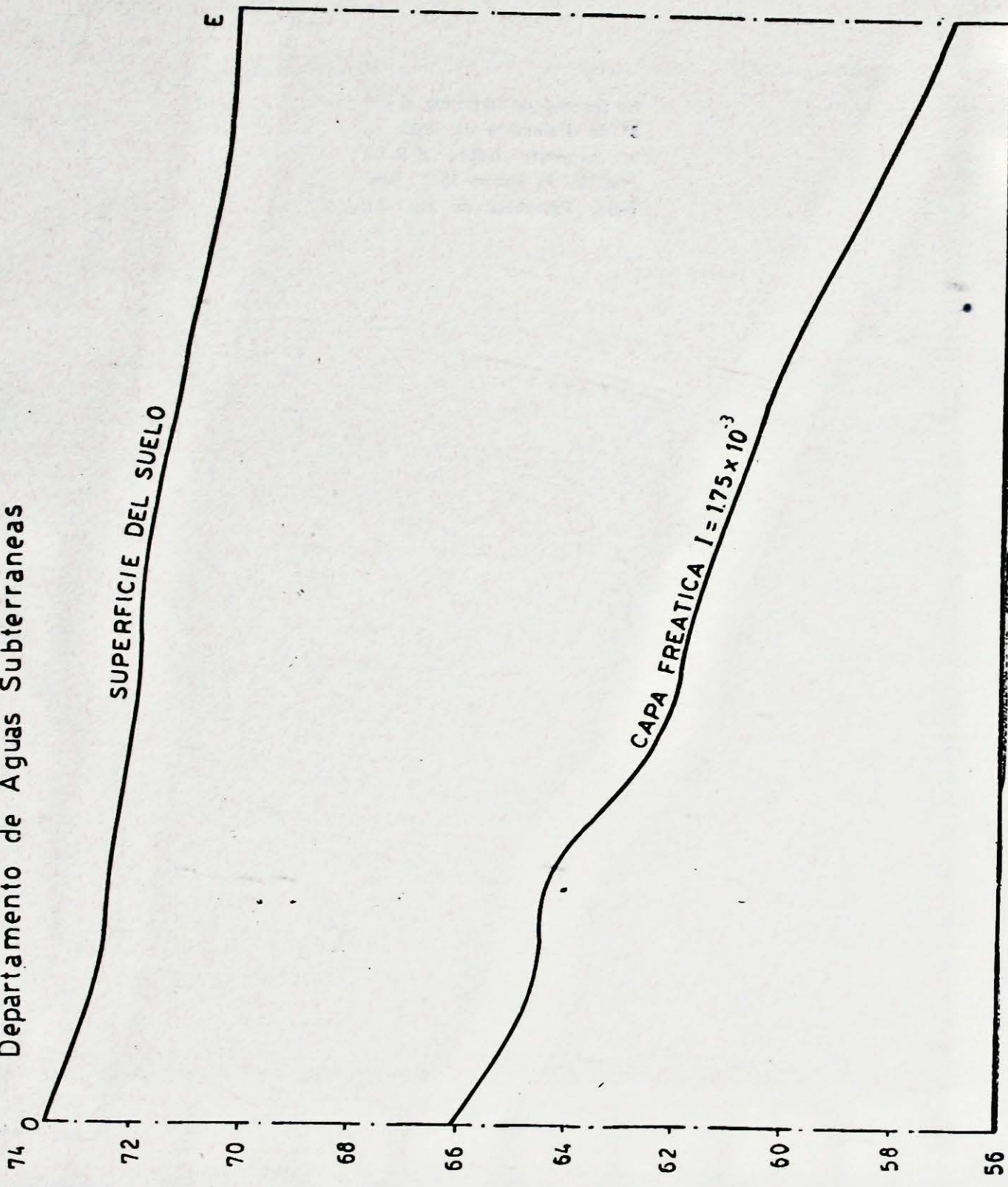




PERFIL a a' De la
 capa freática en
 la formación
 Pampeano
 Zona: Cañada Rosquin
 Fig. 6 por
 H. Bitesnik



Departamento de Aguas Subterráneas



PERFIL b-b': de depresión
de la capa freática en
la formación Pampeano
Zona: Cañada Rosquin

Fig 9
por
H Bitesnik



Se terminó de imprimir el día
1º de diciembre de 1969, en
la Imprenta López S.R.L.,
José María Penna 1551, Ban-
field, Provincia de Bs. As.