



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

1
26 273

ESTUDIO DE REVISION Y ACTUALIZACION DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO

MULTIPLE DEL RIO COLORADO EN

COLONIA 25 DE MAYO

PROYECTO DE RIEGO Y DRENAJE DE LA AMPLIACION DE LA SECCION V°

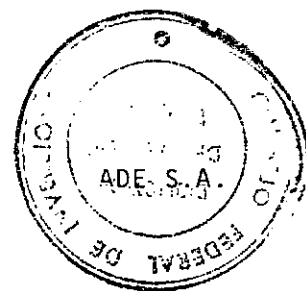
SEGUNDO INFORME

0
H.1112
I 24 est
II

INTERCONSUL S.A.

FRANKLIN CONSULT S.A.

Agosto 1981



ESTUDIO DE REVISION Y ACTUALIZACION DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO

MULTIPLE DEL RIO COLORADO EN COLONIA 25 DE MAYO

PROYECTO DE RIEGO Y DRENAJE DE LA AMPLIACION DE LA SECCION V°

SEGUNDO INFORME

A. INTRODUCCION

El presente tiene por fin cumplimentar la entrega de información correspondiente al Segundo Informe, cuyo término se cumple a los 105 días de iniciando el plazo contractual, es decir el día 3-8-81, cubriendo los siguientes contenidos:

- B. Investigaciones de drenaje.
- C. Mosaico aerofotogramétrico.
- D. Trabajos Topográficos.

De los trabajos que, de acuerdo con el cronograma, corresponde ejecutar en esta etapa solo resta hacer referencia al Estudio Edafológico. Al respecto cabe expresar que su informe y mapa definitivos están prácticamente concluidos, lo que implica cierto grado de anticipo respecto a la programación original.

B. INVESTIGACIONES DE DRENAJE

1. INTRODUCCION

De acuerdo con las previsiones metodológicas, las investigaciones de drenaje en la Ampliación de la Sección V° comprendieron: la ejecución de una serie de perforaciones de exploración, a efectos de determinar los correspondientes perfiles litológicos y la profundidad del hidroapoyo; la instalación de una red freaticométrica que complementará la instalada por el EPRC - en Sección V°, con el correspondiente análisis de los registros obtenidos; y, fundamentalmente la realización de ensayos para determinar las constantes del acuífero, cuyos valores son necesarios para el diseño racional del sistema de drenaje.

Como parte del Estudio de Revisión y Actualización del sistema de aprovechamiento múltiple del Río Colorado en Colonia 25 de Mayo fue realizado un Estudio Hidrogeológico. Por la contigüidad de la zona de Ampliación de Sección V° ese estudio sirve también para el conocimiento de las condiciones hidrogeológicas generales del área que nos ocupa.

2. FISIOGRAFIA

La zona en estudio ubicada dentro del valle actual del Río Colorado, abarca una superficie del orden de las 5000 Has, y se encuentra ubicada en el extremo Este de la Colonia 25 de Mayo, a unos 15-20 km al S-SO de la localidad homónima. Se desarrolla de NE a SO en una longitud de alrededor de 14 km., con una superficie de forma aproximadamente triangular ubicada entre: el Brazo Seco del Río Colorado, que la separa de la ex-Isla Colonia Chica; el Arroyo Salado que corre al pié de la barda que limita el valle y una línea E-O que pasa al NO del casco de la Estancia Los Ingleses.

La pendiente dominante es de NE a SO, con los mayores niveles en el extremo NE de la zona (base del triángulo), donde llega a cotas del orden de los 325 m. mientras que en el extremo SO (vértice del triángulo) el terreno alcanza cotas del orden de los 300 m.

El Valle del Río Colorado es producto de la erosión de la meseta patagónica y de su posterior relleno aluvial. Sobre esta estructura primaria de origen aluvial se ha desarrollado en etapas posteriores una actividad eólica muy intensa, geológicamente contemporánea, que modificó en forma sustancial el relieve anterior.

En el área estudiada se pueden distinguir cuatro grandes unidades geomorfológicas.

- a. La terraza baja construída por el brazo actualmente seco del Río Colorado y caracterizada por una red relativamente densa de cauces y brazos abandonados.
- b. La terraza más alta, que constituye la unidad geomorfológica más extensa, se encuentra al SE de la terraza I y se extiende a lo largo de toda la zona, quedando limitada al S por la terraza III, se caracteriza por la más intensa actividad eólica con presencia de formaciones medanosas frecuentes.
En esta terraza los cauces y brazos abandonados son menos evidentes -- que en la terraza I, al estar cubiertos por deposiciones eólicas.
- c. La terraza III es la terraza alta del Arroyo Salado y constituye la -- transición entre la terraza II y el plano de inundación del Arroyo Salado; presenta una pendiente suave del 2 al 4% hacia el S y SE en la dirección del arroyo. Las lomas ripiosas son muy frecuentes y las apariciones de ripio están acompañadas por altas concentraciones de sal.
- d. La terraza IV es la terraza baja o plano de inundación del Arroyo Salado al que bordea en forma discontinua; presenta una topografía predominantemente llana en el plano de inundación bajo que se presenta diseminado con lomas remanentes de la terraza más alta, lomas ripiosas y algunas playas ripiosas en el borde del arroyo.

3. PERFORACIONES EXPLORATORIAS

Con el fin de conocer el perfil litológico del acuífero superior de la zona en estudio y determinar la profundidad del hidroapoyo se ejecutó un total - de diez perforaciones de exploración. Se está considerando la eventual ejecución de algunas adicionales para una mejor definición de los parámetros - de diseño.

La ubicación de las perforaciones puede verse en la Fig. 1. Con ellas se ha procurado cubrir adecuadamente el área.

De acuerdo a lo convenido contractualmente, las mismas fueron ejecutadas por el equipo de perforación rotativo del EPRC. El diámetro del pozo fue en todos los casos de 4". El material fragmentado se extrajo, normalmente, mediante el empleo de aire comprimido.

En hojas adjuntas se da la descripción de las características de los distintos perfiles atravesados por las perforaciones. En algunas de ellas (P-1, P-2, P-3, P-4 y P-8) no fue posible alcanzar el hidroapoyo o al menos no se le pudo verificar con seguridad (P-1 y P-4), debido a algunas limitaciones del equipo perforador disponible. Como información complementaria a dicha nómina de perforaciones se le agregaron los datos de dos pozos adicionales (A.I. 23 y 23-3) ejecutados con anterioridad a este estudio.

De la observación de los perfiles surge que luego de un espesor variable de suelo del orden de 1 m. se encuentra un manto de arena y ripio que varía entre espesores del orden de los 6-7 metros hasta los 10-12 metros, manto éste al que le sigue otro frecuentemente de arenisca, aunque a veces se observó la presencia de arcillas o limos arcillosos.

El hidroapoyo se encuentra a profundidades variables, las que parecen seguir una ley que las hace aumentar, a partir de unos 6-7 metros en las proximidades del arroyo Salado, en la dirección del Brazo Seco del Río Colorado. Esto puede observarse en la línea definida por los pozos P-5, P-6, P-7 y P-8, en la que el hidroapoyo se encuentra a 6,50 m. en la perforación P-5, a 12 m. en la P-6 y aparentemente, a 17 m. en la P-7. La perforación P-8 alcanzó los 12 m. sin lograr atravesar el manto de ripio y arena.

PERFORACIONES DE EXPLORACION

PERFORACION P-1

0 - 1,00 m suelo arenoso
1,00 - 9,00 m ripio y arena
9,00 - 15,00 m arena (o arenisca)
15,00 - 15,20 m arcilla roja, plástica, limosa

PERFORACION P-2

0 - 6,00 m ripio y arena

PERFORACION P-3

0 - 2,00 m suelo arenoso
2,00 - 13,00 m ripio y arena
13,00 - 15,00 m arenisca

PERFORACION P-4

0 - 2,00 m arena limosa
2,00 - 14,00 m ripio y arena
14,00 - 15,00 m arena y escasas partículas de arcilla

PERFORACION P-5

0 - 0,50 m arena franca
0,50 - 6,50 m ripio y arena
6,50 - 9,00 m arcilla bentonítica color amarillo

PERFORACION P-6

0 - 3,00 m arena limosa
3,00 - 10,00 m ripio y arena
10,00 - 12,00 m arena
12,00 - 15,00 m limo arcilloso color morado

PERFORACION P-7

0 - 3,50 m arena arcillosa (abundantes sales y yeso)
 3,50 - 13,00 m ripio y arena
 13,00 - 17,00 m arenisca fina
 17,00 - 18,00 m arenisca limosa cementada

PERFORACION P-8

0 - 1,00 m arena limosa
 1,00 - 12,00 m ripio y arena

PERFORACION A.I. 23

0 - 1,10 m suelo arenoso franco
 1,10 - 9,00 m ripio y arena
 9,00 - 12,00 m arena compactada muy fina (limosa)

PERFORACION 23-3

0 - 1,60 m suelo arenoso franco
 1,60 - 13,00 m ripio y arena
 13,00 - 36,00 m arena muy fina (limosa)

PERFORACION P-10

0 - 2,50 m arena arcillosa
 2,50 - 7,00 m ripio y arena
 7,00 - 9,00 m limo arcilloso, primero de color morado, luego pardo-morado

PERFORACION P-11

0 - 3,00 m arena arcillosa
 3,00 - 10,00 m ripio mediano y fino con arena mediana y gruesa en partes aproximadamente iguales
 10,00 - 12,00 m limo arcilloso de color pardo morado

NOTAS:

- Las perforaciones P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, P-10 y P-11, fueron realizadas en el marco de este Estudio. Las perforaciones A.I. 23 y 23-3 fueron hechas con anterioridad y se acompañan como información complementaria.
- En las perforaciones P-1, P-2, P-3, P-4 y P-8, no fue posible alcanzar mayor profundidad con el equipo perforador disponible.

4. FREATIMETRIA

A los efectos de analizar el comportamiento de los niveles freáticos se instalaron una serie de freatímetros para, complementados con algunos existentes, configurar una red de observación. Se midieron regularmente los niveles de agua en los mismos y estas lecturas complementadas por los datos obtenidos del EPRC permitieron confeccionar mapas de isohipsas e isobatas de toda el área.

4.1. RED FREATIMETRICA

EL EPRC tiene instalados como parte de una red que comprende la Sección V° (Colonia Chica), algunos freatímetros en el área en estudio. De ellos pudo disponerse de los datos actuales de 12.

Para contar con datos de niveles freatimétricos con una buena distribución sobre toda la superficie de la Ampliación de la Sección V° se colocaron otros 10 freatímetros como parte del presente trabajo.

En el mapa de localización de la Fig. 1 se encuentra la ubicación de los freatímetros instalados por este Consorcio Consultor.

Los freatímetros se materializaron mediante caños de hierro galvanizado de 1" de diámetro, ranurados en su parte inferior, instalándolos en perforaciones hechas con el equipo ya citado en el apartado 3. A efectos de protegerlos debidamente, a nivel de terreno natural, se los dotó de un dado de hormigón de aproximadamente 0,50 m. de lado por unos 0,30 m. de altura. Sobre dicho dado el caño del freatímetro emerge unos 0,20 m. Todos los freatímetros instalados se relacionaron planialtimétricamente.

A partir de su instalación se efectuaron, con frecuencia mensual, lectura de sus niveles. En el Cuadro N°1 se consigna la lista de los registros de los instalados por nuestro Consorcio.

Para su evaluación en cada uno de los ensayos de bombeo que se describen más adelante fue preciso realizar la instalación de 7 freatímetros adicionales además de dos que sirvieron para ambos fines (freatimetría y ensayos).

CUADRO N° 1.-FREATIMETROS INSTALADOS POR EL CONSORCIO CONSULTORREGISTRO DE NIVELES

Freatí metro N°	COTA	L E C T U R A S							
		SET 80	DIC 80	ENE 81	FEB 81	MAR 81	ABR 81	MAY 81	JUN 81
1	317.26	-	-	-	-	-	-	-	2,32
2	320,71	-	-	-	-	-	-	-	3,88
3	315,95	-	-	-	-	-	-	-	0,32
4	307,63	-	-	-	-	-	-	-	1,25
5	311,81	-	1,35	1,52	1,46	1,55	1,12	1,07	0,99
6	312,38	-	2,38	2,47	2,45	2,50	2,34	2,25	2,19
7	313,67	3,50	3,87	4,07	4,10	4,16	4,07	4,00	3,96
8	312,95	-	3,45	3,58	3,63	3,70	3,53	3,43	3,34
9	306,54	2,44	2,50	2,58	2,58	2,62	2,40	2,32	2,29
10	307,71	2,23	2,25	2,33	2,27	2,34	2,14	2,08	2,06

NOTA: La cota indica la correspondiente a la cabeza del caño.

4.2. EVALUACION DE DATOS FREATIMETRICOS

Con los datos de los registros de niveles del Cuadro N° 1 y los proporcionados por el EPRC, de su red freatimétrica, fue posible la confección de mapas de isohipsas e isobatas para dos distintos meses del corriente año, enero y junio, los que fueron elegidos por representar a dos estaciones distintas y disponerse de mayor cantidad de datos.

En el Cuadro N°2 se da la información de los freatímetros cuyos datos se utilizaron para la confección de los mapas. Es de destacar que a los de la zona propiamente dicha se agregaron los datos de freatímetros ubicados en sus proximidades para lograr una mejor representación de las curvas.

En la Fig. N°2, 3, 4 y 5 se han representado los mapas de isohipsas e isobatas. La observación de los mapas de isohipsas muestra que el sentido del flujo de las aguas freáticas es aproximadamente coincidente con el de la pendiente topográfica.

La observación conjunta de los mapas de isohipsas e isobatas permite extraer las siguientes conclusiones.

- Salvo en las inmediaciones del arroyo Salado, en el sector donde el canal principal IV° penetra en Colonia Chica y en el sector de ésta donde se practica el riego, no se aprecian en el resto del área zonas de recarga freática.
- Se observan algunos puntos con apariencia de "sumideros", aunque ello puede ser en gran medida resultado de la imprecisión de curvas trazadas con baja densidad de observaciones y también del efecto de una mayor extracción local de agua freática por evapotranspiración de la vegetación natural.
- El brazo seco del río Colorado no acusa marcadamente su función de dren natural, pero ello podría estar justificado en gran medida por el hecho de que los niveles freáticos no han sido suficientemente altos como para poner de manifiesto ese rol potencial.
- Durante el mes de enero, en general, se observan niveles freáticos más bajos que en el mes de Junio, lo que podría explicarse por: el efecto de bombeo de la vegetación natural, disminuido durante el período invernal;

CUADRO N° 2

RED FREATIMETRICA AMPLIACION SECCION V

REGISTRO DE NIVELES ENERO 1981 y JUNIO 1981.

FREATIMETRO N° 1	COTA CABEZA CAÑO	ENERO 1981		JUNIO 1981	
		Cota N.A.	Profundidad N.A.	Cota N.A.	Profundidad N.A.
1 (I)	317.26	-	-	314.94	1.92
2 (I)	320.71	-	-	316.83	3.48
3 (I)	315.95	-	-	315.63	0.32
4 (I)	307.63	-	-	306.38	0.85
5 (I)	311.81	310.29	1.12	310.82	0.59
6 (I)	312.38	309.91	2.07	310.19	1.79
7 (I)	313.67	309.60	3.67	309.71	3.56
8 (I)	312.95	309.37	3.18	309.61	2.94
9 (I)	306.54	303.96	2.18	304.25	1.89
10 (I)	307.71	305.38	1.93	305.65	1.66
1	317.57	315.10	2.07	315.34	1.83
6	315.11	311.70	3.01	312.05	2.66
9	313.76	309.43	3.93	309.61	3.75
10	312.45	-	-	309.54	2.51
15	312.02	307.61	4.01	307.78	3.84
16	311.71	307.73	3.58	307.90	3.41
17	312.44	308.07	3.97	308.25	3.79
20	310.13	306.56	3.17	306.70	3.03
22	310.71	306.83	3.51	306.90	3.41
23	310.96	307.16	3.40	307.10	3.46
27	307.86	305.39	2.07	305.62	1.84

Cont.-//

//-tinuación CUADRO N°2.

FREATIMETRO N° 1	COTA CABEZA CAÑO	ENERO 1981		JUNIO 1981	
		Cota N.A.	Profundidad N.A.	Cota N.A.	Profundidad N.A.
33	307.73	304.25	3.08	304.34	2.99
34	307.89	304.61	2.88	304.77	2.72
38	306.68	303.66	2.62	303.92	2.36
39	306.48	303.65	2.43	303.89	2.19
40	306.83	304.42	2.01	304.32	2.11
49	304.27	303.12	0.75	303.77	0.10
54	303.32	301.36	1.56	301.67	1.35
55	303.45	301.15	1.90	301.64	1.41
60	303.20	299.73	3.07	299.95	2.85
63	301.04	298.87	1.77	299.26	1.38

Notas:

- La (1) indica que el freatímetro corresponde a los instalados por el Consorcio Consultor.
- Las profundidades de los niveles de agua (N.A.) están referidas al terreno natural y se obtuvieron restando 0,40 ms. a las lecturas registradas desde la cabeza del caño, excepto en la correspondiente al freatímetro N° 3 (1) en la que la cabeza del caño se encuentra a aproximadamente la misma cota que el terreno natural.

la acción de un período especialmente lluvioso durante el primer semestre del corriente año y, eventualmente, una variación del caudal en el arroyo Salado.

5. ENSAYOS DE DRENAJE.

Para determinar los valores de las constantes del acuífero se recurrió a dos tipos fundamentales de ensayo, si bien a uno de ellos solamente se le pueda dar carácter de orientativo.

Los ensayos realizados fueron de determinación de la permeabilidad en sondeos de pequeño diámetro mediante el método de Lefranc y de bombeo en régimen no estacionario, que es el procedimiento que proporciona información más confiable.

5.1. ENSAYOS DE LEFRANC

En total se hicieron cuatro ensayos Lefranc en los sitios de las perforaciones P-5, P-6, P-7 y P-8 (ver Fig. N°1), cubriendo una línea desde el arroyo Salado al brazo seco del Río Colorado. Estos ensayos fueron ejecutados adicionalmente, ya que no estaban previstos en la metodología.

Las perforaciones a ensayar fueron hechas con el mismo equipo con que se hicieron las de exploración, es decir con un diámetro de 4". En todas ellas se colocó el filtro dentro del acuífero.

El ensayo consistió en inyectar un volumen de agua en un tiempo dado manteniendo una carga constante. La inyección se hizo a través de un caño de hierro galvanizado de 1 1/2" de diámetro, el que terminaba en un filtro del mismo material, perforado y cubierto con malla metálica y chapa de bronce perforada (ver Fig. N° 6).

La fórmula aplicada para su evaluación es la siguiente:

$$k = \frac{V}{C h_m t}$$

Siendo:

$$C = \frac{2\pi D \sqrt{(\lambda/D)^2 - 1}}{\ln [\lambda/D + \sqrt{(\lambda/D)^2 - 1}]}$$

En el Cuadro N°3 se resumen los resultados obtenidos que son significativamente bajos comparados, como se verá más adelante, con los que se obtuvieron de los ensayos de bombeo.

Del mismo cuadro se inferiría una tendencia descendente en los valores de la permeabilidad, desde el arroyo Salado hacia el brazo seco del Río Colorado, en contraposición con el crecimiento del espesor del acuífero que se observa en esa dirección, tal como se viera en el apartado 3.

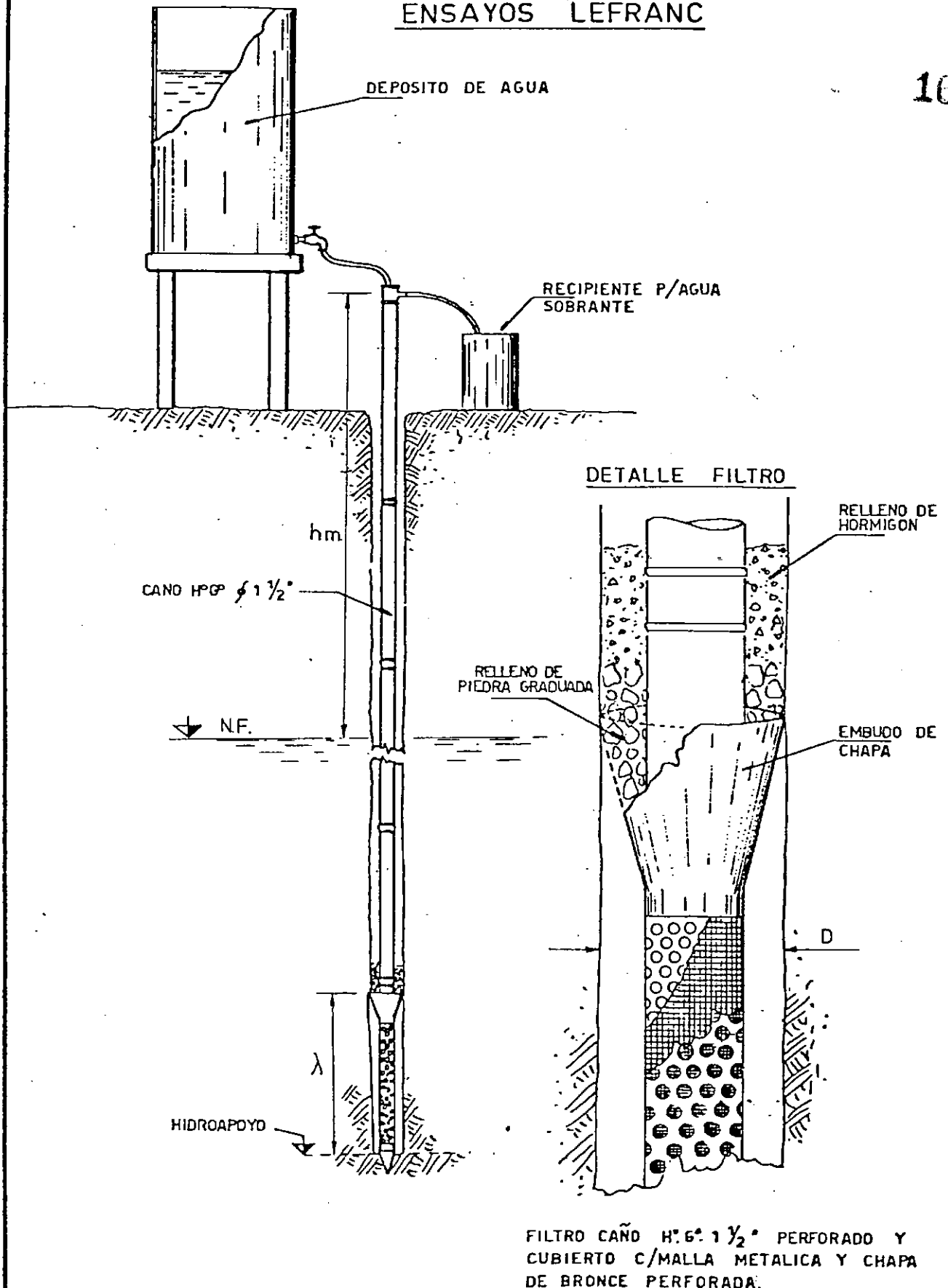
CUADRO N° 3.-

ENSAYOS LEFRANC

PERFORACION	h_m (m)	Q (l/seg.)	K (cm/seg.)	LITOLOGIA
P - 5	1,20	$5,56 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-3}$	Ripio y Arena
P - 6	2,70	$8,89 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-3}$	Ripio y Arena
P - 7	3,50	$1,11 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-4}$	Ripio y Arena
P - 8	3,45	$5,56 \times 10^{-2}$	$8,1 \times 10^{-4}$	Ripio y Arena

ENSAYOS LEFRANC

16



5.2. ENSAYOS DE BOMBEO

5.2.1. Introducción

Los ensayos de bombeo desde pozos constituyen el método más confiable para determinar los valores de las constantes del acuífero.

Básicamente consisten en el bombeo de un caudal durante un cierto tiempo y en el registro de los descensos que se producen en los niveles freáticos en distintos pozos de observación contruídos al efecto y a distancias dadas del pozo de bombeo. El cálculo de las constantes del acuífero se hace mediante la evaluación, por distintos métodos, de los registros obtenidos.

Los métodos de evaluación aplicados fueron los llamados Métodos de Variación, basados en desarrollos teóricos debidos a Theis.

Para su correcta aplicación los ensayos deben reunir las siguientes condiciones:

- a) El acuífero debe ser homogéneo e isótropo en cuanto a su permeabilidad, esto es, constante en todos los puntos, direcciones e instantes.
- b) El acuífero debe extenderse indefinidamente en sentido horizontal en todas las direcciones.
- c) El pozo de bombeo debe ser de diámetro cero.
- d) El pozo de bombeo debe atravesar completamente el acuífero.
- e) El agua bombeada debe ser extraída en forma instantánea de la formación no volviendo a entrar en ella y produciendo un inmediato descenso del nivel.

La solución de la ecuación diferencial básica que regula la variación de los niveles freáticos en función del tiempo de bombeo toma la forma de una integral exponencial que permite hallar el descenso en función del límite inferior de integración, y ella es:

$$s = h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \quad (1)$$

donde:

h_0 = nivel freático en reposo en un pozo de observación.

h = nivel freático en el mismo pozo después de un tiempo de bombeo t

Q = caudal bombeado

T = transmisividad = KH (producto de la permeabilidad por el espesor del acuífero).

$u = \frac{r^2 S}{4 T t}$ = argumento de la integral.

r = distancia del pozo bombeado al sondeo de observación.

S = coeficiente de almacenamiento.

t = tiempo a partir del comienzo del bombeo, (supuesto en condiciones de reposo).

Para el cálculo de los valores de las constantes del acuífero-transmisividad (T) y coeficiente de almacenamiento (S) - se emplearon métodos gráficos debidos a distintos autores que resuelven la ecuación (1).

Pese a que por razones constructivas, se alejan un tanto de las condiciones arriba enunciadas, los ensayos de bombeo se hicieron en excavaciones de forma tronco piramidal realizadas con máquinas excavadoras, excavaciones éstas que denominamos "zanjas largo cero". Este sistema ya fue empleado con resultados satisfactorios por expertos de nuestro Consorcio en la Planicie de Colonia 25 de Mayo y en otros proyectos.

En total se realizaron tres ensayos de bombeo en "zanjas largo cero" en excavaciones elegidas de cinco realizadas en total. Para su elección se tuvo en cuenta la distribución, procurando que los ensayos cubrieran las distintas áreas de la zona en estudio y, fundamentalmente, que el nivel de agua en el pozo no fuera muy profundo, para facilitar el bombeo y dar un mayor rango de variación a los descensos.

Los pozos ensayados fueron los designados con Z1, Z2 y Z3, (ver ubicación en Fig. N° 1), en los que se realizaron, respectivamente, los ensayos de bombeo N° 1, 2 y 3.

5.2.2. Ejecución de los Ensayos

Como ya se expresara se ensayaron tres "zanjas largo cero", en cada uno de estos ensayos se perforaron tres pozos de observación en los que se introdujeron caños de hierro galvanizado de 1" de diámetro debidamente ranurados. Se midió la profundidad del agua con respecto a la cabeza del caño en cada uno de los freáticos y el nivel de agua en el pozo a bombear; esto último mediante una escala colocada con ese propósito, antes de comenzar el bombeo. Se ubicaron planialtimétricamente los pozos de observación y el de bombeo. El detalle de estos relevamientos puede verse para cada uno de los ensayos en los croquis de ubicación de las Figuras N°7, 14 y 20, al final de este Informe. En los ensayos se describió también el perfil de suelo atravesado por la excavación de la zanja largo cero.

El bombeo se efectuó con una motobomba de eje horizontal con motor a explosión, aforándose los caudales extraídos en forma volumétrica y en distintos tiempos, llevándose un registro de los mismos como se muestra en los cuadros N° 5, 9 y 13. El agua extraída se condujo a lugares lo suficientemente alejados como para que por infiltración no pudiera influenciar los niveles del acuífero en la zona de ensayo.

Una vez alcanzada una depresión que abarcó prácticamente toda la profundidad de la zanja se redujo el caudal de modo de mantener prácticamente estacionario el nivel del agua en la zanja logrando, de este modo, que el caudal extraído proviniese casi exclusivamente de la formación. Periódicamente durante todo el tiempo que duró el bombeo, y aún después de interrumpido éste en el período de recuperación, se efectuaron medidas de las profundidades del nivel de agua en los pozos de observación mediante -

sonda eléctrica y en la propia zanja largo cero a través de la lectura de la escala. En los cuadros N° 6, 10 y 14 se da el detalle de los registros leídos como así también de los descensos operados con respecto al nivel inicial.

Finalmente, se extrajeron para el análisis, muestras de agua del pozo antes, durante y después de cada ensayo, dándose los resultados de dichos análisis en los cuadros N°8, 13 y 16.

5.2.3. Evaluación de los Ensayos

Para evaluar los ensayos realizados se aplicaron tres métodos gráficos distintos que resuelven la ecuación (1) ya citada. Ellos son los métodos debidos a Jacob, Theis y Chow.

Para la aplicación de cualquiera de los métodos citados es menester calcular previamente el caudal extraído realmente de la formación descontando del bombeo el almacenado en el pozo, dada la importancia de este último a consecuencia de las grandes dimensiones de la excavación. El cálculo del caudal medio proveniente de la formación se realizó para cada uno de los ensayos, ver cuadros N° 7, 11 y 15. Con los valores respectivos de las áreas de la excavación a diferentes niveles se construyó para cada ensayo la curva h-V (lecturas en la escala - volúmenes acumulados) que sirvió para determinar el caudal bombeado desde la propia zanja. En la Fig. N°21 se ha representado la correspondiente al ensayo N° 3.

El método de Jacob resuelve el valor de las constantes (T y S) mediantе fórmulas que utilizan valores determinados gráficamente de la representación semilogarítmica de los descensos en cada pozo de observación en fun-ción del tiempo.

El método de Theis representa los descensos en cada pozo de observación en función del tiempo aunque, en este caso, la representación es doble

logarítmica. De la superposición ajustada de estas curvas con otra denominada función de pozo (Fig. N° 13), se obtienen dos pares de valores que permiten calcular la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento.

En el método de Chow en escala semilogarítmica se dibujan las curvas descenso-tiempo para cada uno de los pozos de observación, de las que mediante artificios geométricos se obtienen tres valores los que a través del gráfico del autor del método permiten arribar a los valores de las constantes del acuífero.

En el detalle de los datos y de la evaluación que para cada uno de los ensayos de bombeo se da al final de este Informe puede seguirse, mediante sus tablas y gráficos, la marcha de los cálculos correspondientes.

5.2.4. Resultados de los Ensayos.

En el cuadro N° 4 se presenta un resumen de los valores obtenidos para las constantes del acuífero mediante el empleo de los distintos métodos y para cada uno de los puntos de observación.

Se obtuvieron en total 27 valores para cada una de las constantes del acuífero.

Refiriéndonos en particular a la transmisividad, el promedio de los 27 valores obtenidos es de 127,9 m²/día. Si para establecer el promedio no se consideran los cuatro valores menores de 70 m²/día ni los dos mayores de 200 m²/día, el valor promedio obtenido para T es de 126,4 m²/día. Es decir que se llega a valores similares tanto como promedio general, cuanto como resultado de no considerar los valores de transmisividad que aparentan ser más bajos o altos que los que corresponderían a los materiales que integran el acuífero y a su espesor.

El cálculo del coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica (k) a partir del valor promedio de la transmisividad y asumiendo un espesor del acuífero del orden de los 8-12 metros, conduce a un valor de K

CUADRO N° 4.-

ENSAYOS DE BOMBEO

RESUMEN DE RESULTADOS

ENSAYO N°	POZO DE OBSERVACION	r (m)	METODO		DE		EVALUACION	
			JACOB		THEIS		CHOW	
			T	S	T	S	T	S
1	FR ₁	6,88	82,4	0,047	45,5	0,062	165,9	0,067
	FR ₂	9,83	148,1	0,035	70,5	0,056	183,3	0,071
	FR ₃	17,60	260,6	0,038	155,6	0,050	150,3	0,053
2	FR ₁	7,67	127,7	0,074	56,1	0,091	166,0	0,152
	FR ₂	14,07	182,5	0,046	74,3	0,055	100,6	0,075
	FR ₃	17,30	348,3	0,063	165,0	0,081	82,8	0,059
3	FR ₁	6,38	79,1	0,075	32,7	0,102	123,9	0,151
	FR ₂	10,28	138,0	0,056	55,1	0,070	82,5	0,094
	FR ₃	16,60	184,1	0,033	79,9	0,045	111,6	0,052

algo mayor a 10^{-2} cm/seg. que, de acuerdo a la bibliografía, corresponde a arenas limpias y mezclas de grava y arena, lo que parece adecuado a las características litológicas del acuífero.

Los valores obtenidos para el coeficiente de almacenamiento (S), coincidentes con los de porosidad eficaz en el caso de acuíferos libres, son bajos en general, a excepción de dos valores obtenidos mediante la evaluación por el método de Chow que resultaron del orden de 0.15. El hecho que la gran mayoría de los valores de S sean bajos está motivado en la relativamente corta duración de los ensayos de bombeo, ya que para obtener valores confiables de esta constante se necesitan períodos considerablemente largos de ensayo.

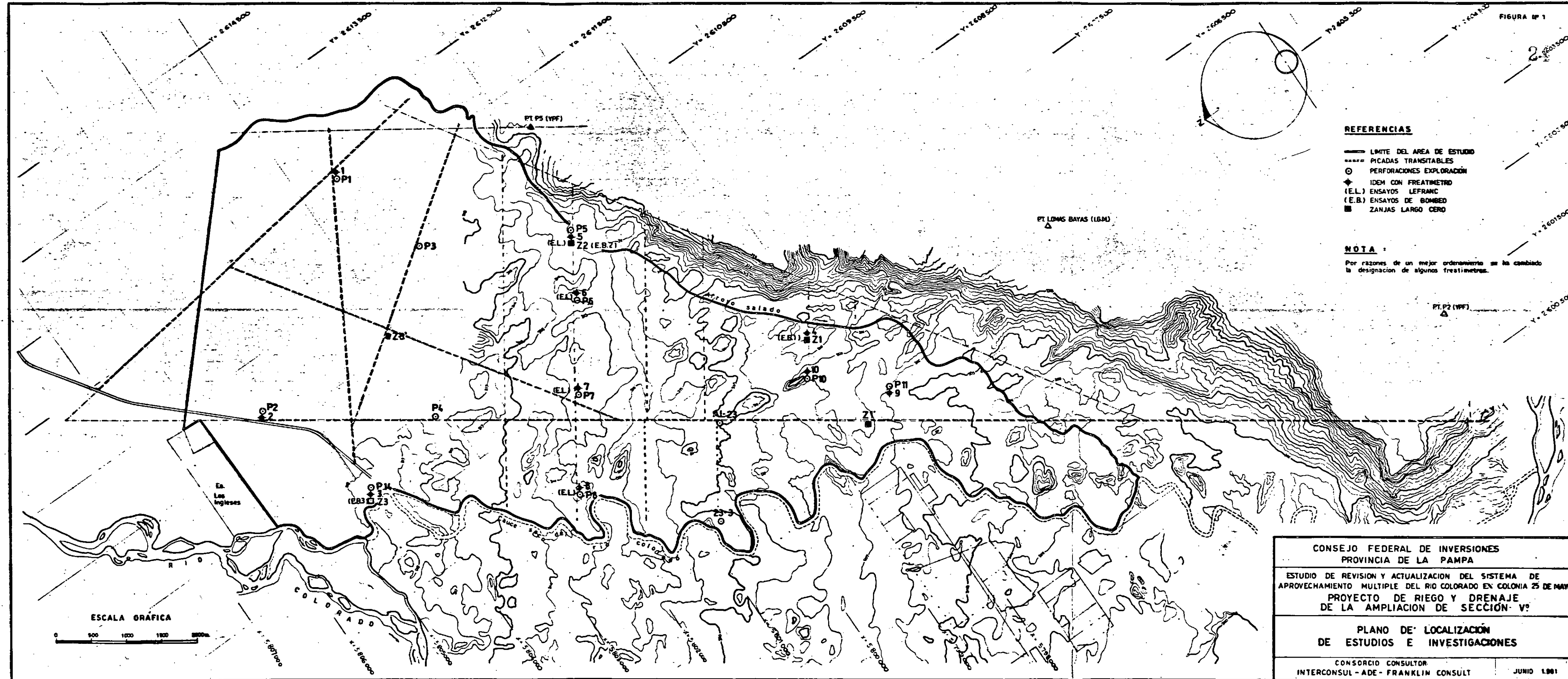
6. CONCLUSIONES

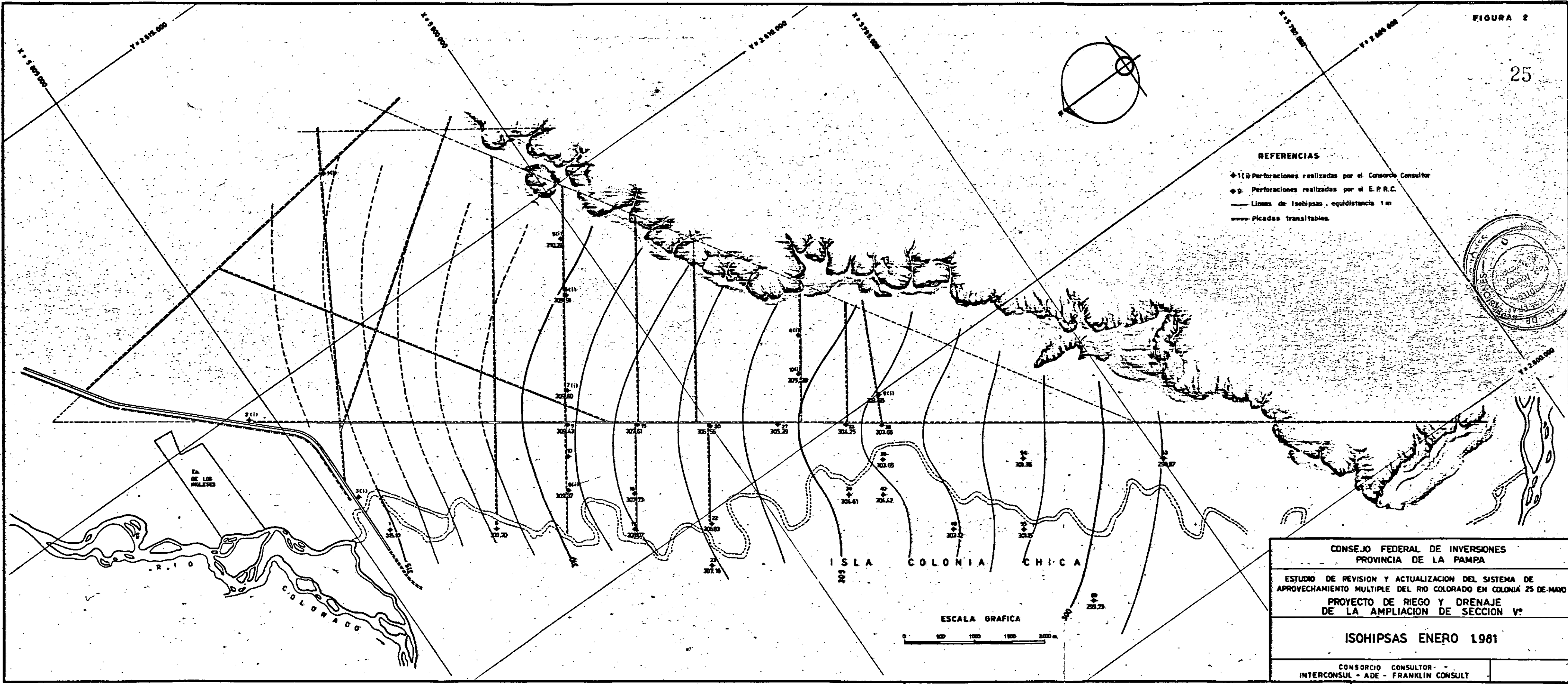
Atendiendo a los resultados de los ensayos de drenaje y con carácter tentativo pueden asumirse los siguientes valores para las constantes del acuífero - a considerar en la planificación preliminar del sistema de drenaje.

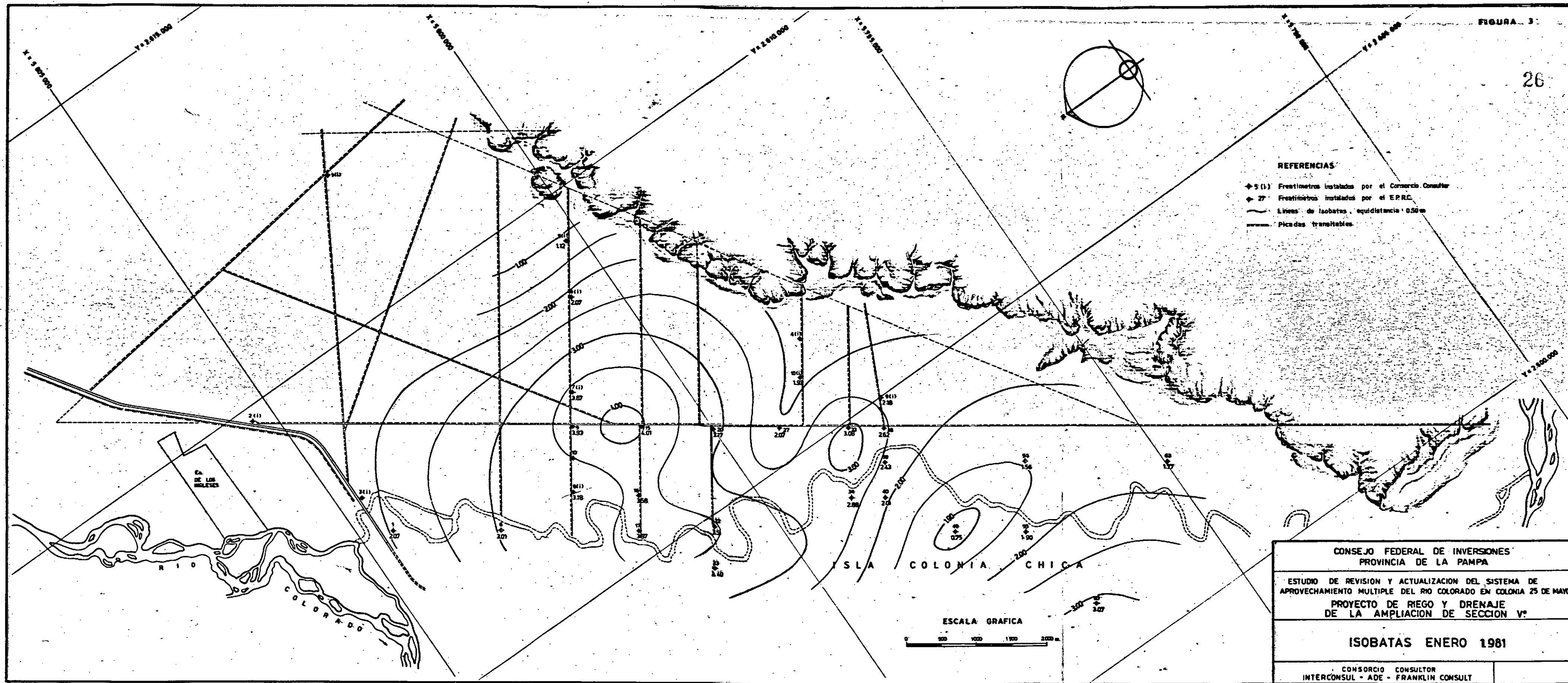
Transmisividad $T = 120 \text{ m}^2/\text{día}$

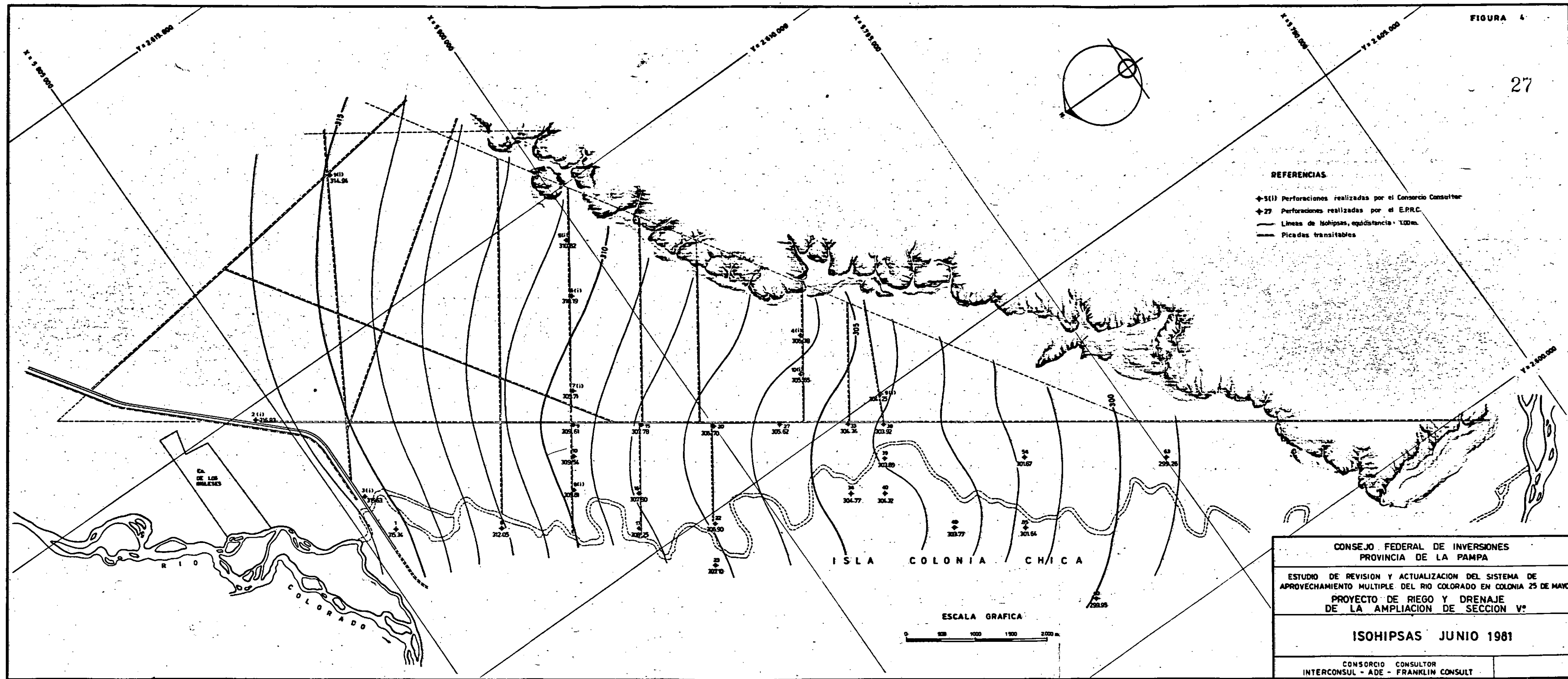
Coeficiente de almacenamiento $S = 0,15$

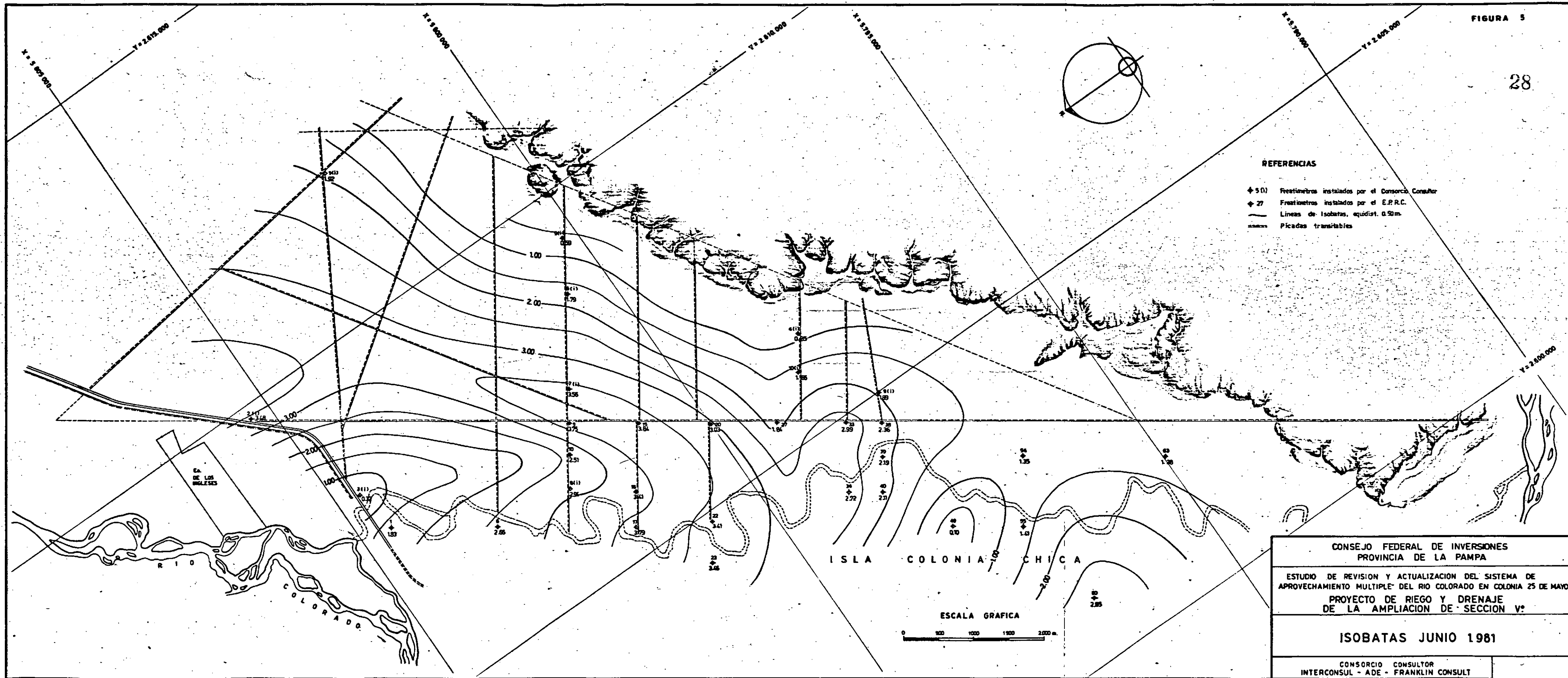
El valor del coeficiente de almacenamiento corresponde al citado por la bibliografía para este tipo de formación.











A N E X OENSAYOS DE BOMBEO

ENSAYO DE BOMBEO N° 1

ENSAYO DE BOMBEO N° 1

AMPLIACION SECCION V

Fecha: 17-6-81

Suelo: 0 - 5 cm : arcillo limoso
 + 5 cm : ripio + arena

CUADRO N° 5

CAUDALES BOMBeadOS

Hora	Tiempo de llenado (seg.)	Q (l/h)	Lectura escala	OBSERVACIONES
11:25	22	34.500	2.03	$\text{Vol. Tambor} = \frac{\pi \times 0.56^2 \times 0.86}{4} = 211 \text{ l.}$
11:53	24	31.600	1.51	
12:19	24	31.600	1.07	
12:33	27	28.100	0.68	
12:48	89	8.500	0.50	
13:23	84	9.000	0.54	
14:32	87	8.700	0.52	
15:03	89	8.500	0.50	

CUADRO N° 6

TIEMPOS - PROFUNDIDADES - DESCENSOS

HORA	TIEMPO ACUMU- LADO.	P I E Z O M E T R O S						P O ' Z O		OBSERVACIONES
		F _{R1}		F _{R2}		F _{R3}		Lect. escala	Desc.	
		Prof.	Desc.	Prof.	Desc.	Prof.	Desc.			
11:22	0	0.83	-	0.98	-	1.25	-	2.08	-	
11:30	8	0.86	0.03	0.99	0.01	1.25	-	1.94	0.14	
11:40	18	0.91 ⁵	0.08 ⁵	1.01 ⁵	0.03 ⁵	1.25 ⁵	0.00 ⁵	1.75	0.33	
11:50	28	0.96	0.13	1.04	0.06	1.26	0.01	1.57	0.51	
12:00	38	1.01	0.18	1.08	0.10	1.27 ⁵	0.02 ⁵	1.37	0.71	
12:12	50							1.15	0.93	Paró bombeo
12:14	52									Reanudó bombeo
12:15	53	1.08 ⁵	0.25 ⁵	1.12	0.14	1.29 ⁵	0.04 ⁵	1.13	0.95	
12:30	68	1.15 ⁵	0.32 ⁵	1.16 ⁵	0.18 ⁵	1.31	0.06	0.77	1.31	
12:38	76							0.47	1.61	< Q
12:45	83	1.20	0.37	1.19	0.21	1.33	0.08	0.50	1.58	
13:00	98	1.22	0.39	1.20 ⁵	0.22 ⁵	1.34	0.09	0.53	1.55	
13:20	118	1.24	0.41	1.22	0.24	1.35	0.10	0.54	1.54	
13:40	138	1.25 ⁵	0.42 ⁵	1.23 ⁵	0.25 ⁵	1.36	0.11	0.54	1.54	
14:00	158	1.26 ⁵	0.43 ⁵	1.25	0.27	1.37	0.12	0.54	1.54	
14:30	188	1.28 ⁵	0.45 ⁵	1.26	0.28	1.38 ⁵	0.13 ⁵	0.52	1.52	
15:00	218	1.30	0.47	1.27 ⁵	0.29 ⁵	1.39 ⁵	0.14 ⁵	0.50	1.58	
15:30	248	1.31	0.48	1.28 ⁵	0.30 ⁵	1.40 ⁵	0.15 ⁵	0.49	1.59	Fin bombeo
15:40	258	1.30	0.47	1.28 ⁵	0.30 ⁵	1.40 ⁵	0.15 ⁵	0.70	1.38	
15:50	268	1.29 ⁵	0.46 ⁵	1.28 ⁵	0.30 ⁵	1.40 ⁵	0.15 ⁵	0.81	1.27	
16:00	278	1.28	0.45	1.28	0.30	1.41	0.16	0.90	1.18	
16:15	293	1.27	0.44	1.27 ⁵	0.29 ⁵	1.41	0.16	1.00	1.08	
16:30	308	1.25 ⁵	0.42 ⁵	1.26	0.28	1.41	0.16	1.08	1.00	
16:45	323	1.24	0.41	1.25 ⁵	0.27 ⁵	1.41	0.16	1.15	0.93	
17:00	338	1.22 ⁵	0.39 ⁵	1.25	0.27	1.40 ⁵	0.15 ⁵	1.21	0.87	
9:25	1323	0.90	0.07	1.02	0.04	1.29	0.04	2.01	0.07	

CUADRO N° 7

CALCULO DEL CAUDAL DE LA FORMACION

Hora	t (1)	Q (2)	V1 (3)=(1)x(2)	Lectura escala	V2 (4)	V3 (5)=(3)-(4)
11:22	-	-	-	2,08	-	-
11:39	17	34,5	9,78	1,77	8,2	1,58
12:12	33	31,6	17,38	1,15	10,5	6,88
12:14	-	-	-	1,15	-	-
12:26	12	31,6	6,32	0,86	3,4	2,92
12:38	12	28,1	5,62	0,47	2,6	3,02
13:05	27	8,5	3,83	0,53	- 0,2	4,03
13:57	52	9,0	7,80	0,54	- 0,1	7,90
14:47	50	8,7	7,25	0,51	0,2	7,05
15:30	43	8,5	6,09	0,50	0,05	6,04
$\sum t = 246$				$\sum V_3 = 39,42$		

donde:

t: tiempo en minutos entre dos mediciones del caudal.

Q: caudal extraído por la bomba en m³/hora.

V₁:volumen de agua bombeada en m³.

V₂:volumen de agua extraída del almacenamiento en el propio pozo y calculado de acuerdo a la curva h-V en m³.

V₃:volumen de agua extraído de la formación en m³.

$$Q \text{ medio formación} = \frac{\sum V_3 \times 60}{\sum t} = \frac{39,42 \times 60}{246} = 9,615 \text{ m}^3/\text{h}$$

Adoptamos Q = 9,600 m³/h.

EVALUACION DEL ENSAYO

METODO DE JACOB

$$Q_{mf} = 9,6 \text{ m}^3/\text{h} = 230,4 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Piezómetro } FR_1 \quad r_1 = 6,88 \text{ m.}$$

$$\Delta s_1 = 0.512 \text{ m.} \quad t_{o1} = 17 \text{ min.} = 0.012 \text{ día}$$

$$T = 0,1832 \frac{Q}{\Delta s_1} = 82,4 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2,258 \frac{T t_{o1}}{r_1^2} = 0.047$$

$$\text{Piezómetro } FR_2 \quad r_2 = 9,83 \text{ m.}$$

$$\Delta s_2 = 0.285 \text{ m.} \quad t_{o2} = 18 \text{ min.} = 0.013 \text{ día}$$

$$T = 0,1832 \frac{Q}{\Delta s_2} = 148,1 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2,258 \frac{T t_{o2}}{r_2^2} = 0,035$$

$$\text{Piezómetro } FR_3 \quad r_3 = 17,60 \text{ m.}$$

$$\Delta s_3 = 0.162 \text{ m.} \quad t_{o3} = 29 \text{ min.} = 0,020 \text{ día}$$

$$T = 0,1832 \frac{Q}{\Delta s_3} = 260,6 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2,258 \frac{T t_{o3}}{r_3^2} = 0,038$$

METODO DE THEIS

$$Q = 9,6 \text{ m}^3/\text{h} = 230,4 \text{ m}^3/\text{día}$$

Piezómetro FR₁

$$r_1 = 6,88 \text{ m.}$$

r^2/t	s
$8,52 \times 10^3$	$3,0 \times 10^{-2}$
$3,79 \times 10^3$	$8,5 \times 10^{-2}$
$2,43 \times 10^3$	$1,3 \times 10^{-1}$
$1,79 \times 10^3$	$1,8 \times 10^{-1}$
$1,29 \times 10^3$	$2,55 \times 10^{-1}$
$1,00 \times 10^3$	$3,25 \times 10^{-1}$
$8,21 \times 10^2$	$3,7 \times 10^{-1}$

r^2/t	s
$6,96 \times 10^2$	$3,9 \times 10^{-1}$
$5,78 \times 10^2$	$4,1 \times 10^{-1}$
$4,94 \times 10^2$	$4,25 \times 10^{-1}$
$4,31 \times 10^2$	$4,35 \times 10^{-1}$
$3,63 \times 10^2$	$4,55 \times 10^{-1}$
$3,13 \times 10^2$	$4,7 \times 10^{-1}$
$2,75 \times 10^2$	$4,8 \times 10^{-1}$

Coordenadas de los puntos de ajuste.

$$u = 0,44$$

$$r^2/t = 1300$$

$$w(u) = 0,62$$

$$s = 0,25$$

$$T = \frac{Q}{4\pi s} w(u) = 45,5 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2/t} = 0,062$$

Piezómetro FR₂

$$r_2 = 9,83 \text{ m.}$$

r^2/t	s
$1,74 \times 10^4$	$1,0 \times 10^{-2}$
$7,73 \times 10^3$	$3,5 \times 10^{-2}$
$4,97 \times 10^3$	$6,0 \times 10^{-2}$
$3,66 \times 10^3$	$1,0 \times 10^{-1}$
$2,63 \times 10^3$	$1,4 \times 10^{-1}$
$2,05 \times 10^3$	$1,85 \times 10^{-1}$
$1,68 \times 10^3$	$2,1 \times 10^{-1}$

r^2/t	s
$1,42 \times 10^3$	$2,25 \times 10^{-1}$
$1,18 \times 10^3$	$2,4 \times 10^{-1}$
$1,01 \times 10^3$	$2,55 \times 10^{-1}$
$8,81 \times 10^2$	$2,7 \times 10^{-1}$
$7,40 \times 10^2$	$2,8 \times 10^{-1}$
$6,38 \times 10^2$	$2,95 \times 10^{-1}$
$5,61 \times 10^2$	$3,05 \times 10^{-1}$

Coordenadas de los puntos de ajuste

$$\begin{aligned} u &= 0,60 \\ w(u) &= 0,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r^2/t &= 3000 \\ s &= 0,13 \end{aligned}$$

$$T = \frac{Q}{4\pi s} w(u) = 70,5 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2/t} = 0,056$$

Piezómetro FR₃

$$r_3 = 17,60 \text{ m.}$$

r^2/t	s
$2,48 \times 10^4$	$5,0 \times 10^{-3}$
$1,59 \times 10^4$	$1,0 \times 10^{-2}$
$1,17 \times 10^4$	$2,5 \times 10^{-2}$
$8,42 \times 10^3$	$4,5 \times 10^{-2}$
$6,56 \times 10^3$	$6,0 \times 10^{-2}$
$5,37 \times 10^3$	$8,0 \times 10^{-2}$
$4,55 \times 10^3$	$9,0 \times 10^{-2}$

r^2/t	s
$3,78 \times 10^3$	$1,0 \times 10^{-1}$
$3,23 \times 10^3$	$1,1 \times 10^{-1}$
$2,82 \times 10^3$	$1,2 \times 10^{-1}$
$2,37 \times 10^3$	$1,35 \times 10^{-1}$
$2,05 \times 10^3$	$1,45 \times 10^{-1}$
$1,80 \times 10^3$	$1,55 \times 10^{-1}$

Coordenadas de los puntos de ajuste

$$u = 0,5 \quad r^2/t = 6200$$

$$w(u) = 0,56 \quad s = 0,066$$

$$T = \frac{Q}{4\pi s} \quad w(u) = 155,6 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2/t} = 0,050$$

METODO DE CHOW

$$T = \frac{Q \times W(u)}{4\pi s}$$

$$S = \frac{4 T t u}{r^2}$$

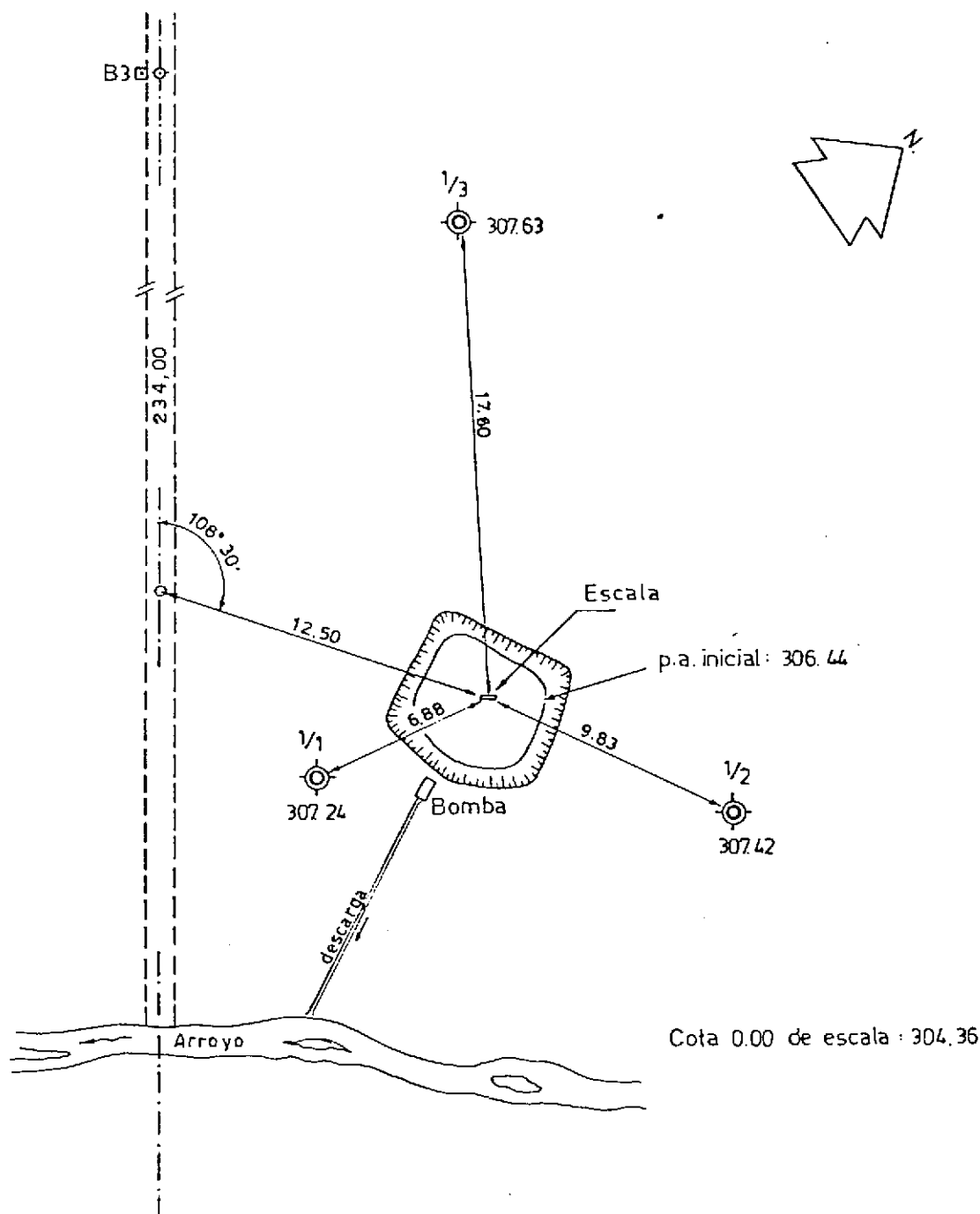
Pie zón tro	Punto	s (m)	t (min.)	Δs (m)	$F(u) = \frac{s}{\Delta s}$	u	w(u)	T (m ² /día)	S
FR ₁	A	0.042	10	0.126	0.333	0.69	0.38	165.9	0.067
FR ₂	B	0.032	17	0.105	0.305	0.79	0.32	183.3	0.071
FR ₃	C	0.025	38	0.101	0.248	1.03	0.205	150.3	0.053

CUADRO N° 8ENSAYO N° 1ANALISIS QUIMICOS MUESTRA DE AGUA

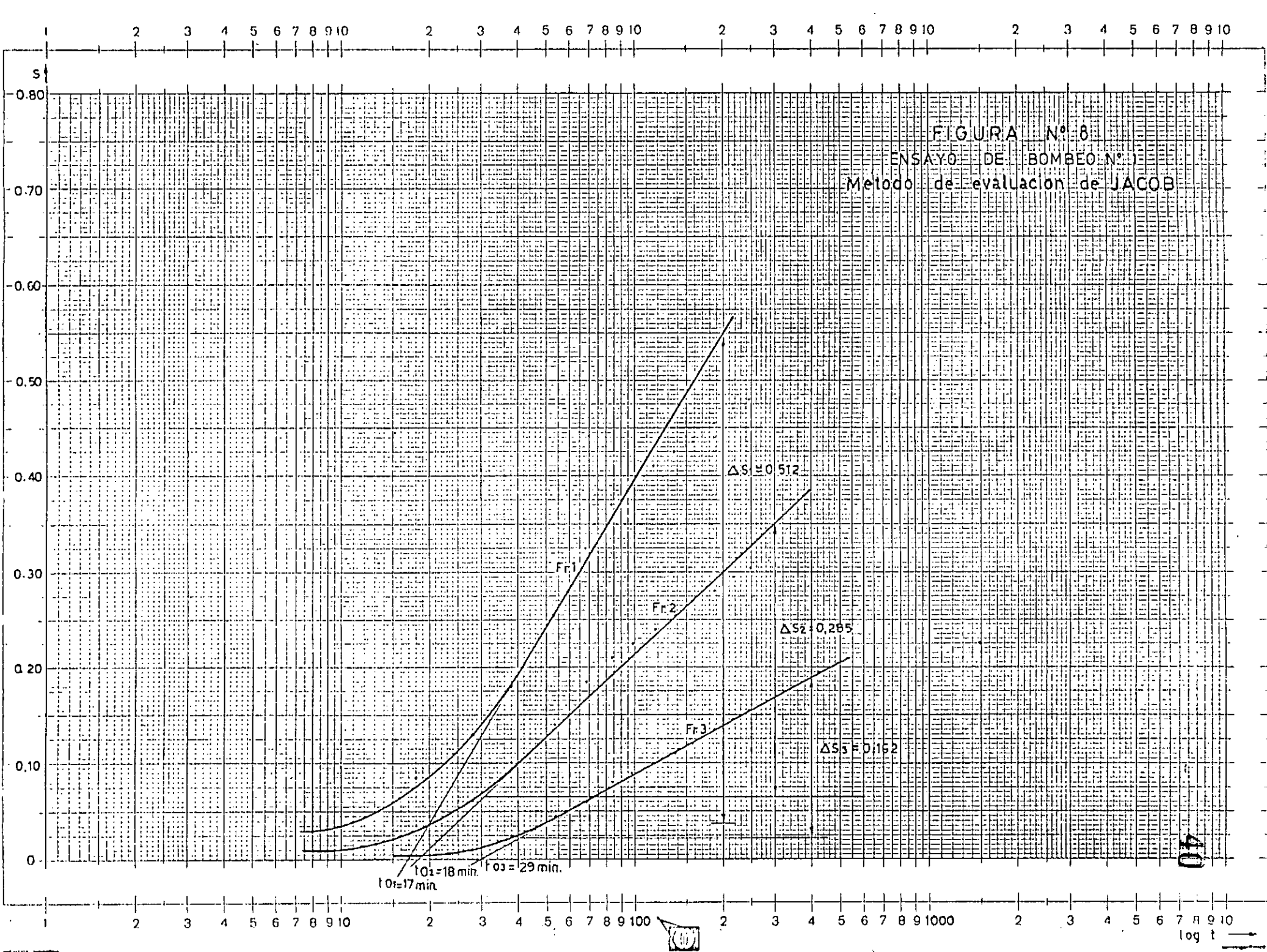
MUESTRA	CE x 10 ⁶ 25°C	Na me/l	Ca + Mg me/l	PH	R.A.S.	Clasificación Riverside
Antes del ensayo	10.100	60	46,8	7,2	12	C ₆ S ₄
Durante el ensa- yo.	11.020	68	48,0	7,2	14	C ₆ S ₄
Después del ensayo	7.950	38	45,8	7,3	8	C ₆ S ₄

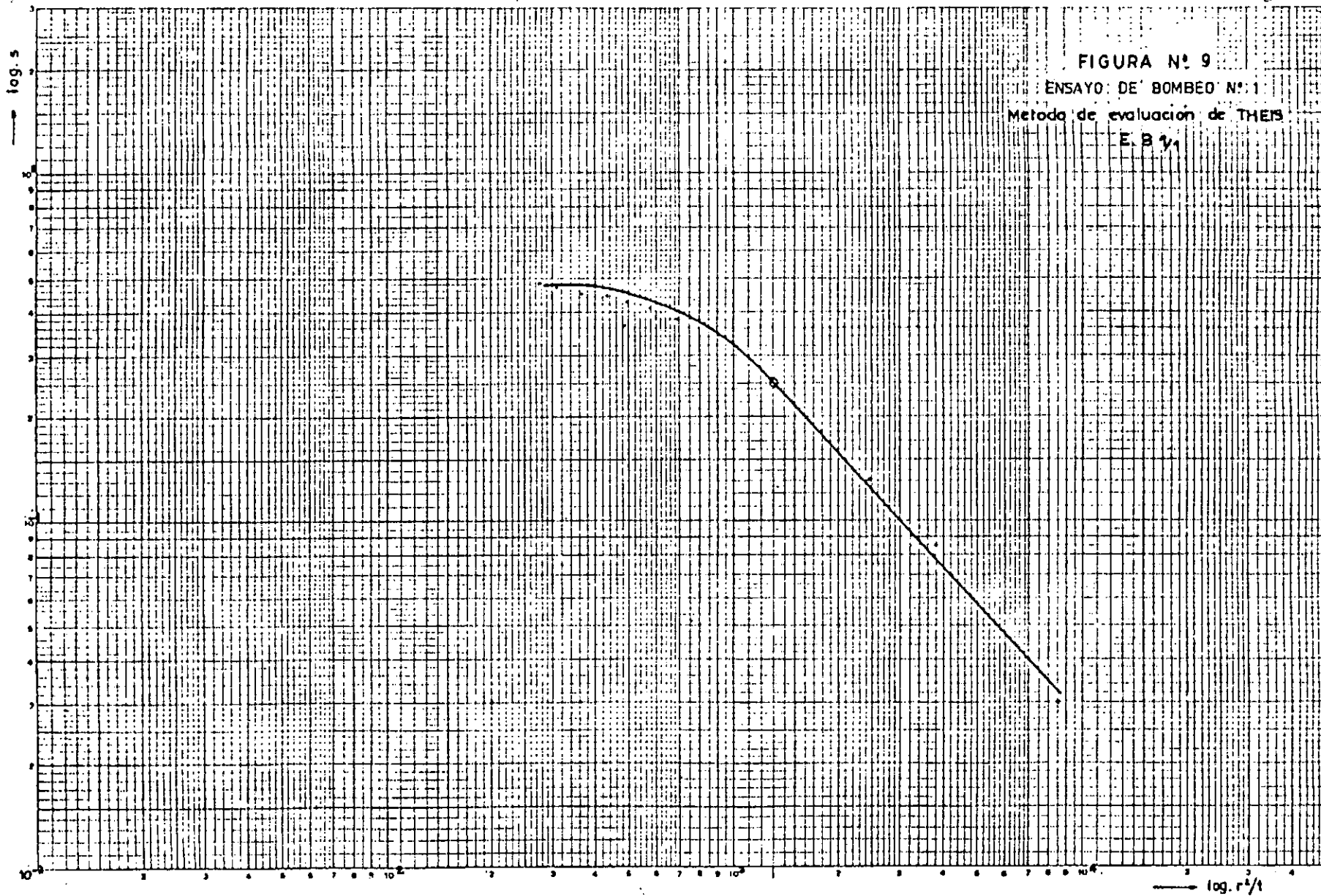
ENSAYO DE BOMBEO N° 1 CROQUIS DE UBICACIÓN

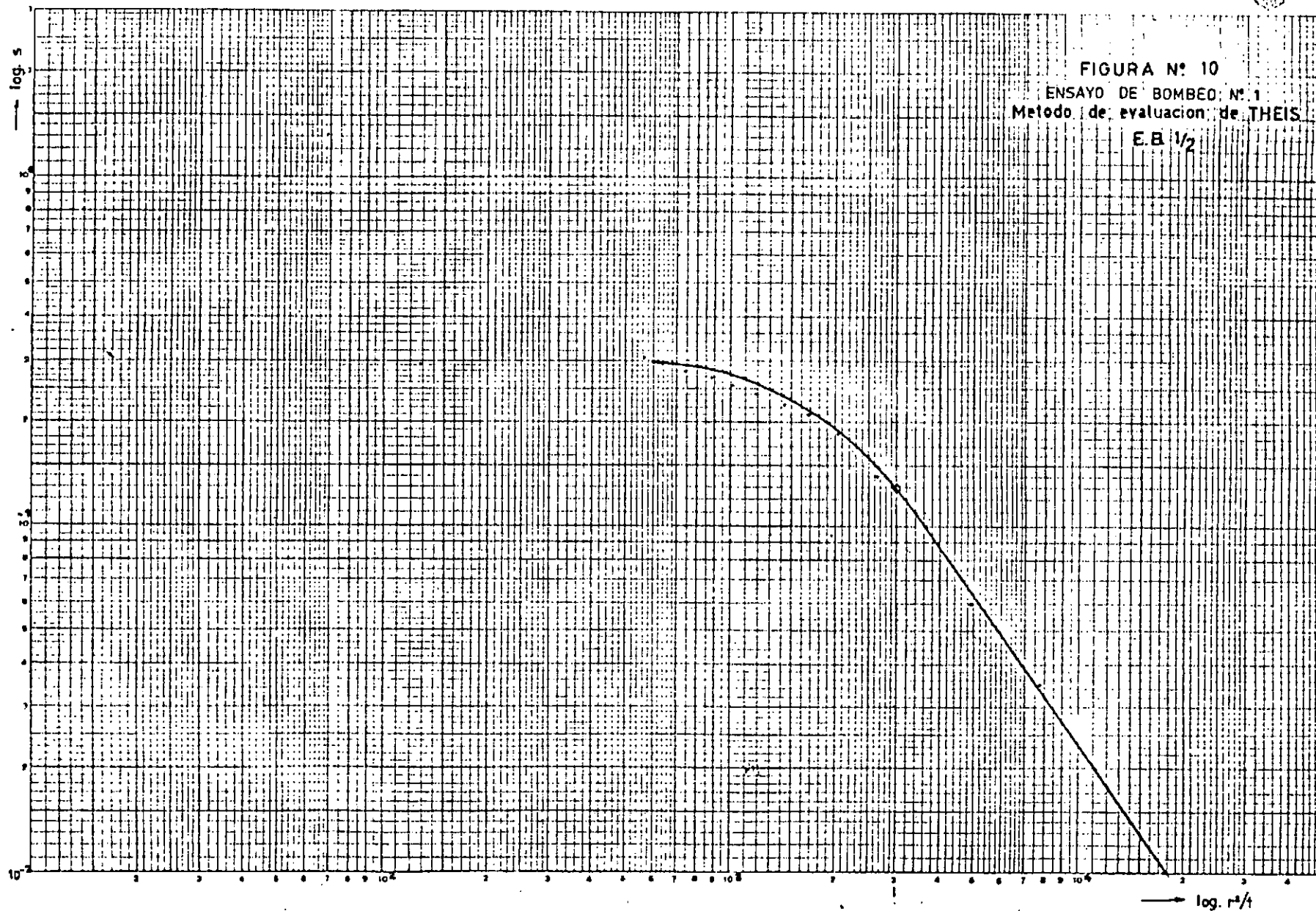
39

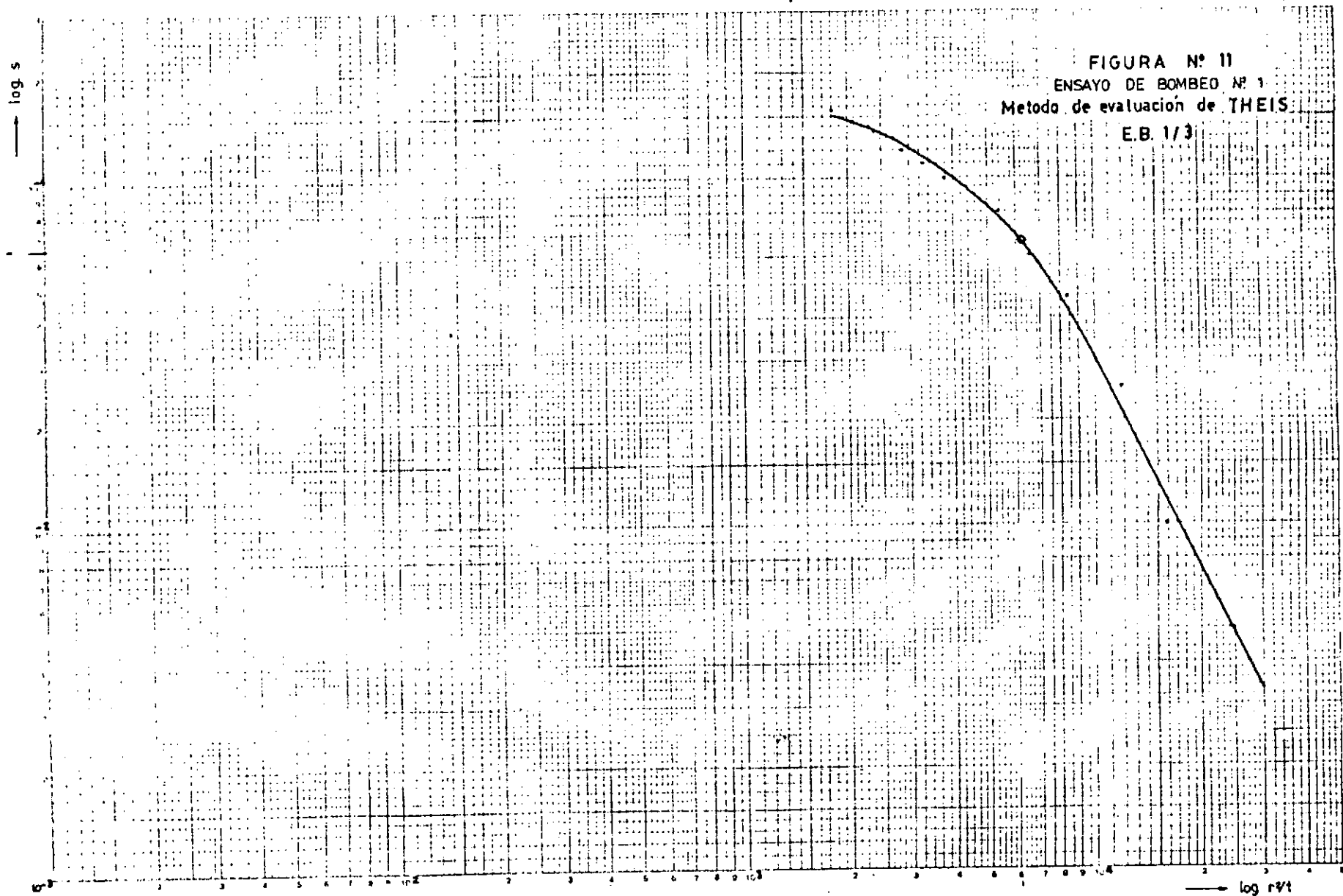


AREA	ESCALA	COTA p.a. m	SUPERFICIE MOJADA m²	VOLUMEN PARCIAL m³	VOLUMEN ACUMULADO m³
1	2.08	306.44	26.60	-	-
2	1.03	305.39	11.95	20.24	20.24
3	0.50	304.86	4.69	4.41	24.65









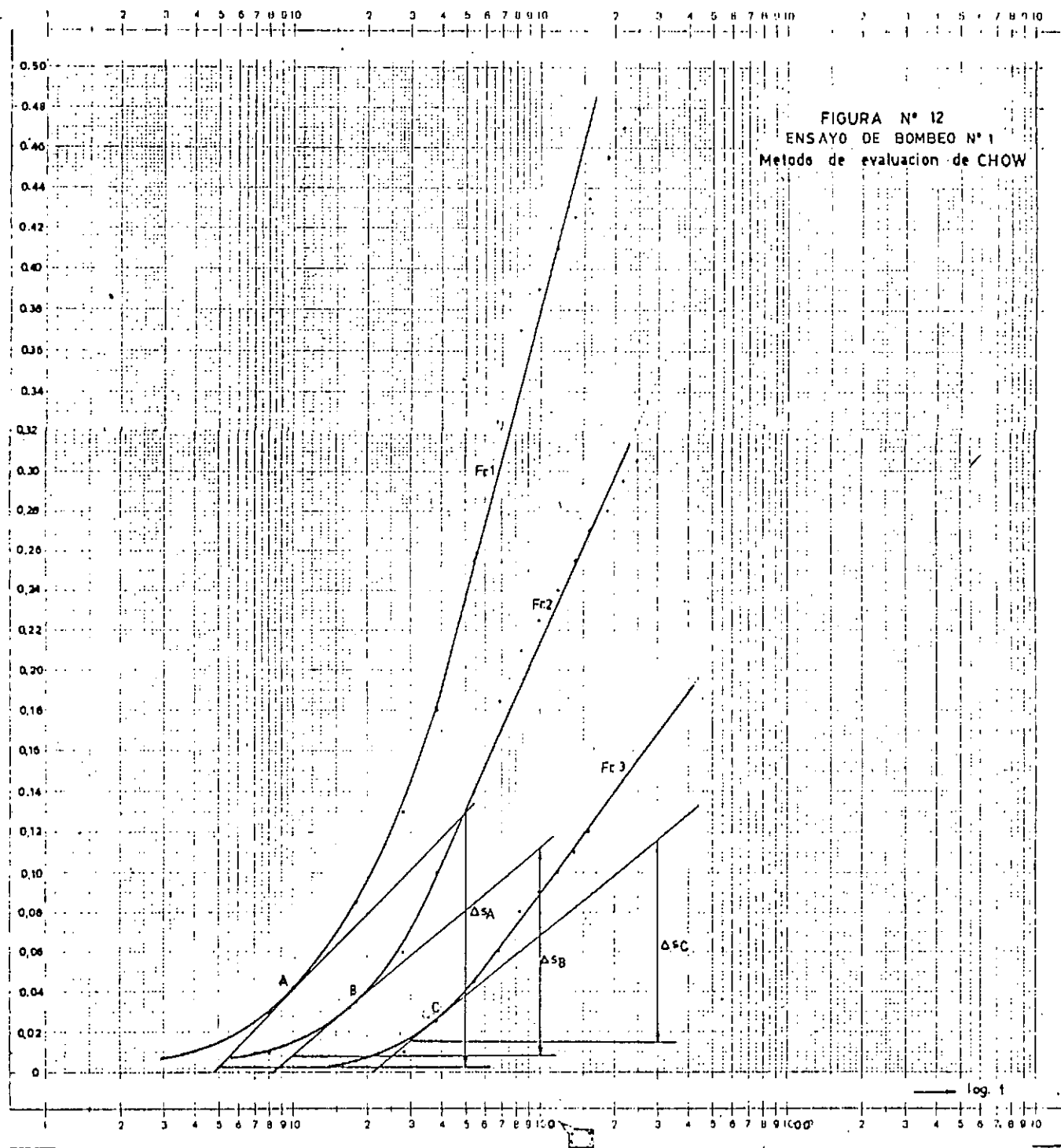
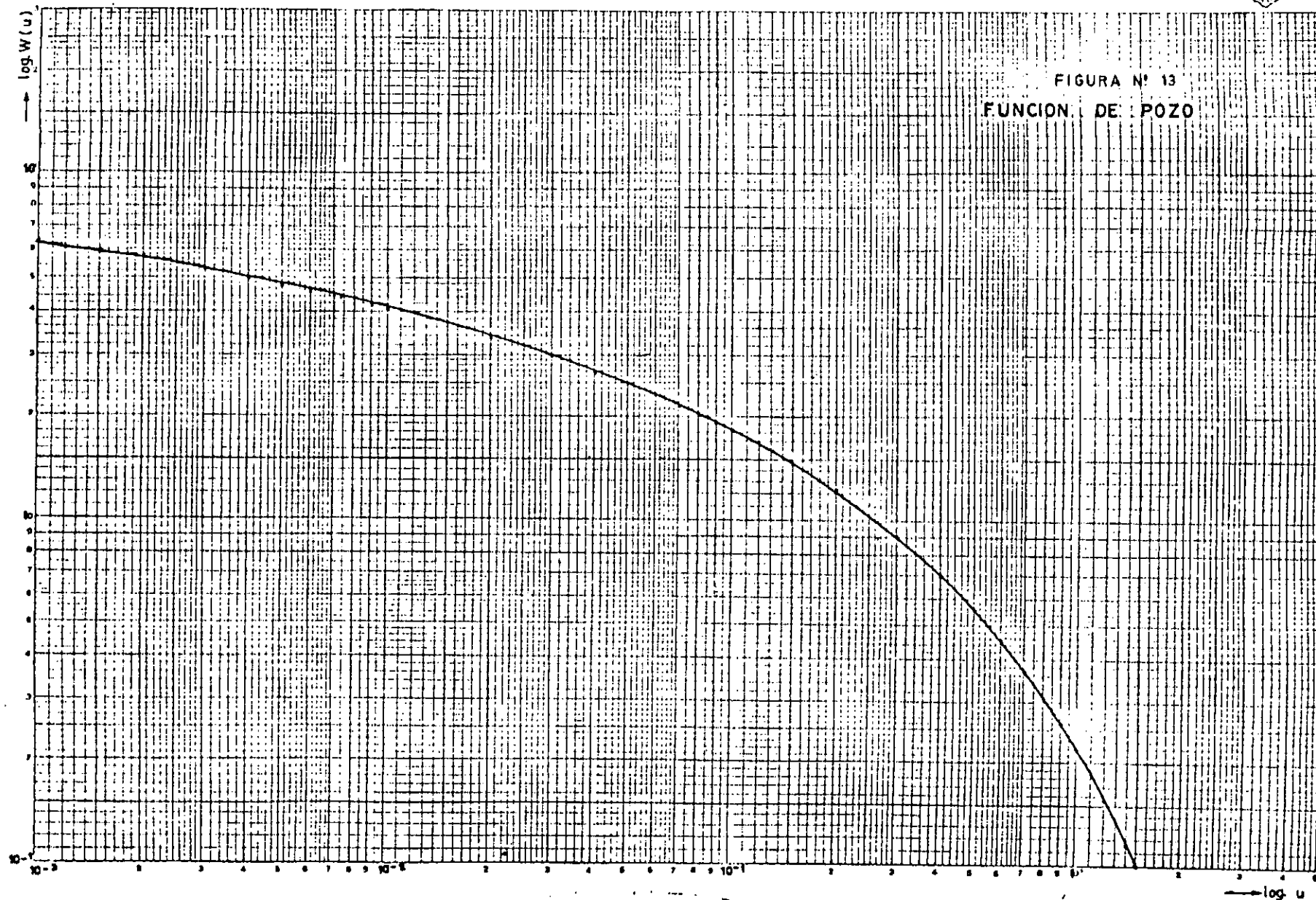




FIGURA N° 13
FUNCION. DE POZO



ENSAYO DE BOMBEO N° 2

ENSAYO DE BOMBEO N° 2

AMPLIACION SECCION V

Fecha: 18-6-81

Suelo: 0 - 15 cm : franco arcillo limoso

15 - 25 cm : arenoso

+ 25 cm : ripio + arena

CUADRO N° 9

CAUDALES BOMBeadOS

Hora	Tiempo de llenado (seg.)	Q (l/h)	Lectura escala	OBSERVACIONES
10:58	39	19.500	1.58	Vol.tambor = 211 l.
11:13	18	42.200	1.38	
11:23	22	34.500	1.18	
11:43	32	23.700	0.86	
11:58	?	-	0.72	
12:02	240	1.160	0.74 ⁵	$h_{\text{tambor}} = 0.315\text{m.}$ Vol.= 77 l.
12:13	210	3.600	0.78	
12:33	163	4.700	0.78	
14:05	80	9.500	0.70	

CUADRO N° 10

TIEMPOS - PROFUNDIDADES - DESCENSOS

HORA	TIEMPO ACUMU- LADO	F R E A T I M E T R O S						POZO		OBSERVACIONES
		FR ₁		FR ₂		FR ₃		Lectura	Desc.	
		Prof.	Desc.	Prof.	Desc.	Prof.	Desc.			
10:45	0	1.16	-	1.29	-	1.02 ⁵	-	1.68 ⁵	-	
10:55	10	1.16 ⁵	0.00 ⁵					1.60 ⁵	0.08	
11:02	17							1.53	0.15 ⁵	Paró bombeo
11:06	21							1.54	0.14 ⁵	Reanudó bombeo > Q
11:10	25	1.18	0.02	1.29 ⁵	0.00 ⁵	1.02 ⁵	-	1.45	0.23 ⁵	
11:18	33							1.30	0.38 ⁵	< Q
11:20	35	1.20	0.04	1.30	0.01	1.03	0.00 ⁵	1.25	0.33 ⁵	
11:30	45	1.23	0.07	1.31	0.02	1.03 ⁵	0.01	1.07	0.61 ⁵	
11:40	55	1.25 ⁵	0.09 ⁵	1.33	0.04	1.04 ⁵	0.02	0.91	0.77 ⁵	
11:50	65							0.71 ⁵	0.97	< Q
11:55	70	1.28 ⁵	0.12 ⁵	1.34 ⁵	0.05 ⁵	1.05 ⁵	0.03	0.70	0.98 ⁵	
12:01	76							0.74	0.94 ⁵	> Q
12:08	83							0.77	0.91 ⁵	> Q
12:10	85	1.30	0.14	1.35 ⁵	0.06 ⁵	1.05 ⁵	0.03	0.77	0.91 ⁵	
12:18	93							0.78	0.90 ⁵	> Q
12:30	105	1.31	0.15	1.36 ⁵	0.07 ⁵	1.06 ⁵	0.04	0.78	0.90 ⁵	
13:00	135	1.32	0.16	1.37 ⁵	0.08 ⁵	1.07	0.04 ⁵	0.76	0.92 ⁵	
13:30	165	1.33 ⁵	0.17 ⁵	1.39 ⁵	0.10 ⁵	1.08	0.05 ⁵	0.76	0.92 ⁵	
14:00	195	1.34 ⁵	0.18 ⁵	1.39 ⁵	0.10 ⁵	1.08 ⁵	0.06	0.74	0.94 ⁵	
14:15	210	1.35	0.19	1.40	0.11	1.09	0.06 ⁵	0.64 ⁵	1.04	Fin bombeo
14:30	225	1.35	0.19	1.40	0.11	1.09	0.06 ⁵	0.75 ⁵	0.93	
14:45	240	1.35	0.19	1.40	0.11	1.09	0.06 ⁵	0.82	0.86 ⁵	
15:05	280	1.35	0.19	1.40	0.11	1.09	0.06 ⁵	0.89	0.79 ⁵	
17:35	410	1.33	0.17	1.40	0.11	1.09	0.06 ⁵	1.16	0.52 ⁵	
22:15	690	1.29	0.13	1.36 ⁵	0.07 ⁵	1.06	0.03 ⁵	1.39 ⁵	0.29	

CUADRO N° 11

CALCULO DEL CAUDAL DE LA FORMACION

HORA	t (1)	Q (2)	V ₁ (3)=(1)x(2)	Lectura escala	V ₂ (4)	V ₃ (5)=(3)-(4)
10:45	-	-	-	1.68 ⁵	-	-
11:02	17	19,5	5,53	1.53	5,4	0,13
11:06	-	-	-	1.54		
11:18	12	42,2	8,44	1,30	5,6	2,84
11:33	15	34,5	8,63	1,02	6,8	1,83
11:50	17	23,7	6,72	0,71 ⁵	4,5	2,22
12:01	11	0,5	0,09	0,74	- 0,3	0,39
12:08	7	1,16	0,14	0,77	- 0,4	0,54
12:18	10	3,6	0,60	0,78	- 0,1	0,70
13:19	61	4,7	4,78	0,77	0,1	4,68
14:15	56	9,5	8,87	0,68	1,2	7,67
Σt	206				ΣV_3	21,0

$$Q \text{ medio formación} = \frac{\Sigma V_3}{\Sigma t} \times 60 = \frac{21,0 \times 60}{206} = 6,116 \text{ m}^3/\text{h}$$

Adoptamos $Q = 6,1 \text{ m}^3/\text{h}$.

EVALUACION DEL ENSAYO

METODO DE JACOB

$$Q_{mf} = 6,1 \text{ m}^3/\text{h} = 146,4 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Piezómetro } FR_1 \quad r_1 = 7,67 \text{ m.}$$

$$\Delta s_1 = 0.210 \text{ m.} \quad t_{o1} = 22 \text{ min.} = 0.015 \text{ día}$$

$$T = 0,1832 \frac{Q}{\Delta s_1} = 127,7 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2,258 \frac{T t_{o1}}{r_1^2} = 0.074$$

$$\text{Piezómetro } FR_2 \quad r_2 = 14,07 \text{ m.}$$

$$\Delta s_2 = 0.147 \text{ m.} \quad t_{o2} = 32 \text{ min.} = 0.022 \text{ día}$$

$$T = 0.1832 \frac{Q}{\Delta s_2} = 182,5 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2,258 \frac{T t_{o2}}{r_2^2} = 0,046$$

$$\text{Piezómetro } FR_3 \quad r_3 = 17,30$$

$$\Delta s_3 = 0.077 \quad t_{o3} = 34 \text{ min.} = 0,024 \text{ día}$$

$$T = 0,1832 \frac{Q}{\Delta s_3} = 348,3 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2,258 \frac{T t_{o3}}{r_3^2} = 0,063$$

METODO DE THEIS

$$Q = 6,1 \text{ m}^3/\text{h} = 146,4 \text{ m}^3/\text{día}$$

Piezómetro FR₁

$$r_1 = 7,67 \text{ m.}$$

r^2 / t	s
$8,47 \times 10^3$	$5,0 \times 10^{-3}$
$3,39 \times 10^3$	$2,0 \times 10^{-2}$
$2,42 \times 10^3$	$4,0 \times 10^{-2}$
$1,88 \times 10^3$	$7,0 \times 10^{-2}$
$1,54 \times 10^3$	$9,5 \times 10^{-2}$
$1,21 \times 10^3$	$1,25 \times 10^{-1}$

r^2 / t	s
$9,97 \times 10^2$	$1,4 \times 10^{-1}$
$8,07 \times 10^2$	$1,5 \times 10^{-1}$
$6,28 \times 10^2$	$1,6 \times 10^{-1}$
$5,13 \times 10^2$	$1,75 \times 10^{-1}$
$4,34 \times 10^2$	$1,85 \times 10^{-1}$
$4,03 \times 10^2$	$1,9 \times 10^{-1}$

Coordenadas de los puntos de ajuste.

$$u = 0,55$$

$$r^2 / t = 1350$$

$$w(u) = 0,53$$

$$s = 0,11$$

$$T = \frac{Q}{4\pi s} w(u) = 56,1 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2 / t} = 0,091$$

Piezómetro FR₂

$$r_2 = 14,07 \text{ m.}$$

r^2 / t	s
$1,14 \times 10^4$	$5,0 \times 10^{-3}$
$8,14 \times 10^3$	$1,0 \times 10^{-2}$
$6,33 \times 10^3$	$2,0 \times 10^{-2}$
$5,18 \times 10^3$	$4,0 \times 10^{-2}$
$4,07 \times 10^3$	$5,5 \times 10^{-2}$
$3,35 \times 10^3$	$6,5 \times 10^{-2}$

r^2 / t	s
$2,71 \times 10^3$	$7,5 \times 10^{-2}$
$2,11 \times 10^3$	$8,5 \times 10^{-2}$
$1,73 \times 10^3$	$1,05 \times 10^{-1}$
$1,46 \times 10^3$	$1,05 \times 10^{-1}$
$1,36 \times 10^3$	$1,1 \times 10^{-1}$

Coordenadas de los puntos de ajuste.

$$u = 0,7$$

$$r^2/t = 3800$$

$$w(u) = 0,37$$

$$s = 0,058$$

$$T = \frac{Q}{4\pi s} w(u) = 74,3 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2/t} = 0,055$$

Piezómetro FR₃

r^2 / t	s
$1,23 \times 10^4$	$5,0 \times 10^{-3}$
$9,58 \times 10^3$	$1,0 \times 10^{-2}$
$7,84 \times 10^3$	$2,0 \times 10^{-2}$
$6,16 \times 10^3$	$3,0 \times 10^{-2}$
$5,07 \times 10^3$	$3,0 \times 10^{-2}$

r^2 / t	s
$4,10 \times 10^3$	$4,0 \times 10^{-2}$
$3,19 \times 10^3$	$4,5 \times 10^{-2}$
$2,61 \times 10^3$	$5,5 \times 10^{-2}$
$2,21 \times 10^3$	$6,0 \times 10^{-2}$
$2,05 \times 10^3$	$6,5 \times 10^{-2}$

Coordenadas de los puntos de ajuste.

$$u = 0,79$$

$$r^2/t = 6400$$

$$w(u) = 0,34$$

$$s = 0,024$$

$$T = \frac{Q}{4\pi s} w(u) = 165,0 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2/t} = 0,081$$

METODO DE CHOW

$$T = \frac{Q \times W(u)}{4\pi s}$$

$$S = \frac{4 T t u}{r^2}$$

Pie- zόμε tro.	Punto	s (m)	t (min.)	Δs (m)	$F(u) = \frac{s}{\Delta s}$	u	w(u)	T (m ² /día)	S
FR ₁	A	0,02	23	0,07	0,286	0,85	0,285	166,0	0,152
FR ₂	B	0,011	34	0,06	0,183	1,56	0,095	100,6	0,075
FR ₃	C	0,009	42	0,056	0,161	1,84	0,064	82,8	0,059

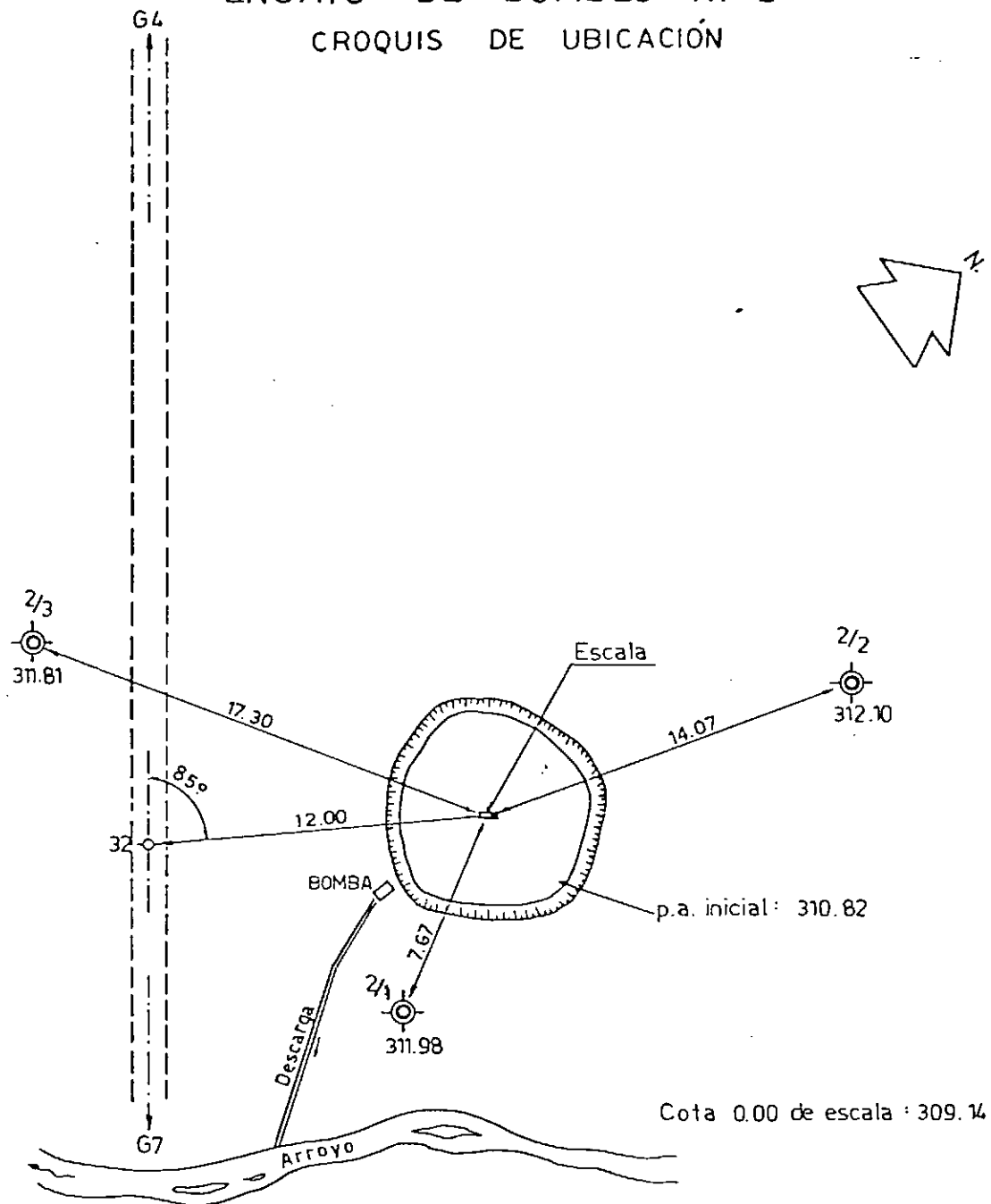
CUADRO N° 12ENSAYO N°2ANALISIS QUIMICOS MUESTRAS DE AGUA

MUESTRA	CE x 10 ⁶ a 25°C	Na me/l	Ca + Mg me/l	PH	R.A.S.	Clasificación Riverside
Antes del ensayo	3.720	22	17,2	6,7	8	C ₄ S ₃
Durante el ensa- yo.	4.660	28	24,6	6,9	8	C ₅ S ₃
Después del ensayo	8.050	48	40,5	6,8	11	C ₆ S ₄

ENSAYO DE BOMBEO N° 2

CROQUIS DE UBICACIÓN

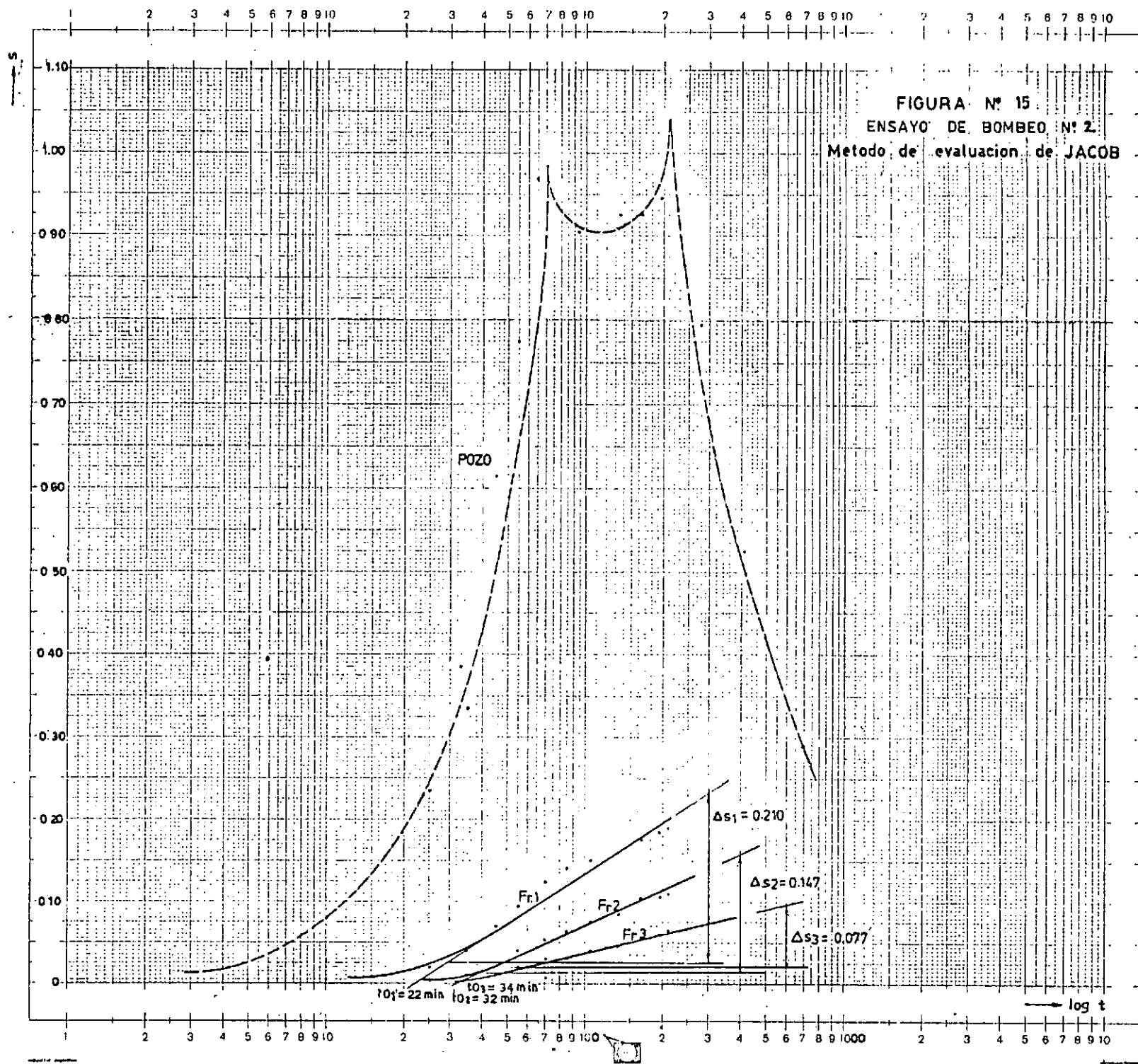
55



AREA	ESCALA	COTA p.a. m.	SUPERFICIE MOJADA m²	VOLUMEN PARCIAL m³	VOLUMEN ACUMULADO m³
1	1.685	310.825	33.40	-	-
2	1.00	310.14	19.35	18.07	18.07
3	0.68	309.82	10.21	4.73	22.80

ESCALA 1: 250

CONSORCIO CONSULTOR
INTERCONSUL - ADE - FRANKLIN CONSULT



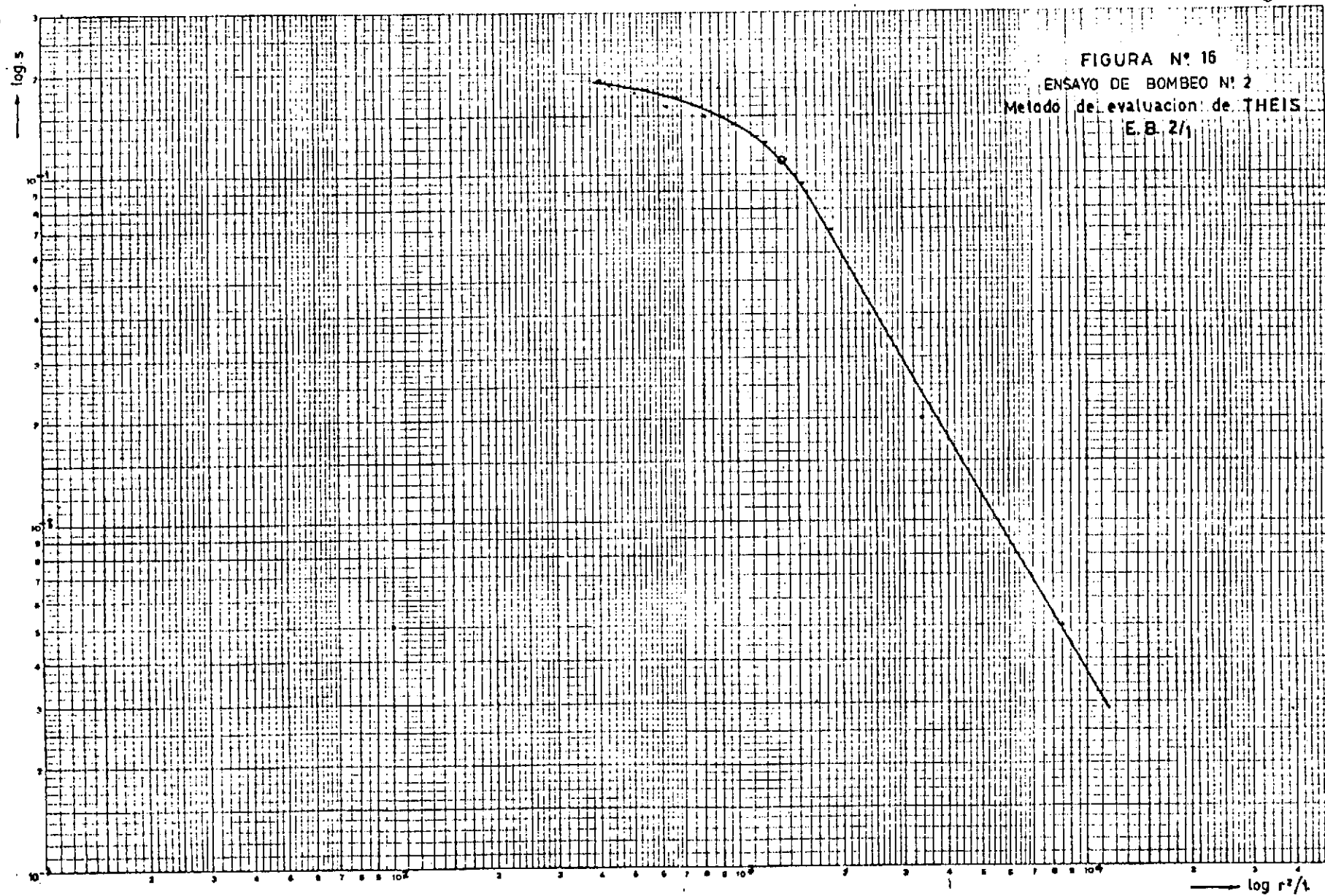
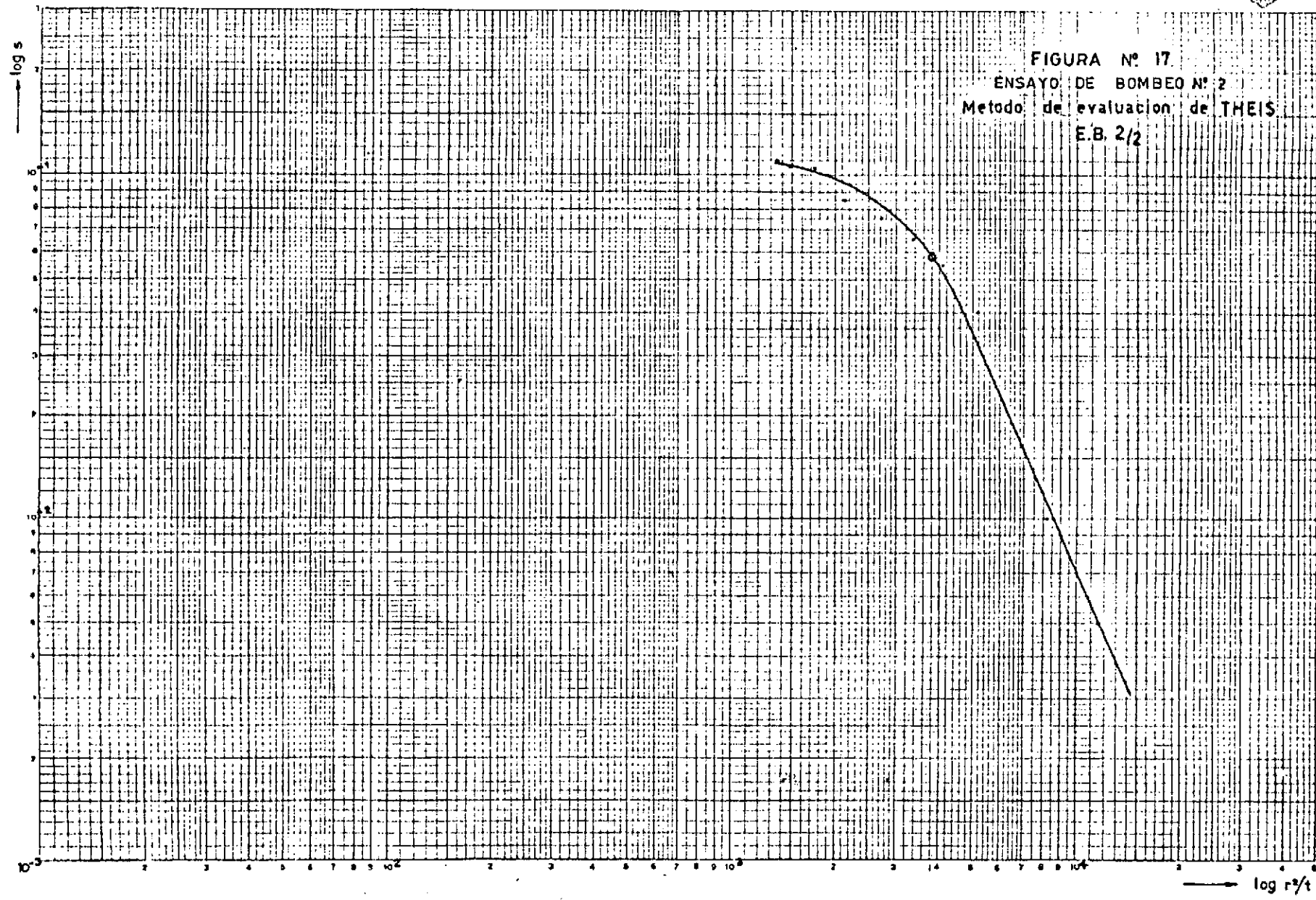
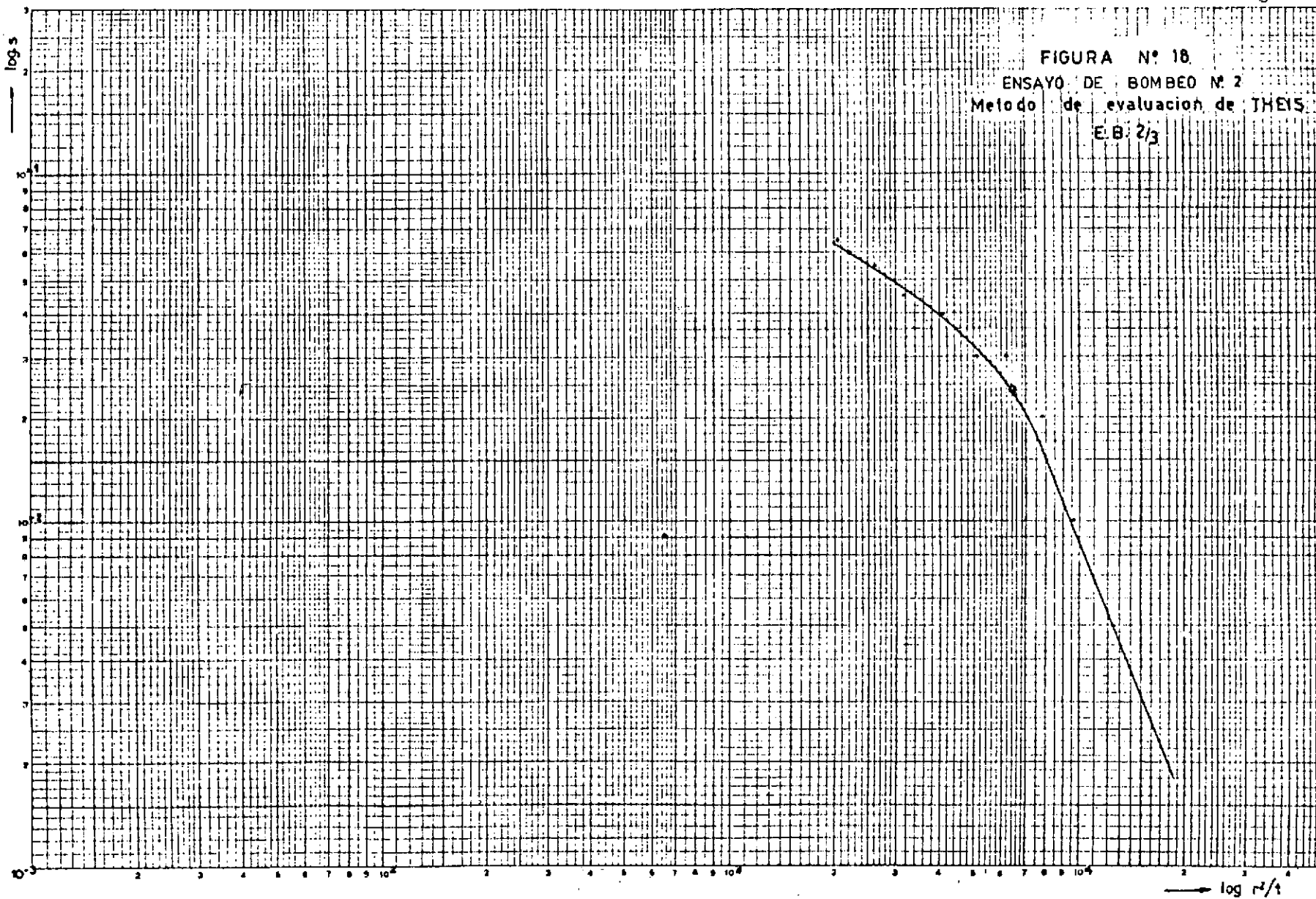
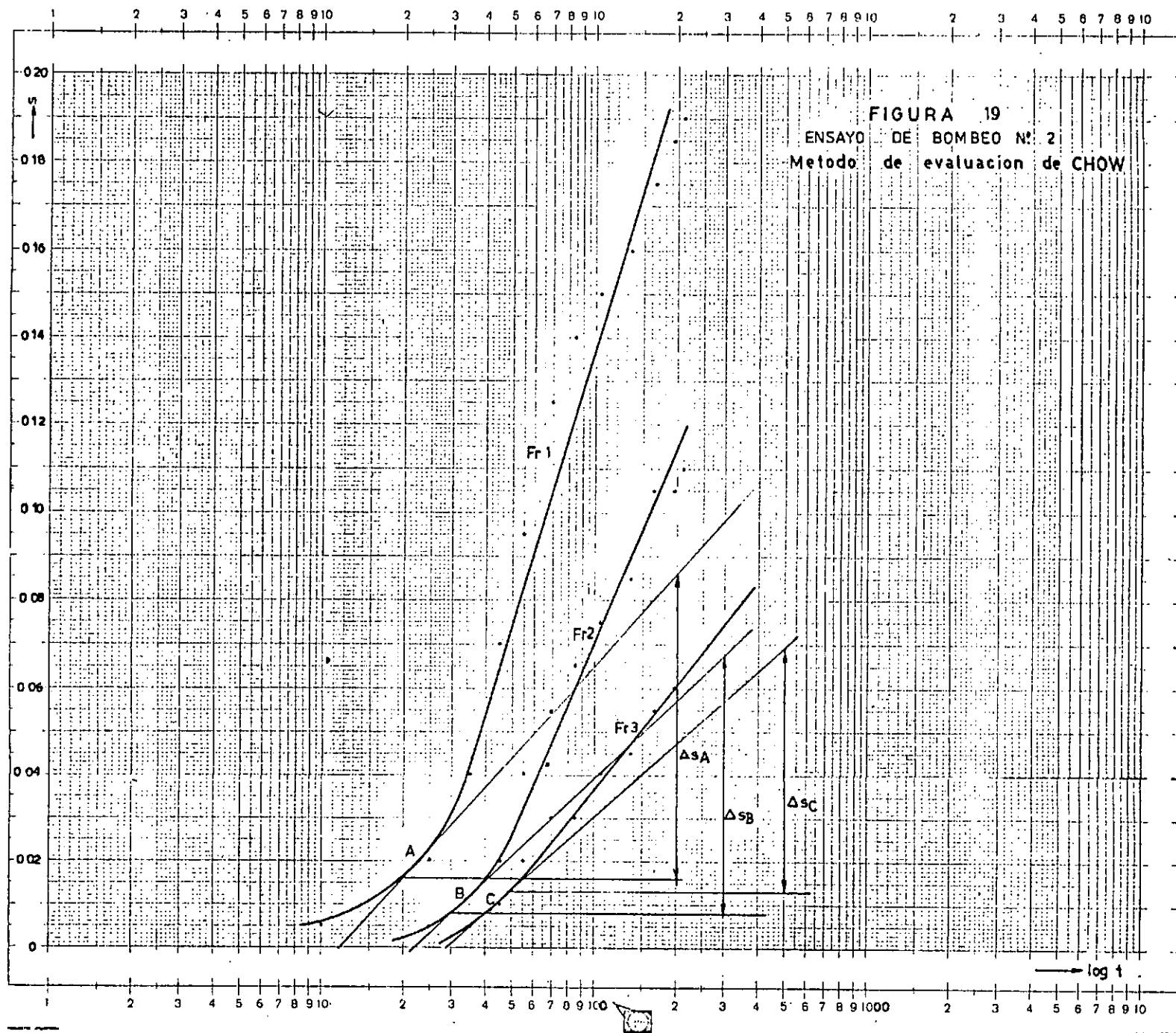




FIGURA N° 17
ENSAYO DE BOMBEO N° 2
Metodo de evaluacion de THEIS
E.B. 2/2







ENSAYO DE BOMBEO N° 3

ENSAYO DE BOMBEO N°3.

AMPLIACION SECCION V

Fecha: 16-6-81

Suelo: ripio + arena

CUADRO N° 13

CAUDALES BOMBEADOS

Hora	Tiempo de llenado (seg.)	Q (l/h)	Lectura escala	OBSERVACIONES
13:50	21	36.200	1.53 ⁵	Vol. tambor = 211 l.
14:25	26	29.200	1.13	
14:55	27	28.100	0.80	
15:15	29	26.200	0.35	
15:35	48	15.800	0.03 ⁵	
15:45	50	15.200	0.03	
16:05	50	15.200	0.09 ⁵	
16:45	52	14.600	0.00	

TIEMPOS - PROFUNDIDADES - DESCENSOS

HORA	TIEMPO ACUMU- LADO	F R E A T I M E T R O S						POZOS		OBSERVACIONES
		FR ₁		FR ₂		FR ₃		Lectura. escala	Desc.	
		Prof.	Desc.	Prof.	Desc.	Prof.	Desc.			
13:49	0	0.46	-	0.23 ⁵	-	0.32	-	1.54 ⁵	-	
13:53	4							1.50	0.04 ⁵	
13:58	9							1.44	0.10 ⁵	
13: 59	10							1.42 ⁵		paró bombeo
14:03	14	0.48 ⁵	0.02 ⁵					1.42 ⁵	0.12	reanudó bombeo
14:10	21	0.51	0.05	0.24 ⁵	0.01	0.33	0.01	1.33	0.21 ⁵	
14:20	31	0.55	0.09	0.27 ⁵	0.03	0.34	0.02	1.20	0.34 ⁵	
14:30	41	0.61	0.15	0.30	0.06 ⁵	0.36	0.04	1.06	0.48 ⁵	
14:33	44							1.02	0.52 ⁵	paró bombeo
14:35	46							1.02		reanudó bombeo
14:45	56	0.66 ⁵	0.20 ⁵	0.33 ⁵	0.10	0.38	0.06	0.87 ⁵	0.67	
14:47	58							0.84 ⁵	0.70	paró bombeo
14:51	62							0.86	0.68 ⁵	reanudó bombeo
15:05	76	0.75	0.29	0.38	0.14 ⁵	0.41	0.09	0.60	0.94 ⁵	
15:15	86							0.35	1.19 ⁵	
15:19	90							0.25	1.29 ⁵	paró bombeo
15:22	93							0.30	1.24 ⁵	reanudó bombeo
15:27	98							0.17	1.37 ⁵	paró bombeo
15:29	100							0.21	1.33 ⁵	reanudó bombeo
15:30	101	0.87	0.41	0.46	0.22 ⁵	0.46	0.14	0.20	1.34 ⁵	
15:33	104							0.08	1.46 ⁵	< Q
15:37	108							0.02	1.52 ⁵	< Q
15:46	117							0.03 ⁵	1.51	< Q
15:50	121							0.09 ⁵	1.45	> Q

Cont-//...

HORA	TIEMPO ACUMU- LADO	F R E A T I M E T R O S						POZOS		OBSERVACIONES
		FR ₁		FR ₂		FR ₃				
		Prof.	Desc.	Prof.	Desc.	Prof.	Desc.	Lectura escala	Desc.	
16:00	131	0.94	0.48	0.49 ⁵	0.26	0.48 ⁵	0.16 ⁵	0.10 ⁵	1.44	
16:30	161	0.97	0.51	0.52	0.28 ⁵	0.50 ⁵	0.18 ⁵	0.03 ⁵	1.51	
17:00	191	1.00	0.54	0.54 ⁵	0.31	0.52 ⁵	0.20 ⁵	0.00	1.54 ⁵	
17:30	221	1.02	0.56	0.56	0.32 ⁵	0.54	0.22	0.00	1.54 ⁵	Fin bombeo
17:45	236	1.00	0.54	0.53 ⁵	0.30	0.52	0.20	0.37 ⁵	1.17	
18:00	251	0.92 ⁵	0.46 ⁵	0.50	0.26 ⁵	0.51	0.19	0.55	0.99 ⁵	
18:15	266	0.88	0.42	0.48	0.24 ⁵	0.49	0.17	0.69	0.85 ⁵	
18:30	281	0.85	0.39	0.46	0.22 ⁵	0.48 ⁵	0.16 ⁵	0.79	0.75 ⁵	
18:45	296	0.81 ⁵	0.35 ⁵	0.44	0.20 ⁵	0.46 ⁵	0.14 ⁵	0.87 ⁵	0.67	
19:05	316	0.78	0.32	0.42	0.18 ⁵	0.46	0.14	0.95	0.59 ⁵	
21:45	476	0.63	0.17	0.34	0.10 ⁵	0.40 ⁵	0.08 ⁵	1.29	0.25 ⁵	
9:15	1166	0.48 ⁵	0.02 ⁵	0.25 ⁵	0.02	0.33 ⁵	0.01 ⁵	1.57 ⁵	-0.03	

CUADRO N°15

CALCULO DEL CAUDAL DE LA FORMACION

Hora	t (1)	Q (2)	V ₁ (3)=(1)x(2)	Lectura escala	V ₂ (4)	V ₃ (5)=(3)-(4)
13:49	-	-	-	1.54 ⁵	-	-
13:59	10	36,2	6,03	1.42 ⁵	6,0	0,03
14:03	-	-	-	1.42 ⁵		
14:33	30	29,2	19,60	1.02	11,7	7,90
14:35	-	-	-	1.02	-	
14:47	12	28.6	5.72	0.84 ⁵	4,1	1.62
14:51	-	-	-	0.86	-	
15:19	28	26.2	12.23	0.25	12.2	0.03
15:22	-	-	-	0.30		
15:27	5	21.0	1.75	0.17	1.2	0.55
15:29				0.21		
15:33	4	21.0	1.40	0.08	1.1	0.30
15:37	4	15.8	1.05	0.02	0.3	0.75
15:46	9	15.2	2.28	0.03 ⁵	- 0.1	2.38
15:50	4	15.2	1.01	0.09 ⁵	- 0.2	1.21
16:20	30	15.2	7.60	0.05 ⁵	0.1	7.50
17:30	70	14.6	17.03	0.00	0.3	16.73
Σ t	206				Σ V ₃	39.0

$$Q_{mf} = \frac{\Sigma V_3}{\Sigma t} \times 60 = \frac{39,0}{206} \times 60 = 11,359 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Adoptamos $Q = 11,3 \text{ m}^3/\text{h.}$

EVALUACION DEL ENSAYO

METODO DE JACOB

$$Q_{mf} = 11,3 \text{ m}^3/\text{h} = 271,2 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Piezómetro } FR_1 \quad r_1 = 6,38 \text{ m.}$$

$$\Delta s_1 = 0.628 \text{ m.} \quad t_{o1} = 24 \text{ min.} = 0.017 \text{ día}$$

$$T = 0,1832 \frac{Q}{\Delta s_1} = 79,1 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2,258 \frac{T t_{o1}}{r_1^2} = 0,075$$

$$\text{Piezómetro } FR_2 \quad r_2 = 10,28 \text{ m.}$$

$$\Delta s_2 = 0.360 \text{ m.} \quad t_{o2} = 27 \text{ min.} = 0.019 \text{ día}$$

$$T = 0.1832 \frac{Q}{\Delta s_2} = 138.0 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2.258 \frac{T t_{o2}}{r_2^2} = 0.056$$

$$\text{Piezómetro } FR_3 \quad r_3 = 16,60 \text{ m.}$$

$$\Delta s_3 = 0.270 \text{ m.} \quad t_{o3} = 31 \text{ min.} = 0.022 \text{ día}$$

$$T = 0.1832 \frac{Q}{\Delta s_3} = 184,1 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = 2.258 \frac{T t_{o3}}{r_3^2} = 0.033$$

METODO DE THEIS

$$Q = 11,3 \text{ m}^3/\text{h} = 271,2 \text{ m}^3/\text{día}$$

Piezómetro FR₁

$$r_1 = 6,38 \text{ m.}$$

r^2 / t	s	r^2 / t	s
$4,19 \times 10^3$	$2,5 \times 10^{-2}$	$5,80 \times 10^2$	$4,1 \times 10^{-1}$
$2,79 \times 10^3$	$5,0 \times 10^{-2}$	$4,47 \times 10^2$	$4,8 \times 10^{-1}$
$1,89 \times 10^3$	$9,0 \times 10^{-2}$	$3,64 \times 10^2$	$5,1 \times 10^{-1}$
$1,43 \times 10^3$	$1,5 \times 10^{-1}$	$3,07 \times 10^2$	$5,4 \times 10^{-1}$
$1,05 \times 10^3$	$2,05 \times 10^{-1}$	$2,65 \times 10^2$	$5,6 \times 10^{-1}$
$7,71 \times 10^2$	$2,9 \times 10^{-1}$		

Coordenadas de los puntos de ajuste.

$$u = 0,5$$

$$r_2 / t = 640$$

$$w(u) = 0,56$$

$$s = 0,37$$

$$T = \frac{Q}{4\pi s} w(u) = 32,7 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2 / t} = 0,102$$

<

Piezómetro FR₂

r^2 / t	s
$7,25 \times 10^3$	$1,0 \times 10^{-2}$
$4,91 \times 10^3$	$3,0 \times 10^{-2}$
$3,71 \times 10^3$	$6,5 \times 10^{-2}$
$2,72 \times 10^3$	$1,0 \times 10^{-1}$
$2,00 \times 10^3$	$1,45 \times 10^{-1}$

 $r_2 = 10,28 \text{ m.}$

r^2 / t	s
$1,51 \times 10^3$	$2,25 \times 10^{-1}$
$1,16 \times 10^3$	$2,6 \times 10^{-1}$
$9,45 \times 10^2$	$2,85 \times 10^{-1}$
$7,98 \times 10^2$	$3,1 \times 10^{-1}$
$6,89 \times 10^2$	$3,25 \times 10^{-1}$

Coordenadas de los puntos de ajuste.

$$u = 0,7$$

$$w(u) = 0,37$$

$$T = \frac{Q}{4\pi s} w(u) = 55,1 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$S = \frac{4 T u}{r^2 / t} = 0,070$$

$$r^2 / t = 2200$$

$$s = 0,145$$

Piezómetro FR₃

r^2 / t	s
$1,89 \times 10^4$	$1,0 \times 10^{-2}$
$1,28 \times 10^4$	$2,0 \times 10^{-2}$
$9,68 \times 10^3$	$4,0 \times 10^{-2}$
$7,09 \times 10^3$	$6,0 \times 10^{-2}$
$5,22 \times 10^3$	$9,0 \times 10^{-2}$

 $r_3 = 16,60 \text{ m.}$

r^2 / t	s
$3,93 \times 10^3$	$1,4 \times 10^{-1}$
$3,03 \times 10^3$	$1,65 \times 10^{-1}$
$2,46 \times 10^3$	$1,85 \times 10^{-1}$
$2,08 \times 10^3$	$2,05 \times 10^{-1}$
$1,80 \times 10^3$	$2,2 \times 10^{-1}$

Coordenadas de los puntos de ajuste.

$$\begin{aligned}
 u &= 0,7 & r^2/t &= 5000 \\
 w(u) &= 0,37 & s &= 0,10 \\
 T &= \frac{Q}{4\pi s} w(u) = 79,9 \text{ m}^2/\text{día} \\
 S &= \frac{4 T u}{r^2/t} = 0,045
 \end{aligned}$$

METODO DE CHOW

$$T = \frac{Q \times W(u)}{4 \pi s}$$

$$S = \frac{4 T t u}{r^2}$$

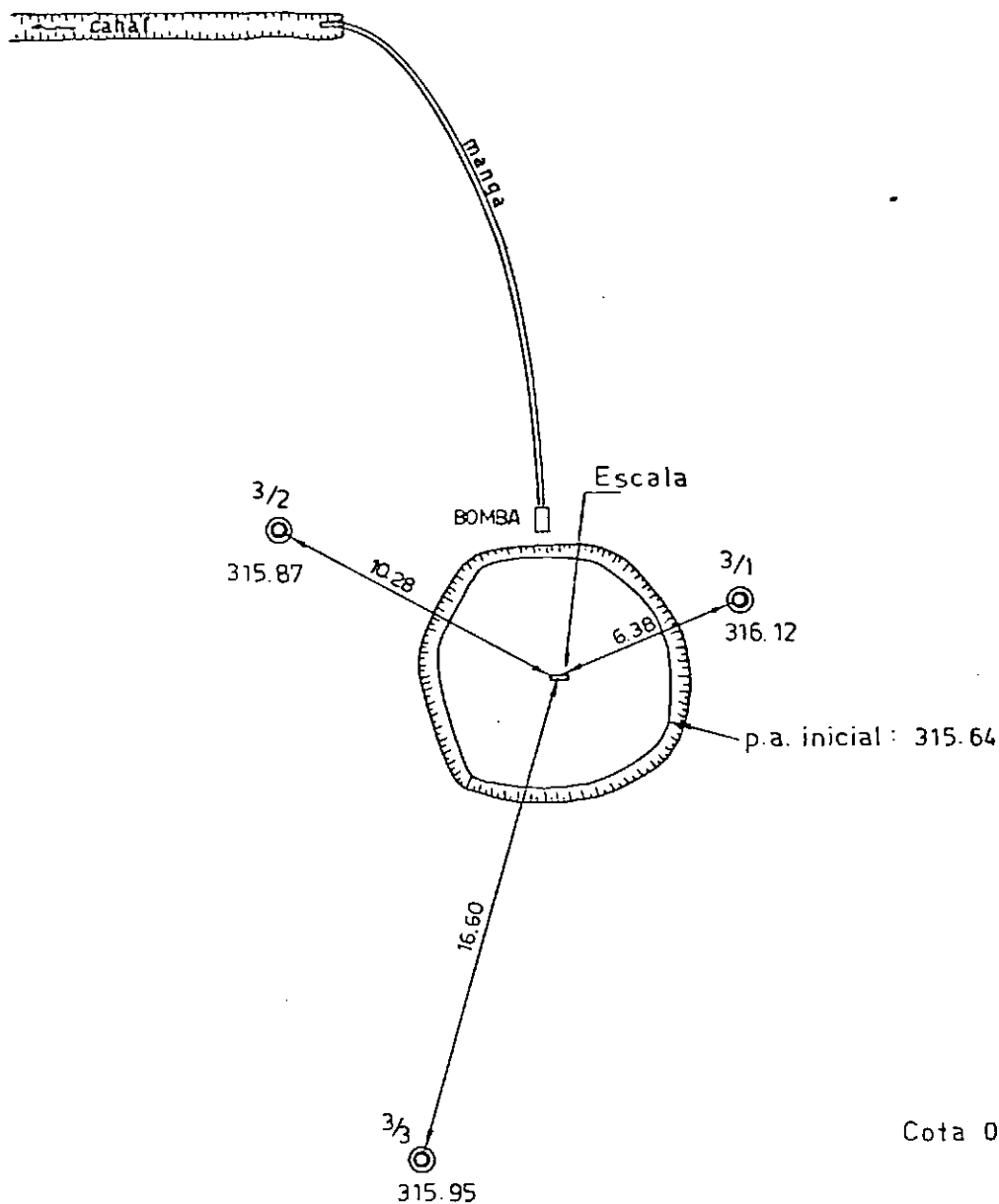
Pie- zóme tro	Punto	s (m)	t (min.)	s (m)	$F(u) = \frac{cs}{\Delta s}$	u	w(u)	T (m ² /día)	S
FR ₁	A	0,054	22	0,182	0,297	0,81	0,31	123,9	0,151
FR ₂	B	0,034	32	0,167	0,204	1,35	0,13	82,5	0,094
FR ₃	C	0,029	37	0,135	0,215	1,25	0,15	111,6	0,052

CUADRO N° 16ENSAYO N° 3.ANALISIS QUIMICOS MUESTRA DE AGUA

MUESTRA	CE x 10 ⁶ a 25° C	Na me/l	Ca + Mg me/l	PH	R.A.S.	Clasificación Riverside
Antes del en sayo.	3.330	19	22,0	7,1	6	C ₄ S ₂
Durante el - ensayo	2.830	16	17,2	7,2	5	C ₄ S ₂
Después del ensayo	2.880	15	19,0	7,2	5	C ₄ S ₂

ENSAYO DE BOMBEO Nº 3 CROQUIS DE UBICACIÓN

71



Cota 0.00 de escala: 314,10

AREA	ESCALA	COTA p.a. m	SUPERFICIE MOJADA m ²	VOLUMEN PARCIAL m ³	VOLUMEN ACUMULADO m ³
1	1.545	315.645	44.13	-	-
2	1.03	315.13	23.48	17.41	17.41
3	0.30	314.30	10.86	12.53	29.94
4	0.04	314.14	5.25	2.09	32.03

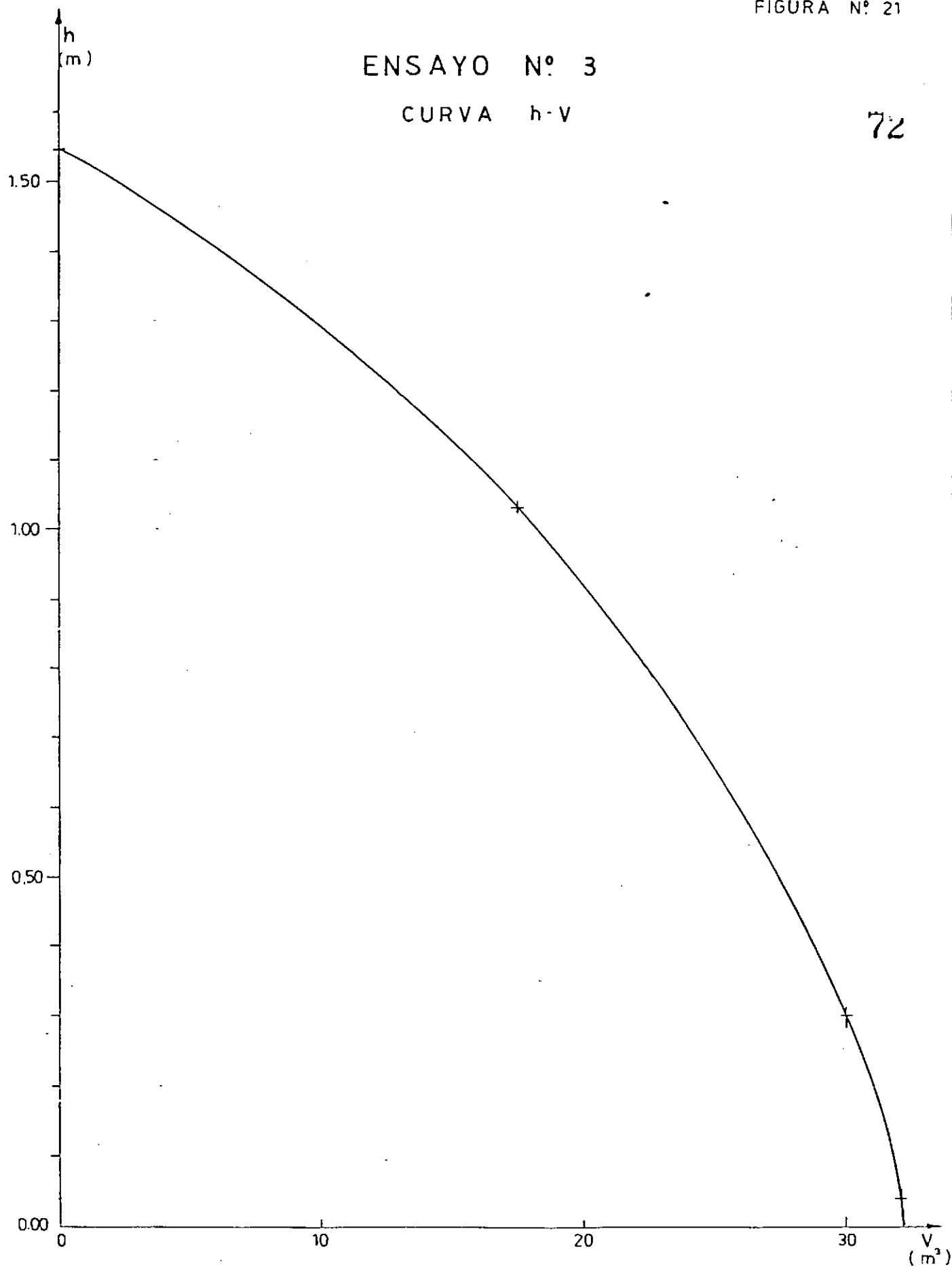
ESCALA 1: 250

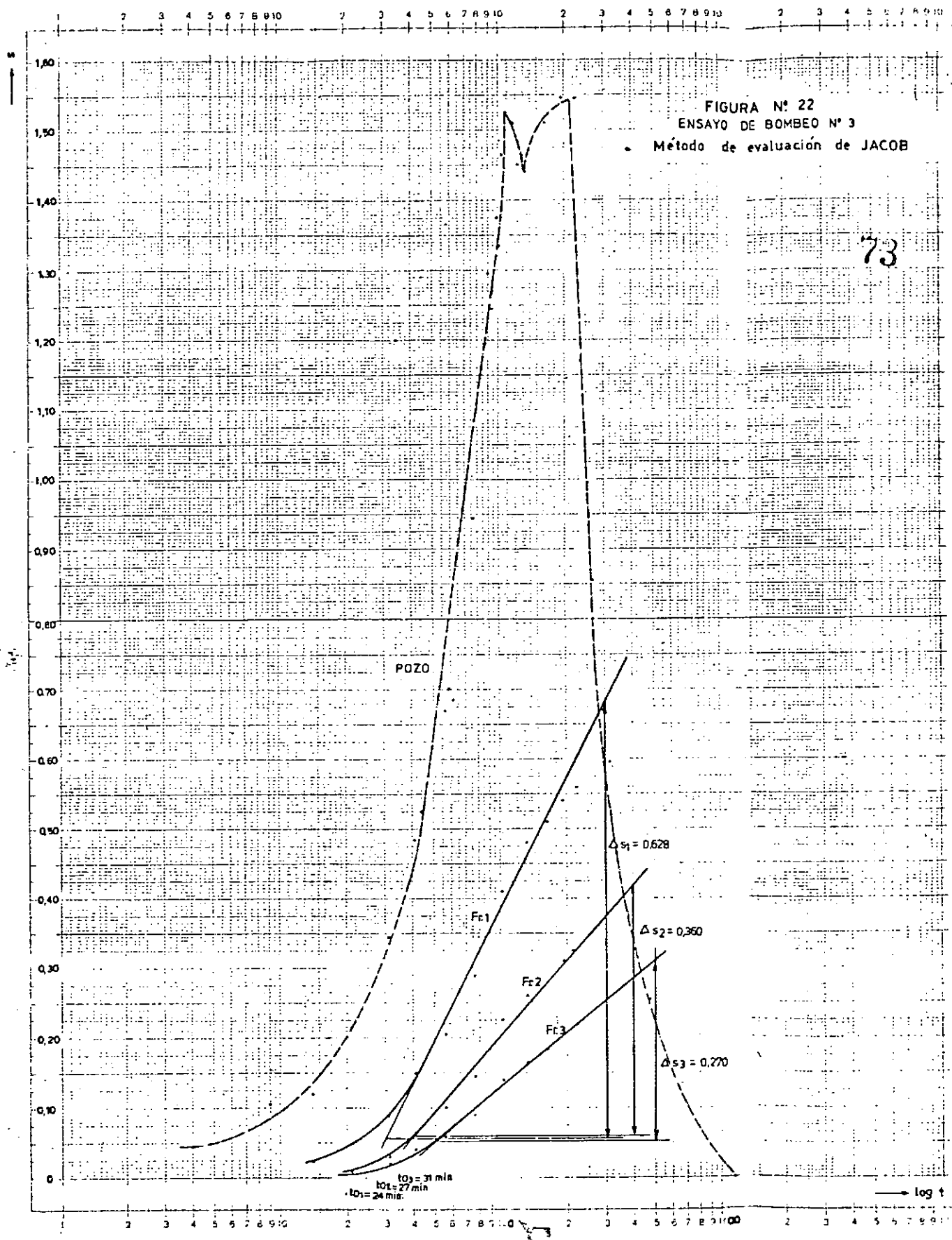
CONSORCIO CONSULTOR
INTERCONSUL - ADE - FRANKLIN CONSULT

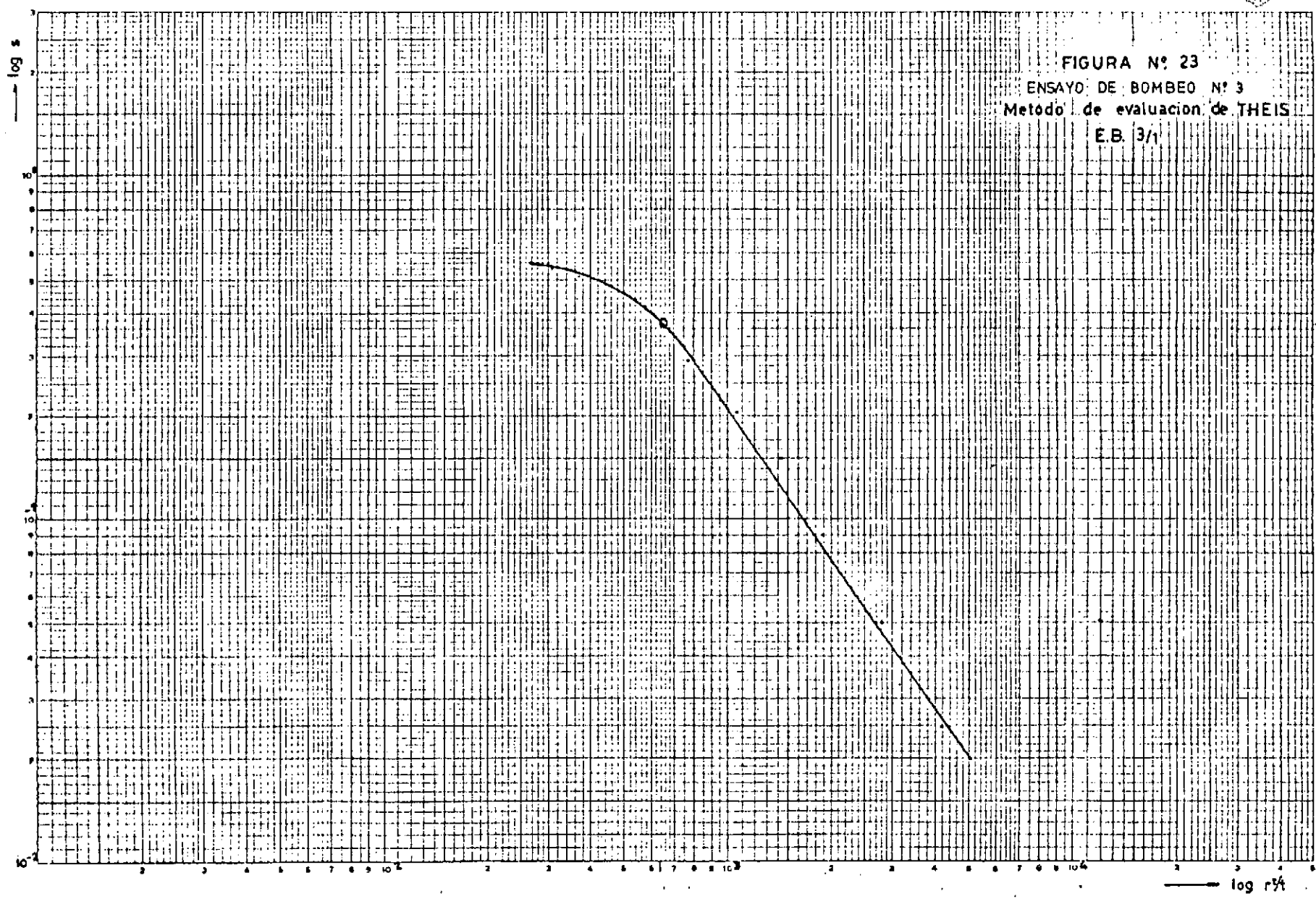
ENSAYO N° 3

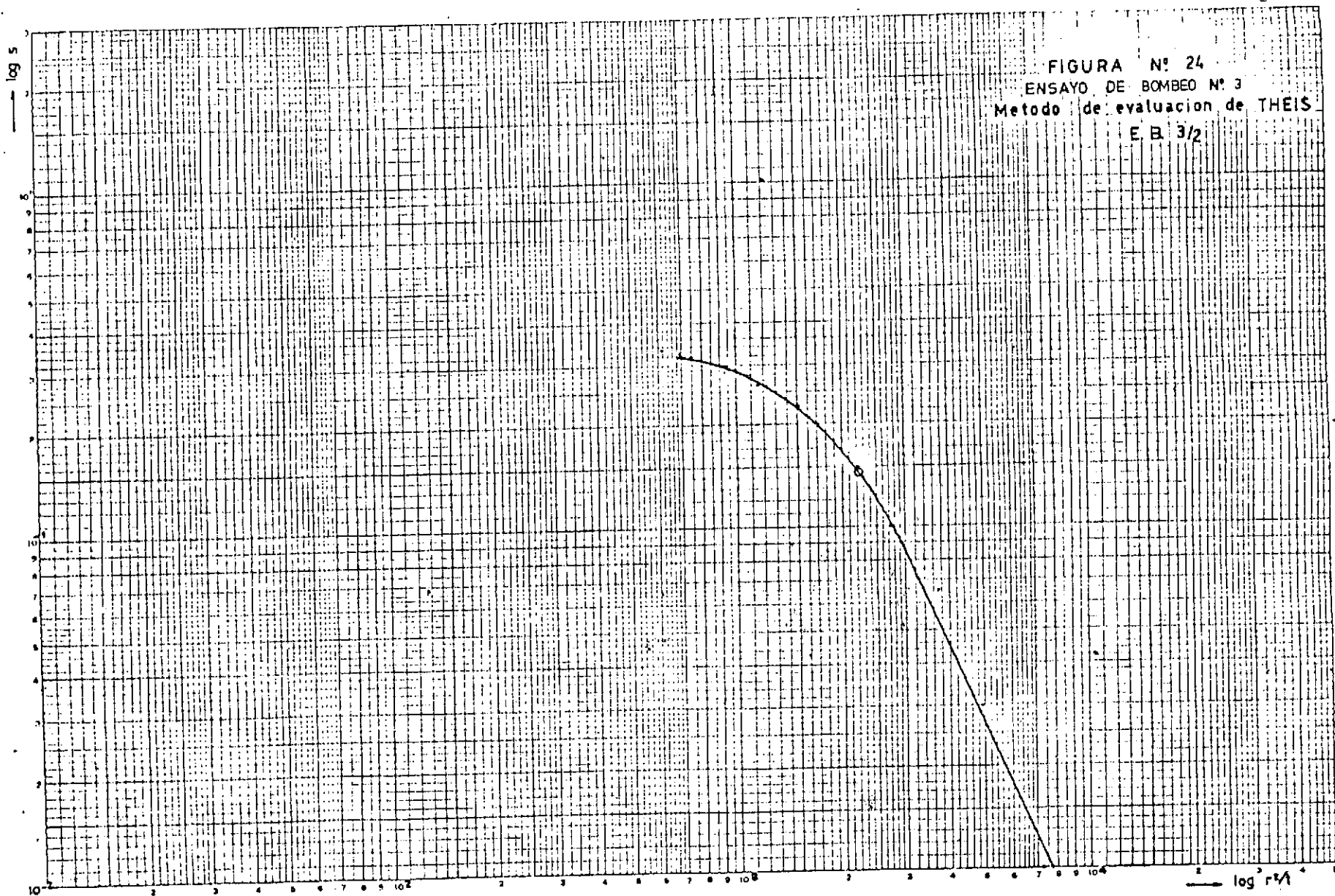
CURVA $h-V$

72



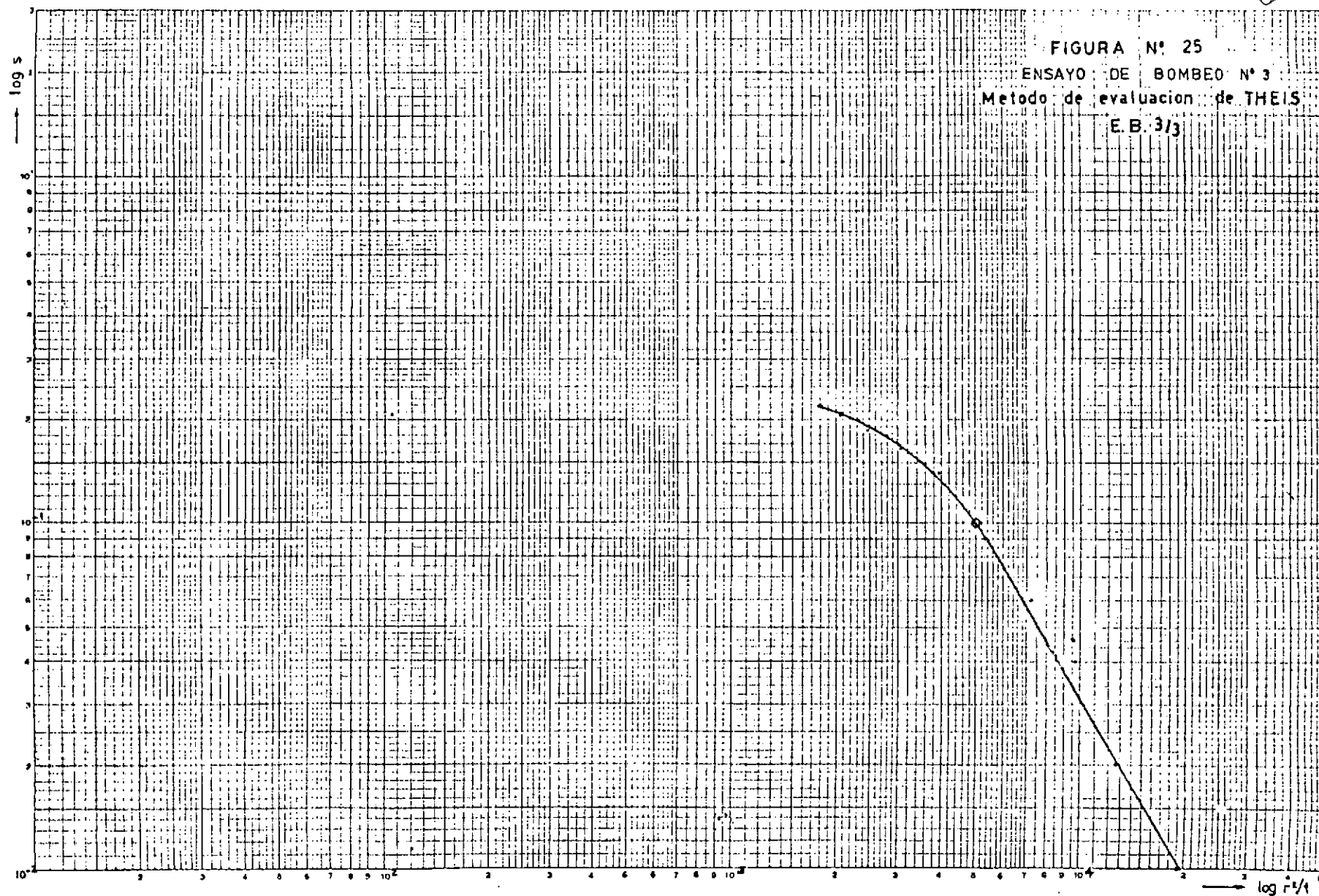


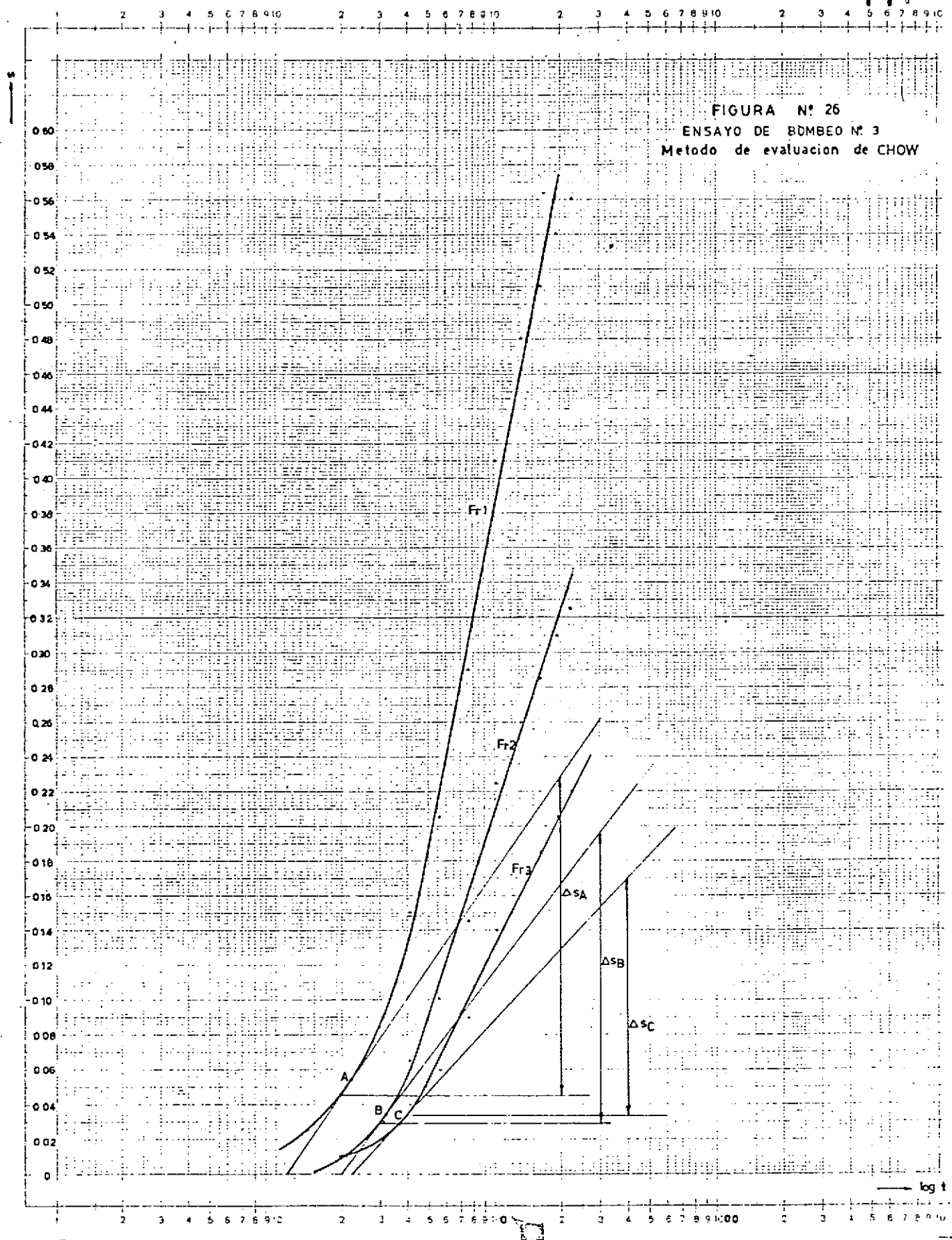




98

FIGURA N° 25
 ENSAYO DE BOMBEO N° 3
 Metodo de evaluacion de THEIS
 E.B. 3/3





C. MOSAICO AEROFOTOGRAFETRICO

En cumplimiento del compromiso fijado en la metodología, a través de la firma Spartan, titular del vuelo que cubre el área de estudio, se ha confeccionado un mosaico aerofotogramétrico semi-controlado, a escala 1:10.000, que ha servido de base para los mapeos definitivos de suelo.

A tal efecto, oportunamente se ejecutaron trabajos de correlación y medición planialtimétrica de puntos de apoyo.

Se han preparado copias de trabajo de las 5 hojas en que se dividió el mosaico del área -que en la reunión del 2-7-81 el Comité Técnico tuvo ocasión de observar- y además se ha armado un mosaico sobre un bastidor rígido que está disponible para su entrega al Comitente en las oficinas de Spartan.

D. TRABAJOS TOPOGRAFICOS

Los trabajos topográficos de vinculación de los puntos de apoyo aerofotogramétrico; necesarios para la restitución planialtimétrica del área de estudio, fueron completados a principio del mes de julio.

Tales trabajos permitieron determinar las cotas y coordenadas planas de un total de 210 puntos fijos que corresponden al siguiente detalle:

- 127 P.F. de los que 82 fueron remediación de mojones del EPRC y 45 nuevos mojones ejecutados por el Consorcio Consultor.
- 62 puntos de apoyo aerofotogramétrico (P.A.F.) utilizados como base para la restitución y en parte para el control del mosaico.
- 21 P.F. materializados en freatímetros.

La documentación de tales relevamientos está a disposición del Comitente en nuestras oficinas y será entregada al finalizar el estudio.

En este momento está en ejecución la restitución planialtimétrica del área de estudio que ha sido cubierta con el vuelo 1:10.000 del año 1974.

No bien se delimite el sector del área de estudio no cubierta por la restitución, el mismo será relevado por métodos terrestres, tal como se previó metodológicamente. Estos trabajos complementarios se preve ejecutarlos hacia fin del próximo mes de septiembre.