

R 41

41 R



GERARDO DIAZ DEL RIO (Geólogo)

JORGE ORELLANA QUIROGA (Ing. Civil)

Santiago, Abril de 1972

c797h

1540

c.1

"HIDROGEOLOGIA DE LA ZONA DE CONCON"



por

GERARDO DIAZ DEL RIO
(Geólogo)

JORGE ORELLANA QUIROGA
(Ing. Civil)

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRAULICOS

C O R F O

Informe preparado por el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO, con la colaboración de sus secciones técnicas de: Construcción de Obras Hidráulicas, Geología y Geofísica, Hidrometría, Hidrología e Hidrogeología.

Abril, 1972.

01540

Los autores expresan su reconocimiento a los señores Fernando Peralta, Agustín Hojas y Raúl Campillo por la guía y asistencia recibida.

Asimismo nuestro reconocimiento se hace extensivo a la Empresa Nacional de Petróleo y a la Dirección de Obras Sanitarias, por las facilidades y apoyo otorgadas; al Instituto Hidrográfico de la Armada por los antecedentes proporcionados y a todo el personal del Departamento de Recursos Hidráulicos que laboró tanto en terreno como a aquel que participó en la confección de este trabajo.

P R O L O G O

Pese a que el estudio que a continuación se desarrolla representa formalmente la situación hidrogeológica actualmente imperante en Concon, es necesario explicitar las condiciones existentes durante el lapso que comprendió su realización.

Fundamentalmente, la investigación se desarrolló entre Septiembre de 1969 y Junio de 1971; fecha a la cual el estudio refleja la situación imperante y en especial el mecanismo de explotación de los recursos subterráneos.

Posteriormente, en Agosto de 1971 y a raíz de las apremiantes condiciones en que se encontraba el abastecimiento de agua potable de Valparaíso y Viña del Mar, este Departamento consideró necesario contribuir a su solución evacuando un estudio en el cual se daban a conocer las alternativas como fuente, que representaban los recursos subterráneos existentes en OCOA y CONCON ("El Agua Subterránea en OCOA y CONCON" Departamento de Recursos Hidráulicos - CORFO, Agosto 1971.). Dicha solución fue materializada, provocando la variación de las características de extracción, especialmente en el acuífero freático. Deben entenderse por lo tanto, los antecedentes de explotación de este informe como válidos a Junio de 1971.

I N D I C E

	Pág.
PROLOGO	
1.- INTRODUCCION	1
1.1 Ubicación del área	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Antecedentes	2
1.4 Método de Trabajo	2
2.- CONCLUSIONES	5
3.- RECOMENDACIONES	8
4.- GEOMORFOLOGIA	10
4.1 Clima	10
4.2 Vegetación	12
4.3 Relieve	13
5.- GEOLOGIA	16
5.1 Rocas fundamentales	16
5.2 Depósitos sedimentarios	16
5.3 Estructura	26
5.4 Relación mar-acuíferos	27
6.- UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA	30
6.1 Calidad Química del agua Subterránea con respecto a su uso potable	30
6.2 Calidad Química del agua Subterránea con respecto a su uso en riego	34
6.3. Calidad Química del agua subterránea con respecto a su uso industrial	35
7.- HIDROGEOLOGIA	37
7.1 Acuíferos reconocidos	37
7.2 Acuífero confinado	38

	Pág.
7.3 . Acuífero freático	55
8.- RELACION HIDROGEOLOGICA ENTRE LOS ACUIFEROS Y EL MAR	58
8.1 Interfase	58
8.2 Riesgos de intrusión	62
8.3 Determinación de la intrusión salina	64
8.4. La intrusión frente a las explotaciones actuales y futuras	64

A N E X O S

I Pruebas de Bombeo	67
II Estratigrafía de sondajes	84
III Análisis Químicos	105

1.- I N T R O D U C C I O N

1.1. Ubicación del área.-

La zona comprometida por el estudio se sitúa en la provincia de Valparaíso, departamento del mismo nombre y comprende el área que se extiende entre los 32º 54' y 32º 56' de latitud Sur y los 71º 23' y 71º 30' de longitud W. Específicamente abarca desde la desembocadura del río Aconcagua hasta la angostura de Mauco, 15 Km. al este del balneario de Concón.

La zona es asiento del complejo industrial que conforma la refinería de la Empresa Nacional de Petróleo (ENAP), junto con albergar la planta de agua potable de la Dirección de Obras Sanitarias que sirve tanto a Viña del Mar como a Valparaíso. Secundariamente y en escala reducida, se desarrolla en el área una agricultura basada fundamentalmente en la chacarería.

Atractiva como potencial zona de auge industrial, por su cercanía y facilidades de acceso tanto a Santiago como Valparaíso, se encuentra limitada en sus expectativas por el déficit y restricciones que enfrenta su abastecimiento de agua.

1.2. Objetivos.-

Los objetivos que guían a este estudio se orientan a definir la hidrogeología del sector Mauco-Concón, equivalente a determinar las condiciones de existencia, reservas, recarga y política de explotación de los recursos subterráneos. Más allá de los objetivos indicados, se entenderá este trabajo como una contribución a la solución de los problemas que enfrentan los usuarios del agua subterránea en la zona.

1.3. Antecedentes.-

Las difíciles condiciones hidrológicas por las cuales atravesó el país durante el período 1968-69, provocaron situaciones extremadamente críticas en el área.

Tanto ENAF, D.C.S. como ENAMI se enfrentaron a un déficit alarmante en su abastecimiento de agua, situación que exigió medidas radicales que tendieran a atenuar las desastrosas consecuencias que la mantención de ese déficit significaría.

El conjunto de medidas adoptadas contemplaba la prospección y explotación de aguas subterráneas tendiendo a transformar dicha fuente en una alternativa tanto presente como futura de abastecimiento.

Frente a esas perspectivas, el Departamento de Recursos Hídricos consideró necesario definir la hidrogeología del Sector fijando a la vez los límites de una explotación racional.

Particularmente decisivo aparecía este último aspecto si atendemos a las demostraciones de una incipiente contaminación salina que afectaba al acuífero de mayor explotación.

Superadas las apremiantes condiciones iniciales se ha mantenido una fuerte extracción en las épocas de estiaje provocando distorsiones en el equilibrio natural mar-acuífero, alteraciones que exigen una definición de políticas de extracción, científicamente determinadas.

1.4. Método de Trabajo.- .

La planificación del presente estudio se ha centrado en tres aspectos principales que constituyen básicamente el método mediante el cual se ha enfrentado la investigación:

- 1.- Definición de la geometría acuífera.
- 2.- Funcionamiento hidráulico del sistema.
- 3.- Bases de una explotación controlada.

Durante la primera etapa el trabajo se orienta exclusivamente a una definición geológica de la región, concentrando los esfuerzos en lograr una completa visión de la geometría acuífera. Bajo ello se entiende una determinación de las variables decisivas del relleno, a saber: espesor, ubicación, extensión, clasificación y orígenes.

Dichos objetivos se han logrado a grandes rasgos, a través de dos acciones paralelas: un estudio de geología superficial, basado principalmente en fotogeología y control de terreno, a través del cual se ha logrado una individualización del relleno aluvial diferenciando a la vez el resto de las unidades litológicas y un estudio de geología de subsuperficie materializado a través de sondajes estratigráficos y sondeos eléctricos basados en resistividad mediante el cual se han definido las restantes variables que conforman la geometría acuífera.

Fruto de ambas acciones es el cabal conocimiento de los materiales existentes y sus posibilidades como potenciales acuíferos.

Bajo la segunda etapa, realizada una vez finalizada la primera, se contempla la determinación de las condiciones de existencia y funcionamiento del recurso subterráneo. Fuera de las particulares condiciones que presenta cada zona y que determinan la metodología de investigación adecuada, esta etapa debió enfrentarse a una planificación de ella, que simultáneamente absorbiera dos líneas de acción: la determinación de constantes elásticas y la definición de potenciales condiciones de intrusión salina. Prácticamente ello significaba una adecuada ubicación de los sondajes de bombeo a fin de satisfacer ambos objetivos.

Pese a haberse enfrentado a distorsiones imposibles de eliminar deben considerarse satisfactoriamente cumplidos dichos fines. La adecuada cuantificación de las constantes elásticas en conjunto con una definición de las fuentes de alimentación y contaminación del sistema acuífero, permitieron realizar un balance de la disponibili-

dad de recursos, evaluación básica para la determinación de las reales posibilidades de explotación.

La tercera etapa, llevada en forma casi paralela a la segunda consistió fundamentalmente en un estricto control a la respuesta que el sistema acuífero presentaba ante las condiciones límites de demanda que se le imponían. Concretamente, ello exigió un periódico muestreo a la calidad química del agua y una continua observación de la extracción y la consecuente respuesta del sistema.

No obstante las limitaciones que reconoce en ciertos aspectos el trabajo, es nuestro juicio que la metodología adoptada fué decisiva en la obtención de los resultados y representa innovaciones en el enfoque de los problemas relacionados con la evaluación de los recursos subterráneos.

2. C O N C L U S I O N E S

2.1. Geológicas y Geoquímicas.

- 1.- Las mayores posibilidades de extracción de agua subterránea se encuentran en la llanura aluvial o primera terraza.
- 2.- No se ha reconocido con exactitud al acuífero confinado hacia el norte de la desembocadura.
- 3.- Esta zona se puede perforar con máquinas de rotación sin dificultades mayores, salvo que los sondeos se ubiquen en la caja actual del río.
- 4.- Es altamente probable que al perforar con percusión el atravesar la capa de arcilla presente dificultades serias.
- 5.- Hay riesgos de incrustación y sondeos probablemente ya incrustados.

2.2. Hidrogeológicas.

A.- Acuífero Confinado.-

- 1.- El acuífero presenta un bajo almacenamiento y sus reservas se estiman en $15,6 \times 10^3 \text{ m}^3$ por cada 10 mts. de depresión.
- 2.- La explotación actual (D.O.S. - ENAP) alcanza a un volumen anual de $2,21 \text{ Hm}^3$.
- 3.- La superficie piezométrica se mantiene durante todo el año bajo el nivel del mar en la zona comprendida entre la línea de la costa y Puente Colmo.

- 4.- La fluctuación que experimenta a lo largo del año es producto de las variaciones que sufre el caudal explotado.
- 5.- La explotación concentrada ha provocado la inversión del escurrimiento en las cercanías del conjunto ENAP-DDS.
- 6.- Las condiciones antedichas han favorecido la aparición de una incipiente intrusión salina.
- 7.- El avance de la contaminación es lenta producto de una conexión mar-acuífero lejana y de baja eficiencia.
- 8.- Es probable que la real dimensión de la intrusión no haya sido detectada dada la escasa penetración de los sondajes.
- 9.- Los aumentos de cloruros registrados en la época de máxima explotación tienen origen fundamentalmente en la percolación proveniente del acuífero freático el cual es contaminado por represamiento de agua de mar.
- 10.- El nivel piezométrico en la zona costera (sondajes CC-3, CC-5 A, CC-7) sufre variaciones adicionales provocadas por el ciclo diario de mareas.
- 11.- Las constantes elásticas que caracterizan al acuífero alcanzan a:
- | | |
|--------------------|--------------------------------------|
| Transmisibilidad : | $1000 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$ |
| Almacenamiento : | 10^{-4} |
- 12.- El bajo almacenamiento mostrado por el acuífero provoca que todas las posibilidades de explotación dependan de la magnitud de ocurrencia de la recarga.
- 13.- La recarga bajo las condiciones actuales, ocurre aguas abajo de Mauco por percolación desde el acuífero freático y escurrimiento subterráneo desde las secciones superiores. Aguas arriba de Mauco las condiciones favorecen la infiltración de precipitaciones y la contribución del río.
- 14.- Es posible aumentar paulatinamente la explotación del acuífero, siempre que dichos incrementos se concentren en zonas alejadas

de la costa y manteniendo un control exhaustivo de los probables aumentos de cloruros. En una primera etapa podría elevarse a $5 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

15.- La calidad química de las aguas provenientes de sondajes no contaminados y aún aquellas que presentan alguna contaminación se considera aceptable y en principio ellas serían aptas para cualquier consumo.

8.- Acuífero Freático.-

- 1.- El acuífero presenta tanto una buena transmisibilidad como un almacenamiento susceptible de ser ampliamente explotado.
- 2.- La descarga artificial actual es mínima en relación a su almacenamiento y más bien los elementos de control están constituidos por el río y la evaporación de freatofitas.
- 3.- Los factores de recarga de acuerdo al orden de importancia están constituidos por las precipitaciones, el río y el regadío.
- 4.- El acuífero puede ser sometido, en una primera etapa, a una explotación intensiva de 500 l/s.
- 5.- La calidad del agua en la zona costera esta afectada por altos contenidos de cloruros.
- 6.- Aguas arriba de la planta D.O.S. la calidad mejora ostensiblemente no presentando restricciones en su uso.

3.- RECOMENDACIONES

- 1.- Mantener un estricto control sobre la superficie piezométrica a lo largo de todo el año.
- 2.- Controlar estrictamente los caudales extraídos desde el acuífero confinado.
- 3.- Establecer un periódico muestreo de la calidad química de las aguas tanto freáticas como confinadas.
- 4.- Dentro de los elementos químicos a determinar dar primera prioridad a cloruros, bicarbonatos y nitratos.
- 5.- Cuidar, por si necesidades económicas imperiosas así lo requieran, que los nuevos sondajes que se construyan en la zona baja no incrementen el caudal máximo total extraído en más de un 15%.
- 6.- En todo caso es aconsejable y deseable que nuevas perforaciones que comprometan al acuífero profundo se sitúen aguas arriba del Puente Colmo.
- 7.- Ante la situación que afecta al acuífero confinado se recomienda desviar los incrementos de caudal extraído hacia el acuífero freático.
- 8.- De construirse el programa de perforaciones propuesto en este estudio deberá mantenerse un estricto control de los efectos que su explotación provoque.
- 9.- Es aconsejable intentar un estudio más profundo del acuífero freático, por medio de la realización de pruebas de bombeo.
- 10.- Se recomienda extender el programa Con-Con (acuífero confinado).

- 11.- Bajo esa decisión programar una prospección sísmica a objeto de comprobar la topografía del basamento rocoso.
- 12.- Construir al menos 3 sondajes estratigráficos que lleguen hasta el basamento.
- 13.- Cuidar en la habilitación de sondajes que el elemento filtrante quede a suficiente distancia de la capa de arcilla.
- 14.- Habilitar los sondajes con elementos filtrantes que permitan el tratamiento para remover la incrustación.

4.- GEOMORFOLOGIA.

4.1 CLIMA:

La zona objeto del presente estudio se encuentra ubicada dentro de la Zona de las Estepas Cálidas, según Almeyda y Saez (1958), y se caracteriza por presentar una estación seca prolongada.

Fuenzalida P. (1965), le asigna un clima templado - cálido con humedad suficiente (Cfa y Csb de la clasificación de Köppen) ; se caracteriza por presentar una estación seca prolongada (7 a 8 meses secos). Durante el invierno, la región queda fuera de la influencia del anticiclón del Pacífico y las depresiones barométricas se presentan con mayor frecuencia.

PRECIPITACIONES:

Las precipitaciones que encontramos en el área son de tipo mediterráneo, que son lluvias invernales con una estación seca prolongada, como se puede apreciar en el Cuadro 4.1.1., en el cual se entrega la estadística pluviométrica de las estaciones de Quintero y Montemar, que son las estaciones más cercanas al área en estudio.

Cuadro Nº 4.1.1. Pluviometría en Milímetros.

QUINTERO: Lat. 32º 47', Long. 71º 32' Altura 2 m.s.n.m.

<u>AÑO</u>	<u>ENE</u>	<u>FEB</u>	<u>MAR</u>	<u>ABR</u>	<u>MAY</u>	<u>JUN</u>	<u>JUL</u>	<u>AGO</u>	<u>SEP</u>	<u>OCT</u>	<u>NOV</u>	<u>DIC</u>	<u>TOTAL</u>
1961	0.0	0.0	0.0	0.6	30.0	158.0	32.4	91.4	15.8	2.1	0.0	0.0	330.0
1962	0.0	0.0	4.2	0.0	22.0	120.9	12.6	12.5	12.0	12.0	0.0	0.0	202.0
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	55.1	37.8	105.0	182.4	100.0	0.0	4.0	0.0	550.3
1964	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	41.8	43.0	39.3	0.0	0.0	4.8	4.0	134.3

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1965	0.0	0.0	0.0	33.4	31.0	7.7	201.3	247.1	0.0	11.1	8.0	2.0	541.6
1966	0.0	0.0	0.0	58.2	8.2	191.3	68.9	42.2	0.0	0.0	0.0	18.7	387.5
1967	0.0	0.0	0.0	1.0	26.0	32.0	154.0	18.0	51.0	0.0	0.1	0.0	282.0
1968	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	23.0	4.5	13.4	18.4	0.0	0.0	0.10	62.5
1969	0.0	0.0	0.0	171.0	6.5	61.1	6.2	43.8	0.0	0.8	0.0	0.0	135.4
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	55.4	33.5	123.8	0.5	11.6	15.5	0.0	0.0	240.3
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	4.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	62.5
MAX	0.0	0.0	4.2	58.2	55.4	191.3	201.3	247.1	100.0	15.5	8.0	18.7	550.3
PROM	0.0	0.0	0.4	11.4	23.4	70.7	75.2	69.1	20.9	4.2	1.7	2.5	286.6

MONTEMAR: Lat. 32° 57', Long. 71° 33'. Altura 12 m.s.n.m.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1959	3.5	0.0	15.4	5.6	23.6	79.4	30.5	39.6	7.6	3.1	0.0	0.1	208.4
1960	0.2	0.0	0.0	0.0	23.3	106.0	26.7	29.3	3.2	2.0	0.0	0.0	190.5
1961	2.4	0.0	1.1	0.0	33.6	132.0	39.3	76.4	30.2	1.0	0.4	1.0	317.4
1962	0.2	0.2	1.7	0.2	1.0	129.2	13.8	12.8	2.2	19.4	0.0	0.0	176.7
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	35.1	27.7	146.6	139.8	113.5	0.0	5.7	0.0	467.6
1964	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	47.0	40.5	55.4	1.5	0.0	11.0	1.9	160.1
1965	0.0	0.0	0.0	9.0	40.4	10.7	239.5	251.4	0.2	16.9	8.0	0.0	576.1
1966	0.0	0.0	0.0	44.5	9.5	185.0	121.0	29.3	0.0	0.0	1.0	21.0	411.9
1967	0.8	0.0	0.0	0.1	24.0	22.0	125.0	18.0	35.0	0.0	0.0	0.0	224.9
1968	0.0	0.0	0.0	?	0.0	?	7.4	23.2	?	0.0	?	?	?
1969	0.0	0.0	0.0	0.9	30.2	73.4	10.9	32.1	0.0	2.1	?	0.0	?
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	7.4	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	160.1

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MAX	3.5	0.2	15.4	44.5	-40.4	185.0	239.5	251.4	113.5	16.9	11.0	21.0	576.1
PROM	0.7	0.0	1.8	6.3	22.1	81.2	22.8	64.2	19.3	3.6	2.9	2.4	303.7

TEMPERATURA:

En el Cuadro 4.1.2 se entregan los promedios térmicos de las estaciones de Valparaíso y Quillota, estaciones que reflejan en cierta medida los valores que se tienen en el área estudiada.

Cuadro Nº 4.1.2. Promedios Térmicos Valparaíso y Quillota.

ESTACION	UBICACION	Nº AÑOS	TEMPERAT.		MEDIAS	MAX.	MEDIA
			ANUAL	ENERO	JULIO	ENERO	
Quillota	3254/7116	34	14.3	18.4	10.3		26.9
Valparaíso	3303/7138	40	14.4	17.6	11.5		22.5

Cabe señalar que en el área que se estudia, las temperaturas de la zona costera son similares a las de Valparaíso, y que las de la zona interior son similares a las de Quillota.

4.2 VEGETACION:

Fitogeográficamente, el área de la desembocadura del Aconcagua se encuentra dentro de la zona mesomórfica y las formaciones vegetales que aquí encontramos son las siguientes:

- Estepa costera de arbustos y hierbas mesofitas: Tiene una cubierta herbácea primaveral, y son frecuentes las cactáceas y bromeliáceas; los matorrales corresponden a canelo, aramo, patagua, boldo y voqui.

- Formación de los matorrales arborescentes de la Cordillera de la Costa: Presenta tres estratos de vegetación: arbóreo, arbustivo y de hierbas anuales y perennes.

4.3 RELIEVE:

La zona estudiada corresponde a la desembocadura del río Aconcagua, el cual escurre por el último de los valles que conforman el Norte Chico o Zona de los Valles Transversales, y está separado del Núcleo o Valle Central por el Cordón de Chacabuco.

Desde el punto de vista geomorfológico, existe una serie de elementos fisiográficos que podrían ser identificados claramente, pero para los fines del presente estudio, se les agrupará en los siguientes tres grupos principales:

- a) Cordillera de la Costa.
- b) Planicie Costera.
- c) Llanura aluvial.

a) Cordillera de la Costa: En la latitud en que se ubica la zona en estudio, la Cordillera de la Costa alcanza las elevaciones más prominentes del territorio nacional, sin embargo, los cerros del área corresponden a pequeñas elevaciones aisladas y que resaltan del resto del paisaje. Las cumbres más destacadas son los siguientes cerros: Aconcagua (728 m.s.n.m.), Torquemado (352 m.s.n.m), Colorado y Buitre (496 m.s.n.m.).

El macizo rocoso cuya última estribación hacia el Sur es el Cerro Aconcagua, va adquiriendo mayor extensión y altitud desde Rautén

hacia el Norte de la ribera del río Aconcagua, en contraposición a lo que ocurre hacia el Sur de ésta.

b) Planicie Costera: Definida inicialmente por Corvalán y Alvarez (1966), corresponde a una zona de relieve plano con pendiente orientada de Este a Oeste y que se extiende desde aproximadamente la cota 500 mts. hasta la línea de costa; en este elemento morfológico han sido labradas una serie de terrazas de abrasión marina, varios de cuyos niveles pueden ser fácilmente identificados por su posición relativamente elevada, su superficie de suave inclinación hacia el Oeste y por los materiales sedimentarios que la cubren parcialmente.

El contacto entre la Planicie Costera y la Cordillera de la Costa estaría dado por un contacto litológico, es decir, límite entre dos tipos de rocas que habrían sido afectadas diferencialmente por una erosión sub aérea.

Los niveles de terrazas emplazados en la Planicie Costera son los siguientes; y son los que pueden apreciarse en el perfil 4.3.1.

1a. terraza	15 a 30 m.s.n.m
2a. terraza	70 a 90 m.s.n.m.
3a. terraza	140 a 200 m.s.n.m.
4a. terraza	275 a 300 m.s.n.m.
5a. terraza	400 a 500 m.s.n.m.

El contacto entre la planicie costera y la llanua aluvial aparece en el Plano Nº 4.3.1. Corresponde en parte a un contacto entre roca y sedimento y en parte entre sedimentos de diferentes e

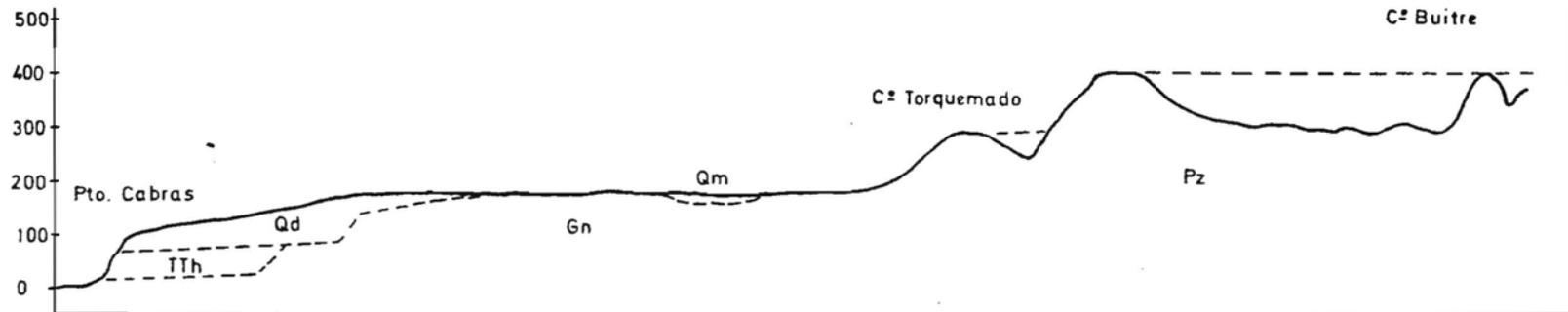
Niveles de terraza en Concón

400 → 500 m. s. n. m.
275 → 300
140 → 200
70 → 90
15 → 30
2 → 10

Esc. Horizontal = 1:50000
Vertical = 1:10000

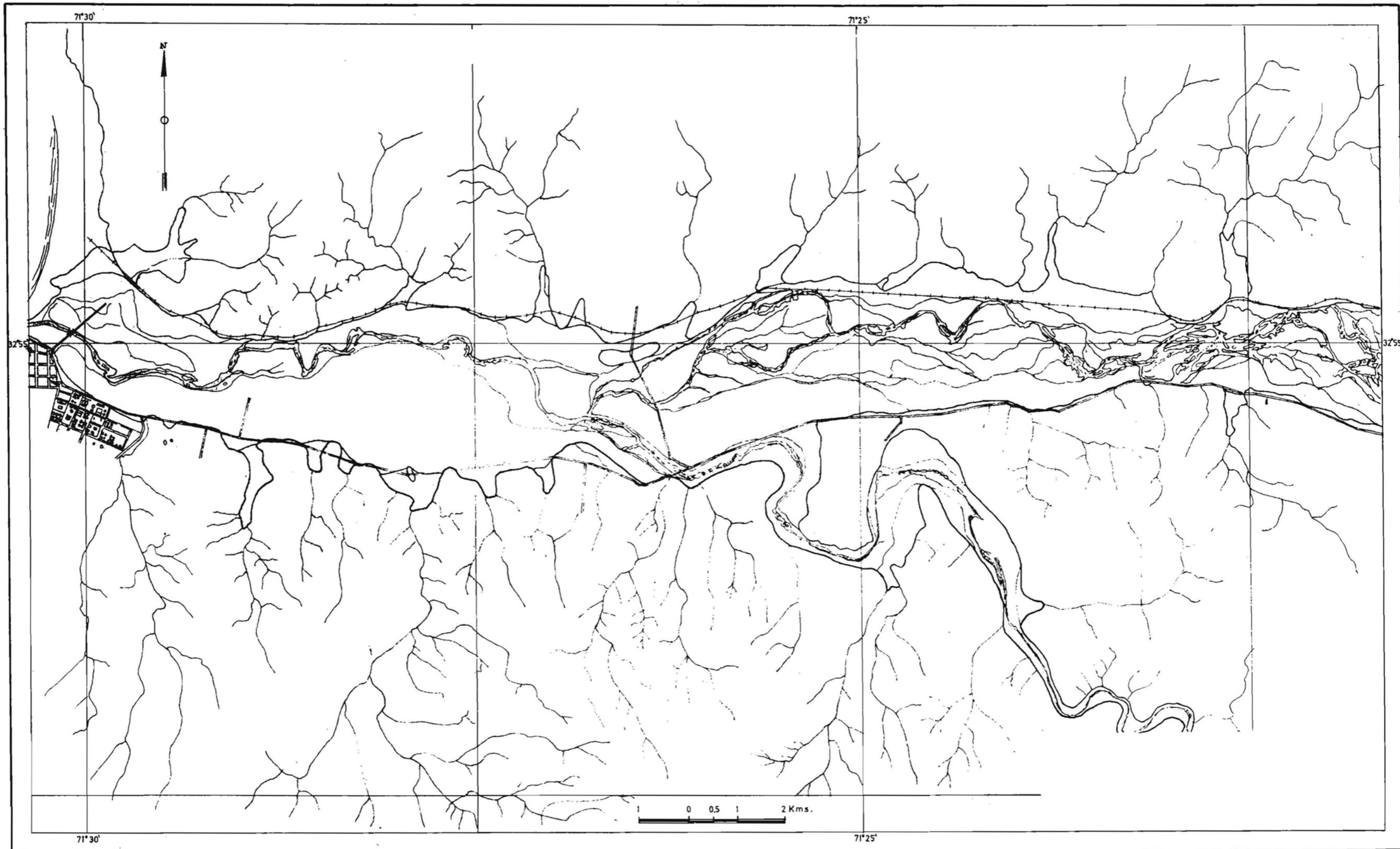
LEYENDA

- Qd** Arena eólica (Pleistoceno)
- Qm** Terrazas marinas (Pleistoceno)
- TTh** Formación Horcón (Terciario)
- Pz** Intrusivo granítico



Perfil 4.3.1

SEGUN CORVALAN-ALVAREZ



dades; cuando es roca la separación entre ambas unidades permite la existencia de las llamadas terrazas protegidas, es decir, terrazas que quedan fuera de las posibilidades de erosión lateral del cauce principal, en este caso, el río Aconcagua.

c) Llanura aluvial: Es el elemento geomorfológico más interesante en cuanto a la hidrogeología, puesto que concentra todas las expectativas de captar caudales significativos de agua subterránea; corresponde a una terraza de ancho variable con promedio de 1.000 metros, con pendiente de Este a Oeste que en sus primeros 7 Kms. es de 0,2%; es el remanente que ha dejado la erosión actual del río de lo que hasta hace relativamente poco tiempo era una llanura continua que se extendía cubriendo todo el piso del valle.

La erosión fluvial ha reemplazado los sedimentos que la conforman por materiales más recientes que permiten una clara separación entre ambos; el río ha mantenido una divagación continua con una clara tendencia a la meandrización, situación esta particularmente clara en tiempos históricos. En efecto, y de acuerdo con la comparación de levantamientos topográficos hechos en este siglo, se puede evidenciar variaciones en la desembocadura en el mar del río Aconcagua, la que antiguamente estaba ubicada unos 800 a 1.000 al Norte de la actual.

Si bien estas divagaciones laterales son claras en tiempos históricos, no lo son menos en tiempos más antiguos, de acuerdo a lo que se analiza debidamente en el capítulo de Geología.

5.- GEOLOGIA.

5.1. ROCAS FUNDAMENTALES:

La mayor parte de las rocas que afloran en el área corresponden a rocas graníticas de edad Paleozoica de acuerdo con determinaciones radiométricas; estas rocas se presentan fuertemente diaclasadas y su intrusión ha formado un complejo de rocas metamórficas cuyos afloramientos se encuentran al Oriente del área estudiada, presentándose entre ambas, una zona transicional de metamorfismo.

La intemperización ha atacado estas rocas con mayor intensidad de Poniente a Oriente, ya que en la costa misma se presentan relativamente sanas, aumentando la cubierta de maicillo (gravas arcóscicas) hacia aguas arriba del valle. Corvalán (op. cit.) habría registrado potencias de hasta 30 y 40 mts. de maicillo.

5.2. DEPOSITOS SEDIMENTARIOS:

5.2.1. Depósitos Antiguos:

Con esta denominación se involucra a los sedimentos asignados por Alvarez (1964) a la Formación Horcón y de edad Pliocénica, cuya mejor exposición se encuentra al Nor-Este del puente que cruza el río Aconcagua en la desembocadura, donde se puede apreciar muy bien la constitución de esta Formación; consiste mayoritariamente de fracciones gruesas, ripios y gravas relativamente consolidados, con intercalaciones delgadas de sedimentos finos, lutitas y areniscas.

El carácter más distintivo de estos sedimentos en lo que

respecta a permitir su diferenciación de los demás, es el grado de descomposición de sus agregados clásticos; es fácil apreciar que, ripios que externamente se ven inalterados, una vez partidos, presentan una zonación aproximadamente concéntrica de la descomposición que los afecta.

Podrían además presentarse cubriendo la roca fundamental, bajo el relleno aluvial del piso del valle, pero tal situación no puede ser aceptada o rechazada por cuanto los sondeos en los cuales se ha muestreado de manera sistemática, no alcanzan las grandes profundidades a que se encontrarían estos sedimentos.

Según la correlación establecida por Alvarez (op. cit.) , la edad de estos sedimentos sería Terciario Superior (Plioceno), pero conviene hacer notar que tal equivalencia es sólo tentativa ya que se carece de elementos para su datación exacta.

Además se incluye en este grupo de sedimentos antiguos, aquellos que en forma de delgadas cubiertas de gravas con materiales finos, cubren las rocas fundamentales graníticas; estos sedimentos alcanzan grandes potencias, pudiéndose apreciar tal situación en los cortes del ferrocarril donde quedan claramente expuestos. El grado de meteorización o litificación es sensiblemente inferior al que se registra en los sedimentos anteriormente descritos, explicándose tal situación por su menor antigüedad; el hecho de que permiten la existencia de taludes cercanos a la vertical debe ser interpretado más que por una consolidación importante, por el hecho de registrar una permeabilidad que impide una acción erosiva de las aguas lluvias, las que pueden infiltrarse en ellos.

Deben además incluirse los depósitos de dunas antiguas bastante alteradas y que se localizan por sobre la cota 100 metros.

5.2.2. Depósitos Cuaternarios o recientes:

Se agrupa con esta denominación a todos aquellos sedimentos reconocidos mediante sondajes en el piso del valle, y mediante los cuales se ha distinguido tres unidades:

- A.- Una superior compuesta principalmente por sedimentos gruesos.
- B.- Una intermedia constituida por arcillas.
- C.- Una inferior, mayoritariamente constituida por fracciones gruesas y muy gruesas intercaladas con fracciones finas lenticulares.

Salvo una muestra obtenida de un sondaje perforado por ENAP, no se dispone de elementos para fijar una edad absoluta a estos sedimentos; en la arcilla detectada por el sondaje Nº PAC - 13 se encontró microfósiles que de acuerdo a una determinación hecha por Severín (1969), permite asignarle a esta unidad una edad Pleistocénica o Reciente.

En términos generales, se puede establecer que en los sedimentos recientes las fracciones gruesas, se presentan muy poco consolidadas, con clastos bien redondeados, sanos y de litología variada; la extensión de tales sedimentos y una serie de otros parámetros serán analizados en detalle en el capítulo 5.2.3., referente a los acuíferos reconocidos.

5.2.3. Características Acuíferas de las Distintas Unidades Litológicas:

Si bien es un hecho comprobado que existen dos acuíferos de importancia en la zona estudiada, se da a continuación una breve reseña de otros que a pesar de contener pocas reservas de agua, podrían solucionar en parte problemas de abastecimientos menores, tales como consumos potables domiciliarios.

- Rocas Fundamentales: Se indicó ya en el capítulo Geología que corresponden principalmente a rocas graníticas de las cuales se tiene un conocimiento documentado en lo que respecta a sus propiedades hidrogeológicas; el agua que de ellas se pueda extraer depende fundamentalmente de dos factores: espesor de la zona meteorizada y grado de fracturamiento o más propiamente, magnitud del diaclasamiento. Analizando ambas características en el terreno, tanto en cortes del camino o del ferrocarril y además en una cantera ubicada en la ribera Sur, se llega a la conclusión de que sus propiedades acuíferas son mínimas y seguramente ninguna captación convencional que se realice en ella rendirá más de 1 lt/seg.

Hacia el sector ubicado al Oriente del área estudiada, la situación mejora ostensiblemente en lo que respecta a la potencia y espesor de la cubierta meteorizada, pero de todas formas, no auguran captaciones exitosas.

- Sedimentos Terciarios: Se hizo una breve descripción de ellos sobre la base de observaciones hechas en afloramientos del área; si se considera las propiedades de sus constituyentes clásticos y su grado de consolidación, se concluye igualmente que son acuíferos de

escaso interés porque además, el agua que eventualmente se pudiera extraer de ellos, sería de mala calidad ya que los clastos se presentan muy alterados, lo que contribuye a aumentar notablemente el contenido de sólidos disueltos en el agua.

- Depósitos de Dunas Antiguas: Si bien presentan características apropiadas para la infiltración de las precipitaciones, su permeabilidad es reducida. ENAP perforó dos sondajes en este tipo de sedimentos pudiendo extraer un escaso caudal (inferior a 1 lt/seg), con agua de buena calidad para destinarla a calderas. Un tercer grupo de sondajes entregó 0,5 lt/seg por sondaje con agua de elevada salinidad vista su utilización industrial (elevada dureza y contenido de sólidos disueltos, entre otros).

- Depósitos de Terrazas Altas: En el estudio no se ha enfatizado su análisis por cuanto concurren una serie de hechos que conviene dejar establecidos y que inciden en condiciones hidrogeológicas deficientes:

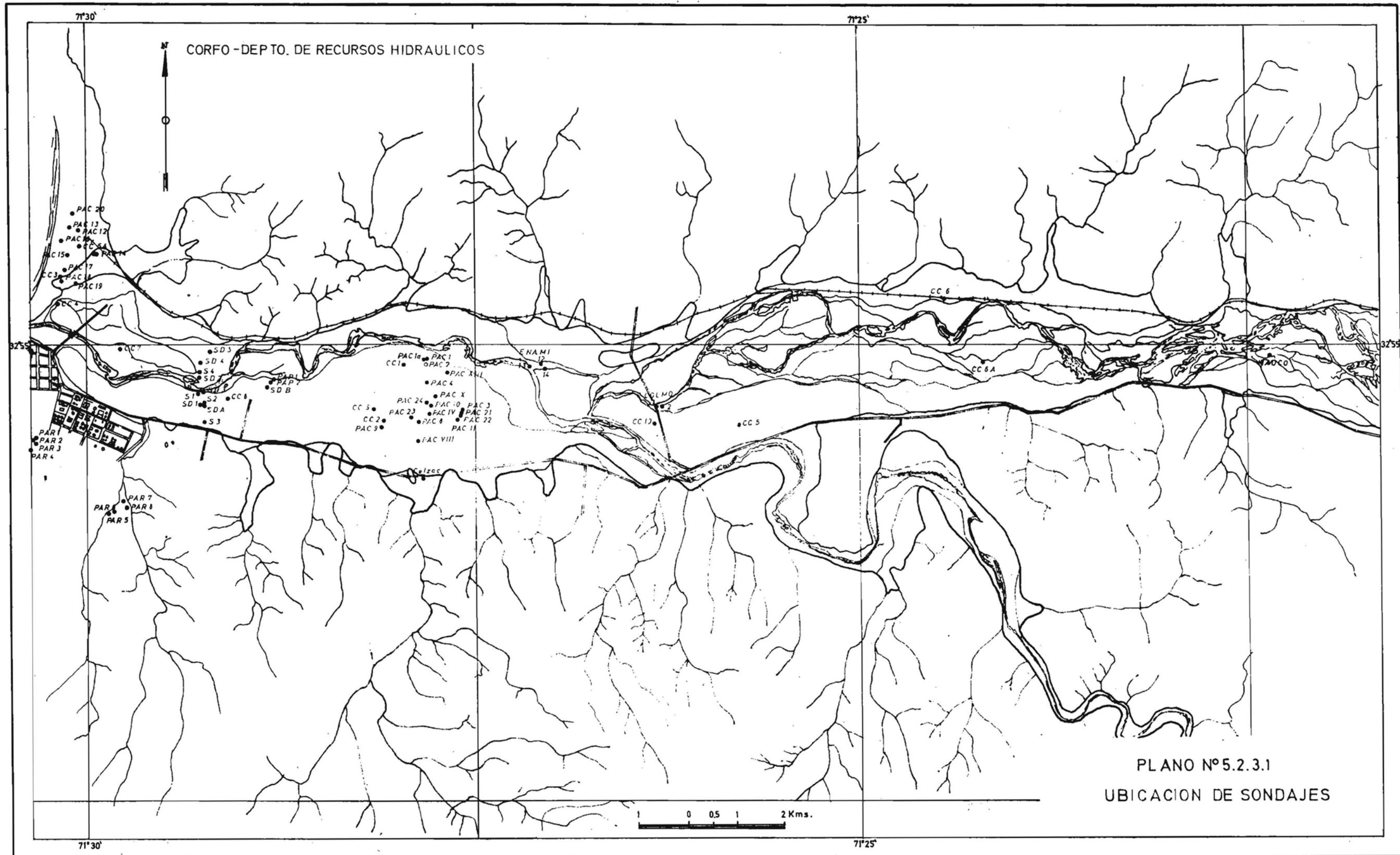
- a) Se han depositado sobre el basamento rocoso y/o sedimentario marcadamente irregular.
- b) Si se pretende aprovechar perforando por sobre lo que se ha dado en llamar Llanura Aluvial o Primera Terraza, hay que destacar que las captaciones podrían llegar al basamento rocoso, luego de atravesar un relleno de poca potencia.
- c) Además, contarían con un respaldo hidrológico deficiente; esto se fundamenta en una determinación efectuada por ENAP en la quebrada Lajarilla, en la cual

en un punto en que el agua escurre sobre la roca fundamental, se aforaron 5 l/seg en Enero de 1969; ésta quebrada es sin lugar a dudas la más extensa del sector y el caudal antes señalado debe considerarse como parte significativa del que escurre entre el contacto granito-sedimentos de terraza.

Tal como se señalara en este capítulo, no hay argumentos definitivos para asignarles determinadas propiedades acuíferas; tampoco existe certeza de su existencia por debajo del piso del valle, por lo cual se requiere de un estudio más acabado. Es conveniente destacar que en el único punto donde es probable haberlos atravesado corresponde a una perforación de CELZAC que resultó muy poco exitosa. (Pozo CELZAC del plano Nº 5.2.3.1).

- Conos de Deyección: Sobradamente conocidas son sus propiedades en terminos generales, (mala clasificación, escaso grado de saturación, alta pendiente y fluctuaciones estacionales notables del nivel estático); en este caso particular se suma el hecho de que las quebradas que los han formado son de escasísimo desarrollo. Suponiendo que el sondaje CELZAC (Pozo CELZAC del Plano) no hubiera atravesado los sedimentos que se le asignan y correspondiera a un cono de deyección, igualmente hay que descartarlos como acuíferos en vista de lo expresado.

- Acuífero Freático de la Llanura Aluvial: Es sin lugar a dudas el mejor reconocido geológicamente, por cuanto la totalidad de los sondajes perforados en esta llanura o primera terraza, lo han atravesado total o parcialmente; la información geológica obtenida no es homogénea por cuanto las descripciones han sido hechas por diferentes per



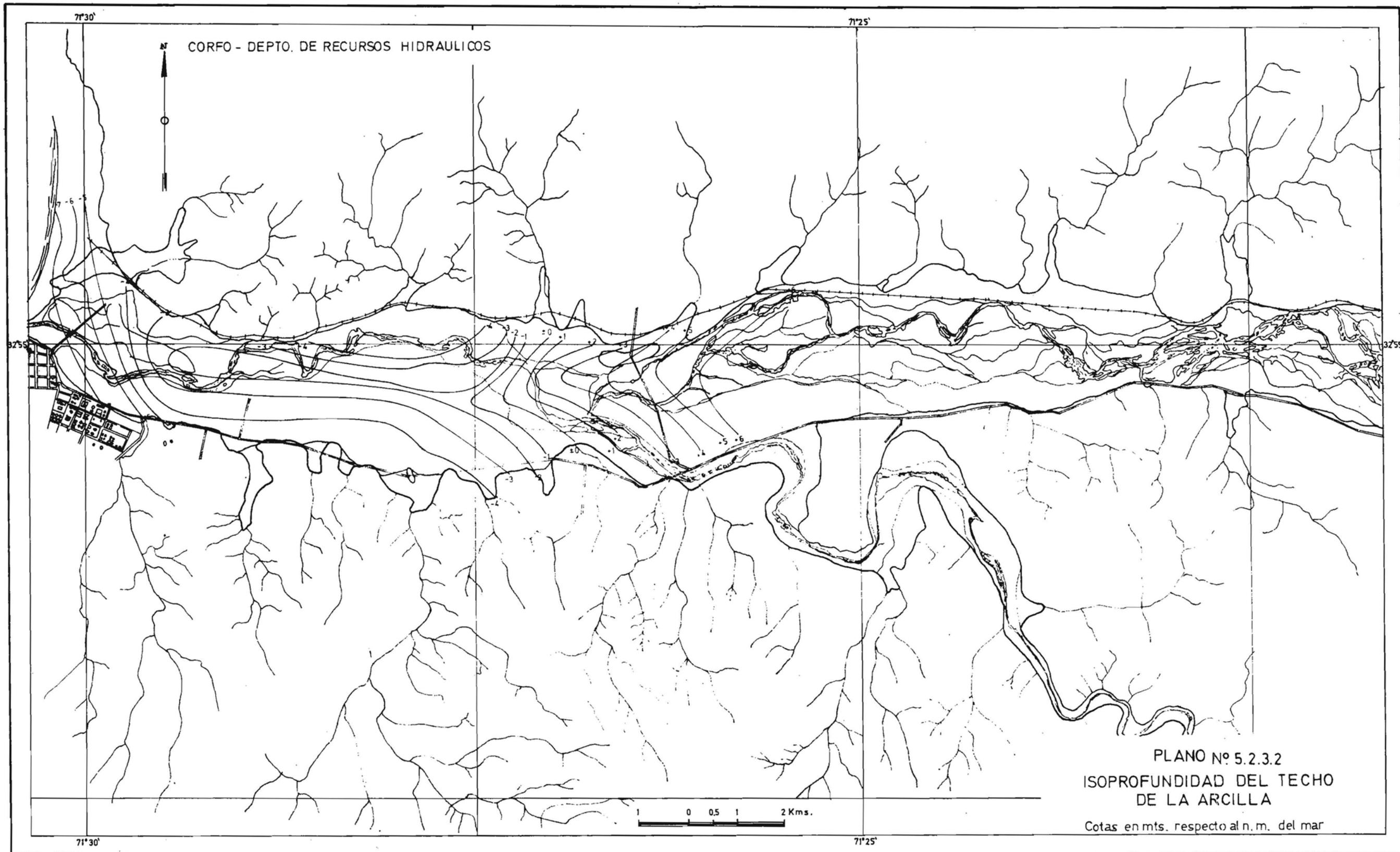
PLANO Nº 5.2.3.1
UBICACION DE SONDAJES

sonas, algunas sin la formación adecuada y necesaria para una correcta interpretación de los clastos obtenidos de la perforación. Sin embargo, se considera suficiente la obtenida por CORFO y ENAP, advirtiéndose una correspondencia en los registros, como así mismo en las discrepancias.

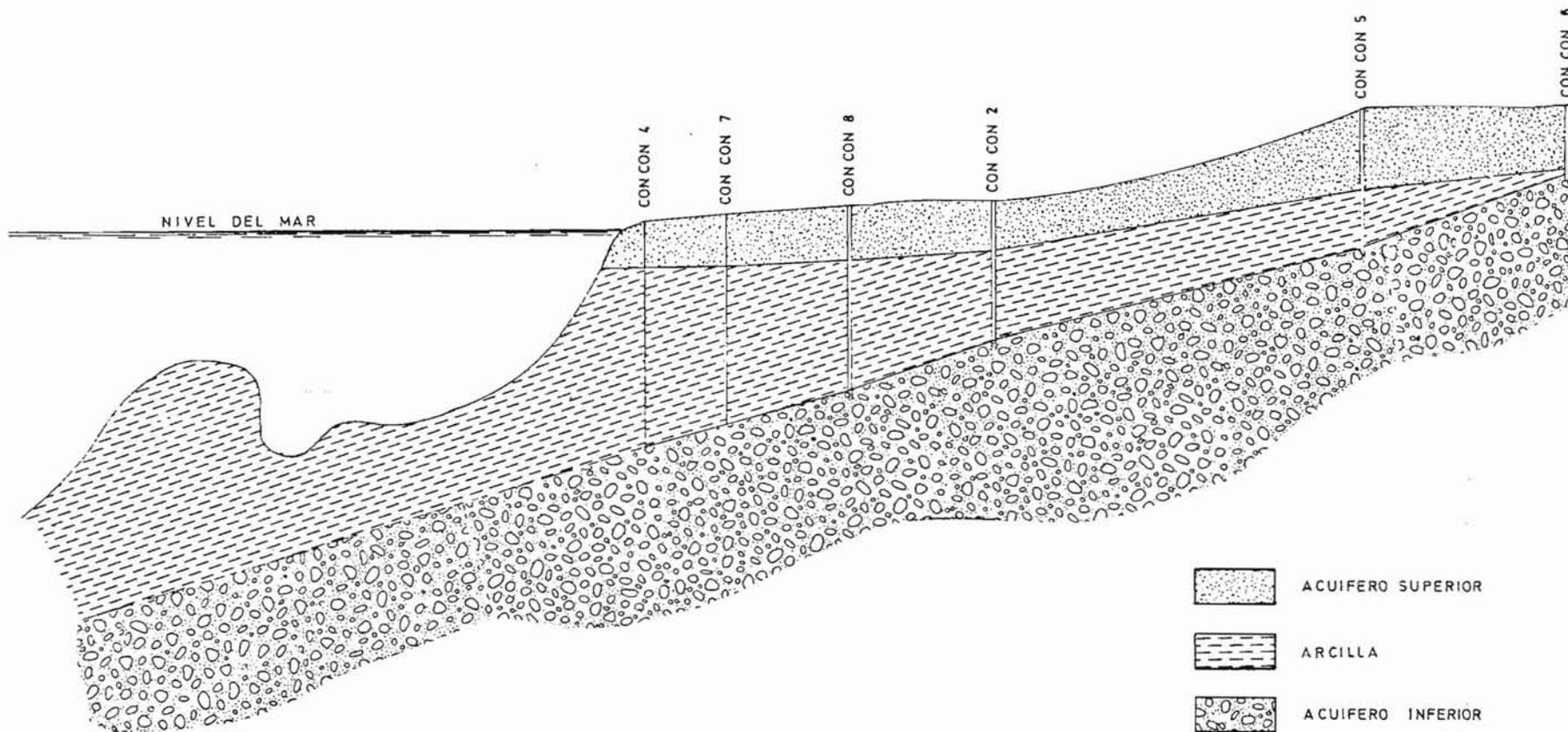
En lo que hay casi absoluta coincidencia, tanto de la información antigua como de la reciente, es en lo que respecta al espesor de este acuífero. Para visualizar más claramente este acuífero, se incluye un plano con curvas de isoprofundidad de su base, que consiste en una importante capa de arcilla (Plano Nº 5.2.3.2). Además se ha elaborado un perfil representativo en el sentido de escurrimiento del río, vale decir, en sentido Este-Oeste, junto con un perfil transversal al río. (Perfiles Nºs 5.2.3.1 y 5.2.3.2).

En este acuífero ENAP concentró sus esfuerzos y realizó una gran cantidad de sondajes para explorarlo, partiendo de premisas no del todo exactas por cuanto supuso que de encontrar un acuífero más profundo, éste suministraría agua de mala calidad, lo cual es falso como se demuestra en el estudio de la calidad química de las aguas subterráneas de la zona.

En términos generales, la granulometría de este acuífero corresponde a fracciones gruesas del tipo grava y ripio con proporciones variables de arena y prácticamente ausencia de fracciones finas; éste acuífero se extendía a todo lo ancho del valle siendo posteriormente erodado y reemplazado parcialmente por materiales que corresponden al cauce actual del río. Debe aceptarse la conexión entre este acuífero y el río, pero la falta de apoyo topográfico no permite establecer el



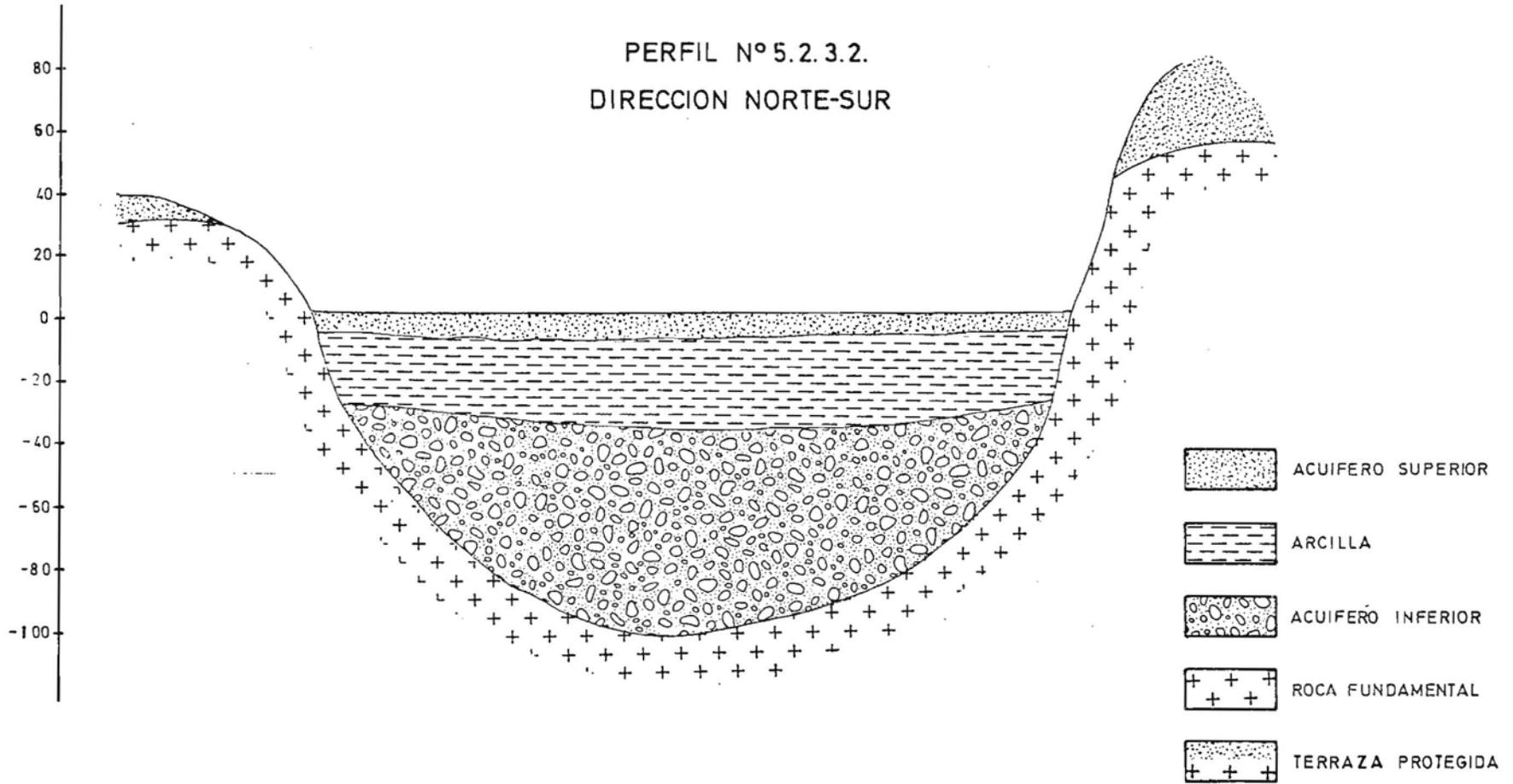
PERFIL Nº 5.2.3.1.
DIRECCION ESTE-OESTE



-  ACUIFERO SUPERIOR
-  ARCILLA
-  ACUIFERO INFERIOR

ESCALAS HORIZONTAL 1:1000
 VERTICAL 1:60.000

PERFIL N° 5.2.3.2.
DIRECCION NORTE-SUR



ESCALAS HOR. 1 : 4 000
VER. 1 : 10.000

tipo de relación.

Si bien como se ha indicado, existe buena correlación en los perfiles estratigráficos en lo que respecta al acuífero superior, en la desembocadura del río Aconcagua existen fuertes discrepancias. En un informe de ENAP en que se analizan los resultados de algunos sondajes construidos en la ribera Norte del río, se hace mención a que algunas perforaciones hechas en la desembocadura Sur "indicaban que ahí sólo había arenas finas, posiblemente dunas, pero sin niveles de ripio fluvial". No se hace mención a la profundidad de las captaciones ni al método de perforación usado, lo que es importante conocer ya que el sondaje CC-4 cortó el acuífero superior con una potencia de 9 metros y atravesando material de granulometría gruesa (ripio con arena y una capa constituida sólo por arena eólica desde 0 a 1 metro).

Haciendo un análisis de detalle del sector Norte de la desembocadura se evidencia una socavación del techo de las arcillas que podría explicarse como un brazo del río que permitió la posterior depositación de los rípios que de acuerdo a la descripción de los sondajes estratigráficos de ENAP son de buena calidad, haciéndose más arenosos hacia el Sur "ya que el PAC-18 pasa a una arena gruesa con abundantes restos de plantas"; a pesar de lo anterior, el CC-3 ubicado poco al Norte del PAC-18 cortó la misma litología que el CC-4 y hasta los 7,5 metros.

En vista de las claras discrepancias respecto de la granulometría del acuífero superior en la zona próxima a la playa, convendría construir a lo menos tres norias y controlar continuamente su avance para obtener muestras no contaminadas. De la información dispo-

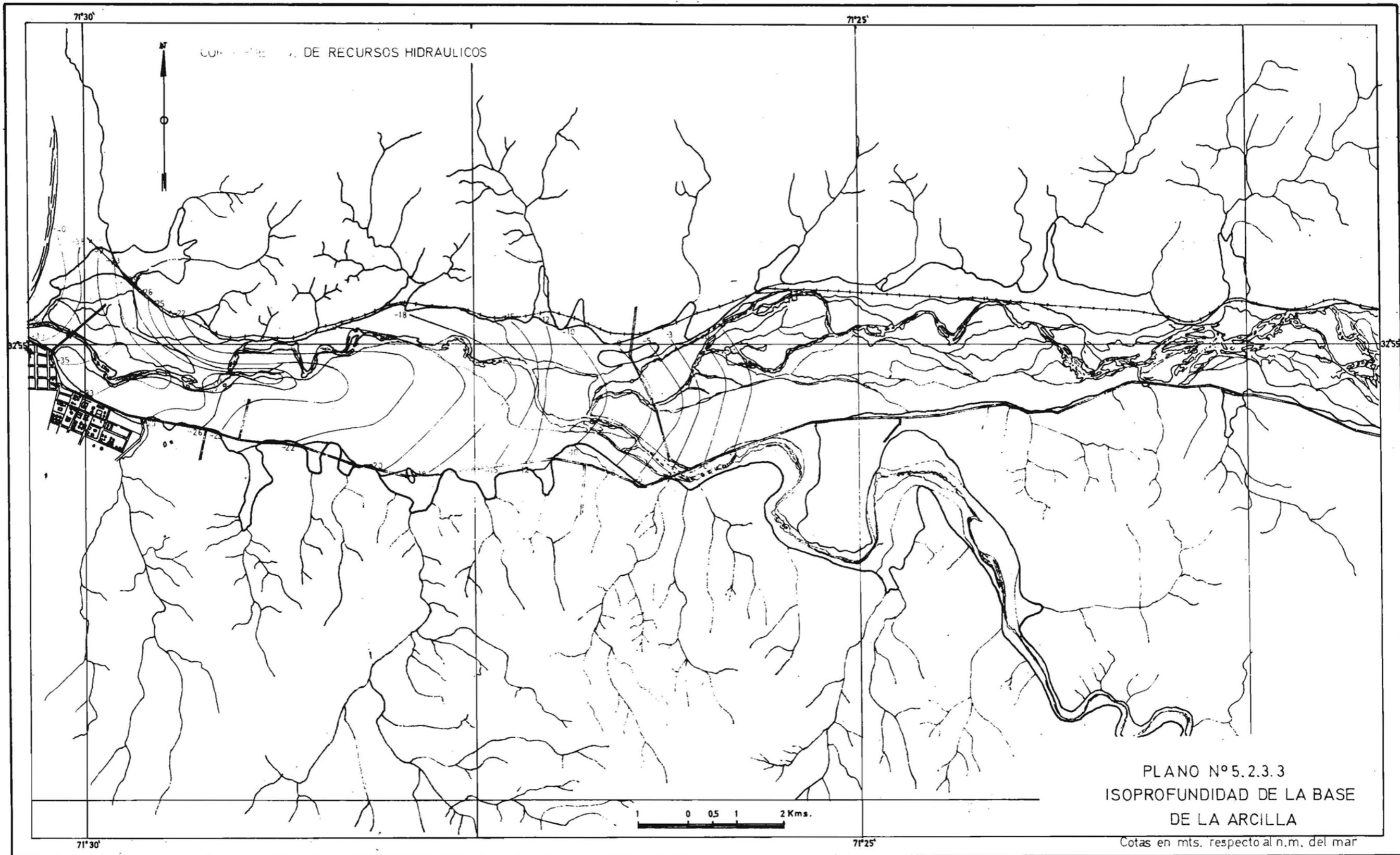
hible se desprende que este acuífero freático posee excelentes condiciones como acuífero.

- Unidad Arcillosa: Bajo este acuífero superior se localiza una capa de arcilla gris oscura con materia orgánica que al contacto con el aire se oxida y desprende un olor característico; esta capa de arcilla junto con constituir la base del acuífero freático, constituye el manto confinante de la zona acuífera inferior; localmente la arcilla se presenta con proporciones variables de arena fina, pero para los efectos prácticos puede considerarse como uniforme y realmente como un manto que separa ambos acuíferos; su espesor aumenta en sentido Este-Oeste tal como se puede deducir al superponer los planos N^o. 5.2.3.3. y 5.2.3.2. que muestran su base y su techo respectivamente. En el sondaje CC-4 el más cercano a la costa que lo ha atravesado, se registra una potencia de aproximadamente 33 metros y en el CC-6, el más hacia el Oriente que detectó esta capa de arcilla, registra una potencia de tan solo 1 metro. Ambos sondajes se encuentran distanciados 9.0 Kms.

El acuñaamiento de la capa de arcilla puede apreciarse en el Perfil N^o 5.2.3.1., que corresponde a un perfil a lo largo del eje del valle.

Sobre la base del estudio micropaleontológico hecho por Severin (1969), la arcilla se habría depositado en un ambiente litoral del Terciario y de edad Pleistoceno o Reciente.

- Zona Acuífera Confinada Inferior: El hecho de denominarla Zona Acuífera en lugar de acuífero, se basa en la comprobación de su irregularidad granulométrica tanto en sentido vertical como horizontal y porque además, no se ha comprobado con exactitud su potencia, sal

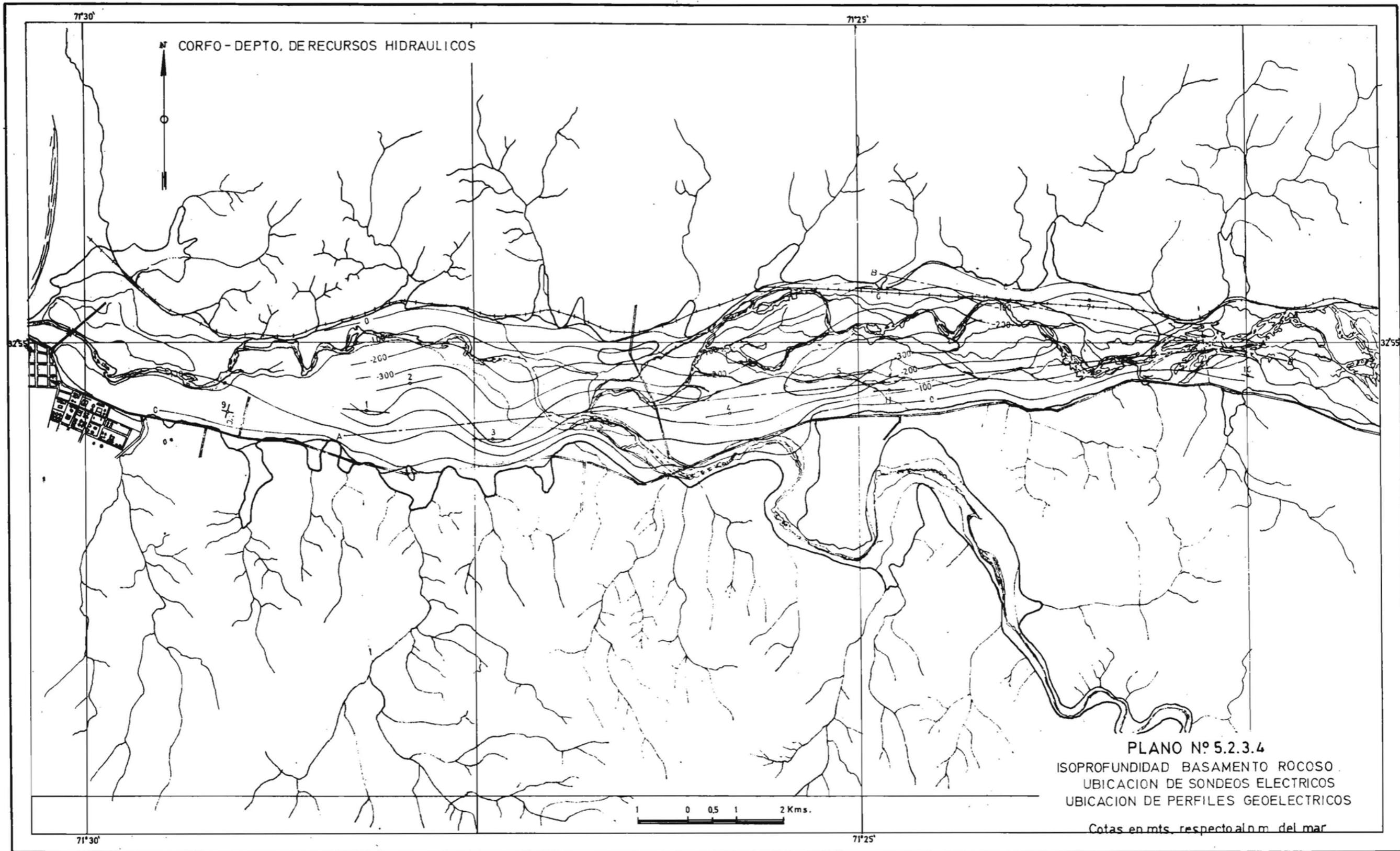


vo en dos puntos en que los sondeos tocaron el basamento rocoso granítico.

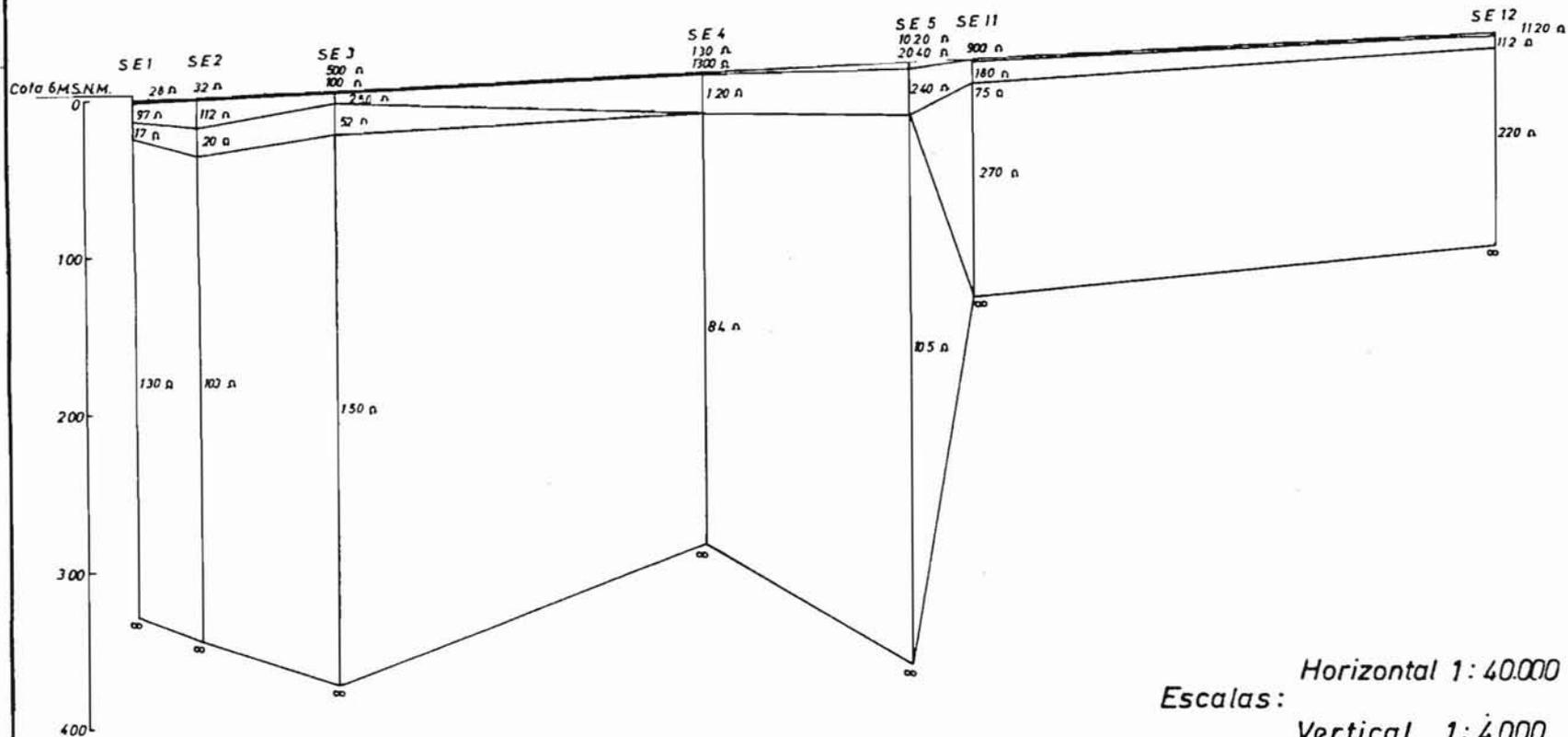
En vista de la indeterminación existente se programó la realización de una prospección geoelectrica utilizando un resistivímetro ABEM y configuración Schlumberger de electrodos, logrando efectuarse 11 sondeos eléctricos; por deficiencias instrumentales no se logró completar la prospección, pese a lo cual y con la debida calibración de las curvas obtenidas se pudo confeccionar un plano del basamento rocoso que se adjunta (Plano Nº 5.2.3.4.) y que da profundidades del basamento de hasta 300 metros. Los sondeos que se han habilitado aprovechando esta zona acuífera inferior han rendido caudales excepcionales; se cita el caso de un sondeo de propiedad de la DOS perforado en gran diámetro con máquina Benotto y al cual fue imposible extraerle la cañería de perforación, de tal forma que el agua entraba al sondeo solamente por el fondo (\emptyset de 50 cms.) pese a lo cual se le logró extraer un caudal del orden de 100 a 130 lts/seg. (Sondeo D.O.S Nº 1 del plano Nº 5.2.3.1.)

Se hace especial énfasis en que la gran potencia probable de la zona acuífera inferior confinada no necesariamente puede estar constituida por materiales de buena permeabilidad uniforme ya que es probable que sobre el basamento rocoso existan sedimentos terciarios a los que se le ha asignado una mala permeabilidad.

Se incluye el Perfil Nº 5.2.3.3. que muestra la interpretación geoelectrica de los sedimentos que se ubican por debajo de la Llanura aluvial y que hasta donde hay apoyo de sondeos estratigráficos se observa una buena correlación.

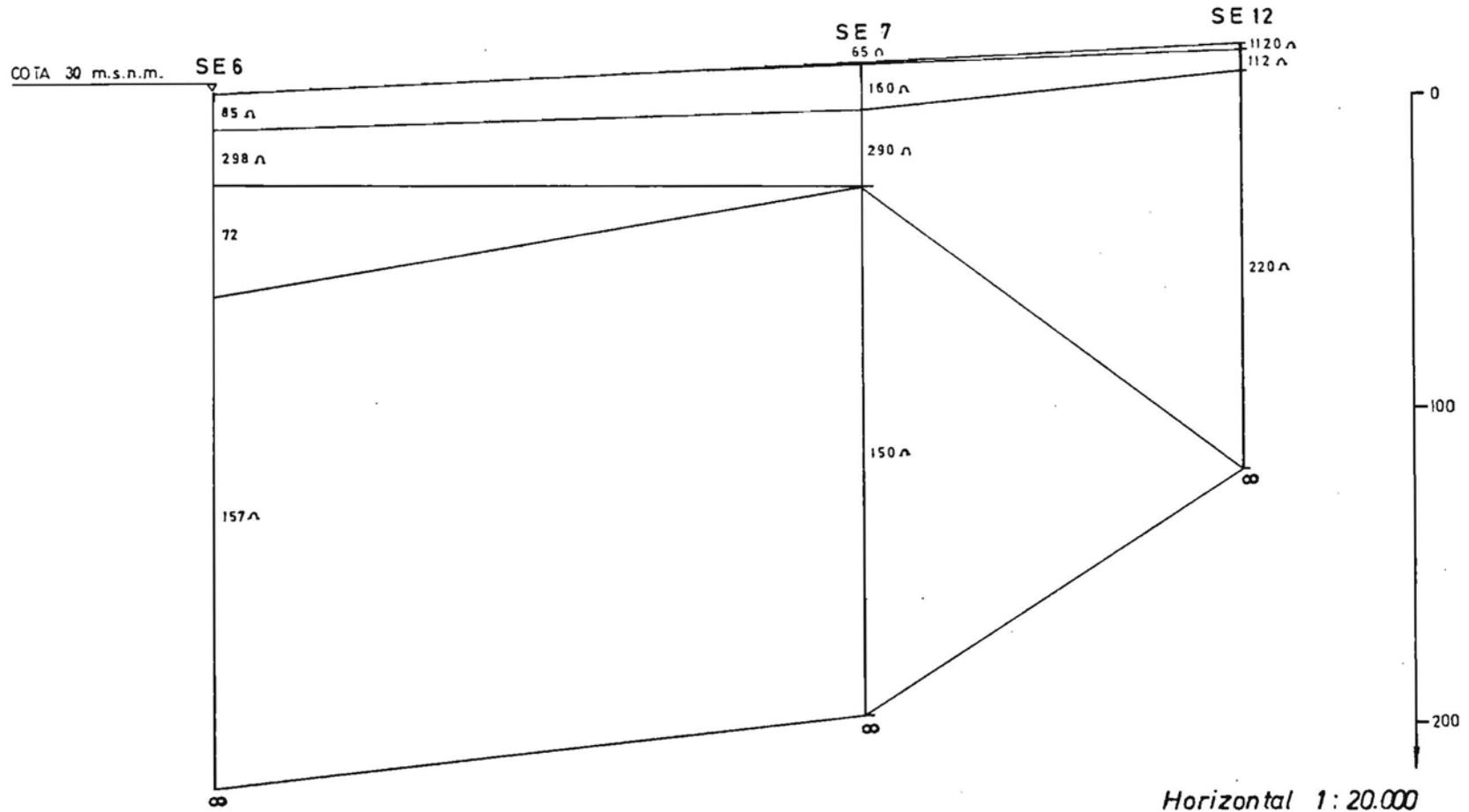


PERFIL 5.2.3.3. A-A'



Escalas:
 Horizontal 1:40.000
 Vertical 1:4.000

PERFIL 5.2.3.3. B-B'



Escalas:
Horizontal 1:20.000
Vertical 1:2.000

Tal como se indicó, la granulometría de esta zona es variada y puede comprobarse con los perfiles estratigráficos que la penetran y que se incluyen como anexos.

5.3. ESTRUCTURA:

El elemento estructural de mayor importancia en la zona correspondería a lo que Corvalán (Op. Cit.) ha llamado la falla de Aconcagua, claramente visible en la Zona San Pedro Olmué, en la cual el Paleozoico está en contacto por falla, con las rocas asignadas al Jurásico Medio; tanto las rocas graníticas, el Jurásico Medio y la falla Aconcagua, se encuentran cubiertas discordantemente por rocas de la Formación Lo Prado asignada al Cretácico Inferior. (Ver Mapa Nº 5.3.1. en el cual aparece la Geología regional según H. Thomas).

Esta falla, que es muy clara en el sector indicado anteriormente, tiene en él un rumbo Nor Oeste y evidenciaría que el bloque Nor Occidental, en el cual queda la zona involucrada en el presente estudio, ha sido un bloque estable desde fines del Jurásico Medio, expuesto a una erosión sub aérea que habría eliminado la cubierta de rocas eventualmente tan antiguas como Paleozoicas.

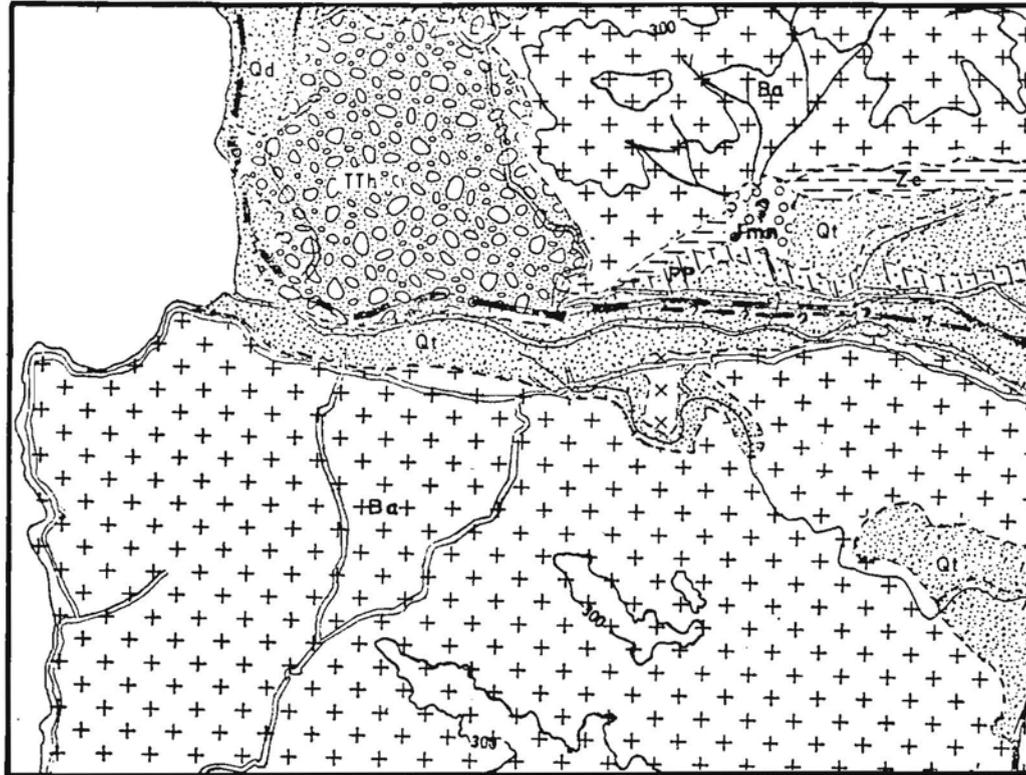
Si bien Corvalán estima una iniciación bastante antigua del modelado de la Planicie Costera, este mismo autor admite que su modelado definitivo habría ocurrido hacia el Terciario Superior.

No se dispone de elementos de juicio que permitan la continuación de la falla hacia el poniente aunque hay ciertos antecedentes que en un primer análisis harán ubicarla como coincidiendo con el cauce actual del río Aconcagua, al menos en la última parte de su reco

MAPA 5.3.1 GEOLOGIA REGIONAL

(Segun Herbert Thomas)

ESCALA 1:150.000



LEYENDA

	Dunas.	} Cuaternario
	Terrazas.	
	Formación Horcón.	} Terciario
	Areniscas y arcillas marinas.	
	Intrusiones del Batolito.(Cretácico).	
	Formación Melon.	} Jurásico
	Miembro Nogales	
	Paleozoico.	

rrido, con lo que tendría un rumbo Este Oeste.

Los antecedentes que permiten hacer tal afirmación, si bien no son concluyentes, en cuanto a confirmar la presencia de la falla, son los que mejor pueden explicar una serie de fenómenos que de otra forma deben ser interpretados sobre una base fácilmente refutable:

- a.- No correspondencia de niveles de terrazas a ambos lados del río Aconcagua.
- b.- Ausencia de sedimentos terciarios en el bloque sur o ribera izquierda, los cuales se presentan en la ribera derecha.
- c.- El bloque de la ribera norte se presenta con un relieve mucho más planizado que el sur, evidenciando este último el haber estado sometido a una acción erosiva muy intensa.

5.4. RELACION MAR-ACUIFEROS:

Referente a este aspecto de la geometría de los acuíferos, se ha podido establecer lo siguiente:

5.4.1. Acuífero Freático:

Existen claras evidencias respecto a que este acuífero se encuentra directamente conectado con el mar, es decir, las aguas de ambos están en contacto directo en la superficie llamada interfase. Esto puede visualizarse claramente en el perfil N° 5.2.3.1. que se adjunta.

En conexión con el mar está prácticamente todo el acuífero, ya que éste tiene una potencia promedio del orden de 8 metros en la zona costera, estando la superficie del terreno a aproximadamente 1

m.s.n.m..

Por otra parte, ENAP produce artificialmente represamiento del agua de mar en el río durante las altas mareas, con lo que se aumenta considerablemente esta relación mar-acuífero freático.

5.4.2. Zona Acuífera Confinada Inferior:

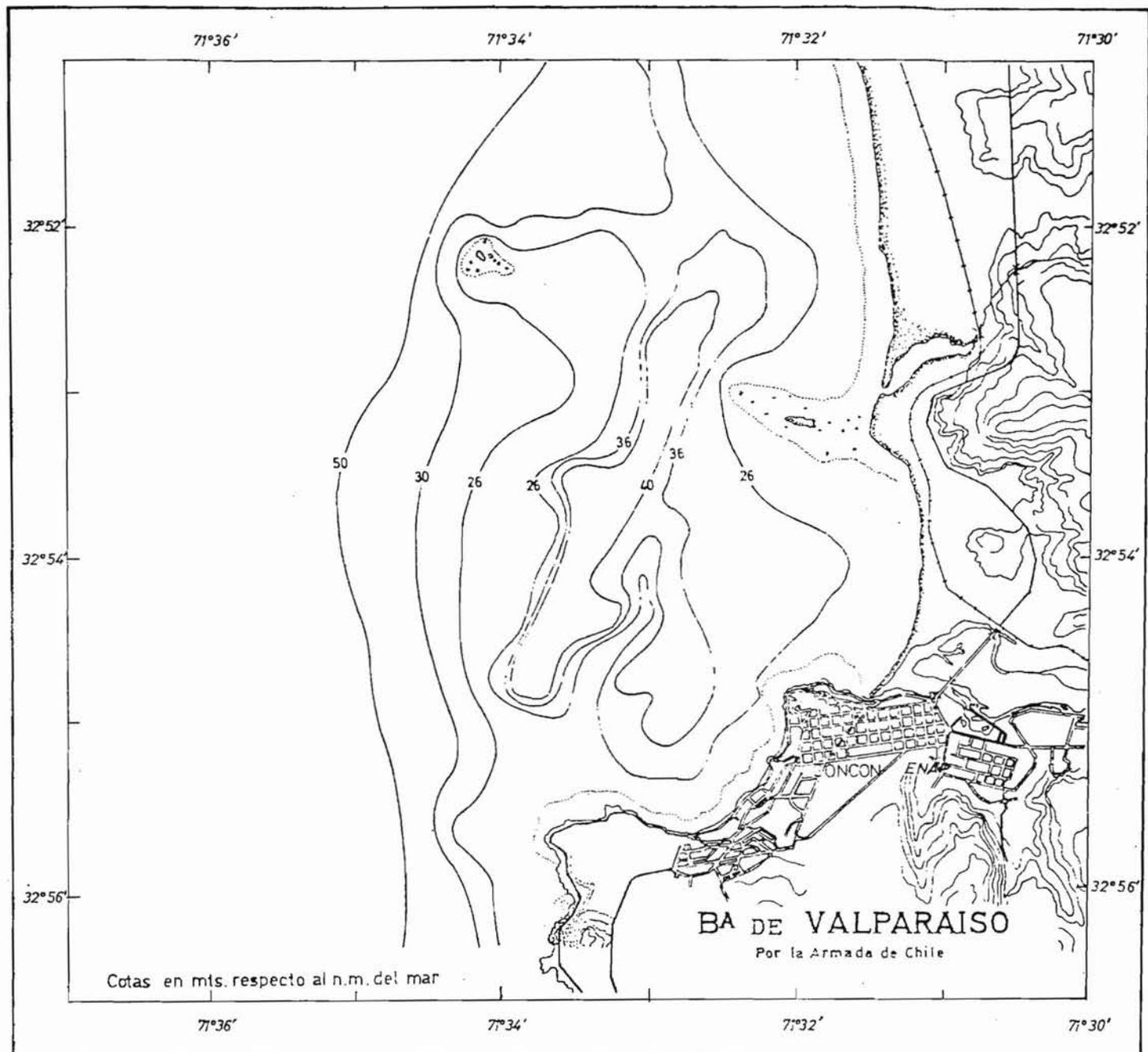
Con respecto a este acuífero, no se tiene antecedentes suficientes como para definir la relación que pudiera existir entre él y el mar.

Entre los antecedentes que se posee, pueden destacarse los siguientes:

A.- El estrato de arcilla que confina el escurrimiento en esta zona acuífera inferior, tiene una potencia promedio del orden de 33 metros en la zona costera, encontrándose su base a una profundidad promedio de 40 mts. bajo el nivel del mar.

B.- Las profundidades mayores del fondo marino frente a la desembocadura son poco más de 40 metros, de acuerdo al mapa Hidrográfico de la Armada. (Ver Plano N° 5.4.2.1.) En este mapa, la Armada ha determinado varios puntos batimétricos, sobre la base de los cuales se han trazado las curvas de nivel correspondientes, las cuales deben tomarse como una primera aproximación. Sin embargo, se ha detectado que existe una cuenca alargada y cerrada de rumbo Norte-Sur, cuya máxima profundidad se encuentra frente a la desembocadura a una distancia de 3,6 Kms. desde la línea de costa, como se aprecia en el Perfil N° 5.2.3.1., el cual se ha trazado en dirección aproximada Este-Oeste.

C.- El basamento rocoso, de acuerdo al Perfil N° 5.2.3.3. se encuentra a una profundidad superior a los 300 metros, en la desembo-



MAPA Nº5.4.2.1
MAPA HIDROGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

cadura, por lo cual es altamente probable, basándose también en la estructura que encontramos en el área, que el alto topográfico que se visualiza en el perfil N° 5.2.3.1., corresponda a sedimentos aportados por el río y no a roca fundamental, lográndose encontrar esta a mayor profundidad.

D.- En el mapa N° 5.4.2.1. se aprecia que existe una islilla rocosa que emerge del mar. Podría existir un umbral rocoso entre esta islilla y la Punta de Con-Cón.

Evidentemente, estos antecedentes no permiten corroborar ninguna de estas dos posibilidades, las que se entregan a título de información.

Sobre la base de lo recién expuesto, es posible afirmar que como hipótesis de trabajo, el estrato arcilloso que sobreyace a la zona acuífera inferior correspondería, con una potencia bastante reducida, al fondo marino del área frente a la desembocadura y, por lo tanto, no existiría una conexión directa entre esta zona acuífera y el mar.

Cabe señalar, que no debe descartarse totalmente la posibilidad de que hacia mar adentro, a una distancia superior a los 9.00 Kms. desde la línea de costa, frente a la desembocadura, o hacia el Norte de ésta, sí exista una posible conexión.

6.- UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA.

La calidad química del agua subterránea señala su aplicabilidad a determinados usos. Los factores principales que condicionan el uso del agua son: sólidos disueltos totales, dureza, contenido de magnesio, sodio, potasio, sulfatos, cloruros, nitratos, pH y otros. Existen otros elementos que condicionan el uso del agua, pero por no encontrarse presentes en las aguas subterráneas en estudio, no se incluyen.

6.1. CALIDAD QUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA CON RESPECTO A SU USO POTABLE:

A continuación se hará una reseña de la calidad química del agua subterránea que se encuentra en el área en estudio, con respecto a las normas vigentes sobre la base de los análisis químicos disponibles.

Sólidos Disueltos: Se considera apta para cualquier uso, el agua que contiene hasta 500 partes por millón de sólidos disueltos totales; en condiciones determinadas se puede aceptar hasta 2.000 p.p.m., que es el límite llamado "máximo tolerable".

Para los fines del presente estudio y dadas sus condiciones hidrogeológicas particulares, se enfocará el estudio de la calidad química separando las aguas de los dos acuíferos que allí se encuentran: acuífero freático y acuífero confinado.

- Acuífero Freático: En la zona costera tiene un contenido de SDT del orden de 8.000 p.p.m., que se traduce

en que estas aguas son inútiles para cualquier uso. Hacia aguas arriba ésta situación cambia fundamentalmente, en el sentido que el contenido de sólidos disminuye sustancialmente y ya a la altura del pozo CC 7', se tiene un contenido de sólidos del orden de 1.000 p.p.m.. Más aguas arriba, las aguas de este acuífero están totalmente dentro de la norma y el contenido de sólidos está por debajo de las 500 p.p.m..

- Acuífero Confinado: Todas las aguas subterráneas analizadas presentan un contenido de sólidos disueltos compatibles con las normas. En la zona costera, el contenido de sólidos alcanza a una concentración del orden de 800 p.p.m. y lógicamente, hacia aguas arriba ésta concentración disminuye, llegando a ser del orden de 450 en el área donde se encuentra el pozo CC-8.

Calcio: Con respecto al contenido de calcio, todas las aguas analizadas, del acuífero confinado se ajustan a las normas vigentes que indican como máximo permisible una concentración de 200 p.p.m. de calcio. Cabe señalar que en este sentido las aguas subterráneas del acuífero confinado empeoran su calidad a medida que escurren, ya que en el pozo CC-5 el valor de la concentración de Calcio está muy cerca de la norma, en cambio, en los demás pozos la concentración no supera las 100 p.p.m..

El acuífero freático tiene contenidos de Calcio que superan largamente la norma y es así como en la zona costera la concentración es del orden de 450 p.p.m.. Este valor disminuye bastante hacia aguas a

riba y se tiene en los pozos de ENAMI una concentración del orden de 150 p.p.m., que obviamente está ajustado a las normas.

Magnesio: La norma fija para el magnesio una concentración máxima permisible de 30 p.p.m..

En el acuífero confinado sólo excede este valor el agua del área donde se ubica el pozo CC-5a con cerca de 50 p.p.m.. Los pozos restantes presentan calidades muy altas, alcanzando la concentración de magnesio valores inferiores a 20 p.p.m..

El acuífero freático presenta concentraciones bastante superiores a la norma en todas las aguas de la zona costera, alcanzando valores de hasta 250 p.p.m. en el pozo CC-3. En los pozos de la DOS y ENAMI, las concentraciones están ajustadas a la norma no excediendo en ningún caso las 25 p.p.m..

Sodio: Con respecto de este elemento, la norma vigente fija una concentración máxima permisible de 200 p.p.m., la cual está excedida en el acuífero confinado sólo por las aguas analizadas en el pozo CC-5a.

En el acuífero freático se tiene solamente análisis de mezclas de agua de los pozos ENAMI y DOS, en los cuales la concentración de sodio está muy por debajo de la concentración máxima fijada por la norma. No debe descartarse, sin embargo, la posibilidad de que los pozos próximos a la costa estén excedidos con respecto a la norma. Esto lo augura el alto contenido de sólidos disueltos que se encuentra en los pozos CC-3 y CC-5a.

Manganeso: Con respecto a la concentración presente en el agua de éste elemento, se tiene pocos antecedentes. Sólo se dispone

de un análisis por Manganeso y corresponde al pozo CC-3 el que presenta en su agua del acuífero confinado una concentración de 0,5 p.p.m., siendo el máximo tolerado de 0,2 p.p.m.. Debe suponerse que al igual que los demás elementos, las concentraciones hacia aguas arriba disminuyan y sean éstas compatibles con la norma vigente.

Es muy probable que la concentración de manganeso en el acuífero freático en la zona costera (CC-3 y CC-5) sean superiores a la norma, pero éstas deben decrecer hacia aguas arriba.

Carbonatos: Los carbonatos están ausentes en las aguas de ambos acuíferos. Sólo se detectó éste elemento en el pozo CC-5a con sólo 9 p.p.m..

Bicarbonatos: La norma vigente establece una concentración máxima permisible de 500 p.p.m.. Al respecto, todos los valores de terminados en ambos acuíferos son inferiores a esta concentración. En el acuífero confinado ésta concentración es del orden de los 250 p.p.m. y es notable como se mantiene prácticamente constante en toda el área. En el acuífero freático, la concentración es menor que hacia aguas arriba. (En el pozo CC-3 es de 200 p.p.m. y en el CC-9 es de 300 p.p.m.).

Cloruros: Salvo en la zona inmediata a la playa y en el acuífero freático, el contenido de cloruros del agua subterránea se ajusta a la norma vigente (250 p.p.m.). En el pozo CC-3', ubicado muy próximo a la playa, el contenido de cloruros asciende a 3.700 p.p.m., lo que se explica por la directa influencia que tiene este sondaje, del efecto de las mareas en el acuífero freático. El acuífero confinado tiene concentraciones de éste elemento que están por debajo del límite permitido por la norma.



Sulfatos: La norma Nch 409. n70 ha fijado como límite máximo permisible, 250 p.p.m. y como límite máximo tolerado, 400 p.p.m.. A este respecto, todos los pozos del área, tanto en el acuífero freático como en el confinado están dentro del límite inferior fijado por la norma.

Nitratos: No están presente en el agua subterránea del área.

6.2. CALIDAD QUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA CON RESPECTO A SU USO EN RIEGO:

Con respecto a este uso del agua, existen varias limitantes que a continuación se analizan:

Sólidos Disueltos Totales: En general, excluyendo las aguas subterráneas tanto del acuífero freático como confinado, son tolerables de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA Nº 6.2.1. Clasificación de Aguas de Riego:

<u>CLASE DE AGUA</u>	<u>TOTAL SOLIDOS DISUELTOS ppm</u>
Muy Buena	0-175
Buena	175-525
Tolerable	525-1.400
Dudosa	1.400-2.100
Inútil	Más de 2.100

Porcentaje de Sodio: Este porcentaje está dado por la siguiente fórmula:
$$\% Na = \frac{Na \times 100}{Ca + Mg + Na + K}$$

Los dos principales efectos del sodio son una reducción de

la permeabilidad del suelo y un endurecimiento de este.

Con respecto a este valor, las aguas subterráneas del área son en general buenas de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6.2.2. Clasificación de agua de riego:

<u>CLASE DE AGUA</u>	<u>%NA</u>
Muy Buena	Menor de 20
Buena	20 - 40
Tolerable	40 - 60
Dudosa	60 - 80
Inútil	Más de 80

Boro: Este elemento en ciertas concentraciones es nocivo para los cultivos. En las aguas subterráneas del área no se encuentra presente.

6.3. CALIDAD QUIMICA DEL AGUA SUBTERRANEA CON RESPECTO A SU USO INDUSTRIAL:

Una de las principales limitantes del agua para uso industrial es su dureza, que generalmente se expresa en p.p.m. de Carbonato de Calcio. Las determinaciones de este parámetro en las aguas subterráneas del área, arrojan valores superiores a 200 p.p.m. en el CC-8 y sobre 500 p.p.m. en CC-3. En general, son aguas no aptas para su uso en calderas tanto de alta como de baja presión. Las normas estipulan un límite máximo de concentración para calderas de baja presión de 80 p.p.m. de CaCO_3 y para calderas de alta presión, 2,0 p.p.m. de CaCO_3 . Para preparación de alimentos el límite máximo es 70 p.p.m. de CaCO_3 .

Para uso doméstico en general, la norma fija un valor de 300

p.p.m. y las aguas subterráneas del área tienen en la zona costera valores superiores a esta concentración.

Con respecto a los otros elementos disueltos en el agua, cada industria requiere de aguas con características determinadas por lo que sólo se entregan los análisis químicos de que se dispone en el anexo Nº -III , a modo de información básica.

7.- HIDROGEOLOGIA

7.1. ACUIFEROS RECONOCIDOS:

La zona de Corcón se caracteriza por presentar dos acuíferos perfectamente diferenciados a lo largo de todo el sector de estudio que abarca desde la Costa hasta la Angostura de Mauco.

Las distintas condiciones de presión a que se encuentran sometidos, transforman al profundo, en lo que hidrogeológicamente se denomina acuífero confinado y al superior en acuífero freático o sometido a la sola presión atmosférica.

El acuífero profundo presenta características de confinamiento muy exactas y se ajusta con bastante aproximación a los comportamientos teóricos. Aislado del acuífero freático por una cuña compuesta casi exclusivamente por arcilla, su espesor se considera en promedio cercano a los 200 mts., estimándose que su calidad disminuye a medida que se avanza en profundidad. Su ancho promedio, puede estimarse en 1.500 mts. y su extensión alcanza a toda la zona de estudio.

El acuífero freático o superior, posee igual extensión y ancho que el confinado y está formado por materiales de buena permeabilidad (grava, arena). En profundidad se encuentra limitado por el techo de la cuña de arcilla que lo separa del acuífero profundo, reduciendo su espesor a un máximo de 15 mts.

7.2. ACUIFERO CONFINADO:7.2.1 Recarga:

Una estimación del caudal continuo capaz de ser explotado a lo largo de un período, proveniente del acuífero confinado, refleja las condiciones actuales que regulan la relación recarga-descarga.

Suponiendo un acuífero que se extiende hasta la angostura de Mauco obtenemos:

$$\Omega = 13.000 \times 1.200 = 15,6 \times 10^6 \text{ m}^2$$

Si a ello le asignamos un almacenamiento $S = 10^{-4}$, alcanzamos un

$$V = 15,6 \times 10^2 \text{ por mt. de depresión.}$$

Considerando una depresión de 10 mts. para todo el área el volumen posible de extraer alcanza a

$$V = 15,6 \times 10^3 \text{ m}^3$$

Suponiendo que el bombeo continuo se extienda durante 3 meses (que es lo esperado para un bombeo conjuntc DOS-ENAP) obtenemos un caudal igual a:

$$Q = \frac{15,6 \times 10^3}{8,64 \times 9 \times 10^{-5}} = 2 \text{ Lts./seg.}$$

Si comparamos dicho caudal continuo con la explotación que durante un prolongado lapso ha mantenido ENAP (50 lts/seg continuos) y con la que actualmente mantiene dicha empresa y DOS (200 lts/seg continuos), necesariamente surgen dos hipótesis que sustentarían la mantención del caudal explotado.

- a) Existe recarga concentrada en la zona de Mauco.
- b) Existe percolación desde el acuífero freático.

a) Inicialmente los estudios preliminares realizados, situaron la zona de recarga del acuífero confinado, aguas arriba de la angostura de Mauco. Dicho rasgo geológico fija el límite del acuífero de la capa de arcilla confinante, lo cual la transforma en zona potencial de alimentación. Hasta donde los antecedentes actuales permiten afirmarlo, la situación de recarga aparece como de una complejidad mayor a lo que en principio se estimó.

Ante las posibilidades de que exista una recarga directamente a través del lecho del río, puede oponerse la probabilidad de contar en dicha zona con un lecho impermeable. Ello tal vez no pueda apoyarse con antecedentes concretos de corridas de aforo, pero el hecho puede considerarse como probable, ante los antecedentes que más adelante se indiquen.

Si atendemos al pequeño almacenamiento deducido y oponemos a ello el incremento de la explotación a partir de Enero de 1971, debería observarse, considerando la velocidad de propagación de la onda de presión, un descenso paulatino y constante del nivel estático en el área. Se ha mantenido un control periódico sobre el sondaje CC-6, perforado con miras a dilucidar los mecanismos de recarga, no detectándose variaciones importantes. El actual apoyo de sondajes no permite determinar en este momento variaciones en las condiciones de transmisibilidad que evidencien un empeoramiento en la zona comprendida entre Lajarillas y Mauco.

Sin embargo, la igualdad en las cotas del nivel del río y del agua en el sondaje CC-6, indicarían un empeoramiento paulatino de las condiciones de transmisibilidad a medida que se avanza aguas arriba. En todo caso, la igualdad determinada descartaría al río como uno de los fac

tores de recarga por lo menos en la zona de Mauco. Aguas abajo, la recarga sólo podrá ocurrir como percolación, atravesando la capa de arcilla.

Paralelamente, el hecho de no haber contado con la densidad actual de sondajes en la zona baja durante la época de lluvias, ha impedido correlacionar la pluviometría con fluctuaciones en el nivel estático. Sin embargo, debe considerarse cuidadosamente el fenómeno de surgencia presentado por el sondaje CC-3 tras un período de intensas precipitaciones, que a la vez, coincidió con la detención del bombeo discontinuo de ENAP durante un lapso relativamente prolongado (15 días-Agosto.70). Dicha surgencia confirmaría la pequeña capacidad de almacenamiento que presenta el acuífero pero a la vez reactivaría la idea de una recarga proveniente desde la zona de Mauco, o desde las zonas laterales.

El próximo invierno posibilitará contar con nuevas lluvias cuyo efecto podrá ser detectado a través del complejo de limnigrafos ya instalados y por instalar en la zona baja.

b) La ausencia de una recarga segura y suficiente proveniente desde aguas arriba de Mauco, exige orientar la búsqueda de los mecanismos de alimentación hacia el acuífero freático.

Si implantamos las condiciones de diferencia de carga existente entre ambos acuíferos y exigimos la satisfacción del caudal incapaz de ser entregado por el acuífero de acuerdo al cálculo anterior, obtenemos:

$$\text{Gradiente : } i = \frac{H}{L} = \frac{15}{20} = 0.75$$

$$K = \frac{Q}{\Omega \cdot i}$$

$$K = \frac{198 \times 10^{-9} \times 10^2}{15,6 \times 75}$$

$$K = 1,7 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

$$K = 10^{-9} \text{ m/s}$$

Permeabilidad vertical que se encuentra en los límites de los valores deducidos para materiales y corresponde prácticamente a arcilla pura (montmorillonita). Si semejante valor posibilita una alimentación como la exigida, la probabilidad de contar con un mecanismo de recarga que tenga su base en el acuífero freático, aumenta considerablemente. Por otra parte, la situación actual de niveles ha demostrado una clara tendencia a la estabilización indicando una situación de equilibrio entre recarga y descarga.

Considerando el pequeño almacenamiento de la zona y la ausencia de recarga por lluvias a partir de Septiembre, debemos aceptar que la constancia y permanencia de los caudales actualmente explotados sólo es posible en la medida que exista una recarga adicional producto de una percolación proveniente desde el acuífero freático. Dicho mecanismo se encontraría en correspondencia con aquellos que regulan la intrusión salina.

Cabe plantear bajo esta hipótesis, la posibilidad de que el acuífero confinado se haya transformado en freático, descendiendo el nivel piezométrico bajo la capa de arcilla en determinadas zonas. Dado que no obstante contar con una densidad aceptable de sondajes en torno a los centros de bombeo, ello sólo permite controlar en forma puntual la situación del nivel piezométrico y, atendiendo al hecho que la capa de arcilla puede presentar perfectamente irregularidades en su base, el fenómeno

meno antedicho debe considerarse como probable. Ello significaría el crecimiento automático de la capacidad de almacenamiento, explicando el sostenimiento de una explotación por sobre las capacidades del acuífero actuando bajo condiciones de confinamiento.

Sin embargo, dicha situación sólo sería válida bajo un bombeo conjunto DDS-ENAP único momento en que los niveles tienen ocasión de descender bajo la capa de arcilla y dejaría sin explicación la mantención de los caudales y niveles en condiciones de un bombeo sólo por parte de la segunda empresa. Es conocido el hecho que ENAP mantiene a lo largo del año una explotación equivalente a 50 lts/seg. de extracción continua. Dicho caudal excede por sí sólo las capacidades del acuífero como ya se ha indicado anteriormente y en ausencia de una recarga tradicional suficiente, la alimentación deberá provenir de la percolación a través del estrato de arcilla.

Pese a que de acuerdo a la presentación anterior la recarga denominada como tradicional y la proveniente de la percolación podrían aparecer como excluyentes o contrapuestas, en rigor no cabe hacer dicha separación. Más aún, la intención que motivó ambas hipótesis tiende a determinar condiciones límites de alimentación que considerada la situación actual han permitido extraer valiosas conclusiones.

Es indudable que una recarga combinada es la que en este momento predomina en Con-Cón, y más bien, el próximo paso deberá tender a determinar y cuantificar la importancia con que incide cada una de ellas. Sin embargo, no es aventurado insinuar que la recarga tradicional es aquella que posee mayor importancia. Se abundará en justificaciones en el capítulo movimiento.

7.2.2 Movimiento:

a) Transmisibilidad: Informes previos emitidos con ocasión de la realización de cada una de las pruebas de bombeo estimaron la transmisibilidad, válida para la zona baja en $1.000 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$. (Tabla Nº 7.2.2.1) Tal valor se ha demostrado relativamente consistente, si consideramos la diversidad de métodos y antecedentes a que se ha recurrido para confirmarlo. Tanto la distorsión introducida por el bombeo discontinuo de ENAP, como el ciclo diario de mareas, afectan formalmente el cálculo de la transmisibilidad expresada. Las diferentes distancias que separan a los sondajes CC sobre las cuales se han hecho las observaciones, de los centros de perturbación (ENAP-DOS, mareas), ocasionan que en cada uno de ellos los efectos relativos sean distintos.

Si consideramos el ciclo diario que envuelve el efecto de mareas, un bombeo suficientemente extendido (días) permite independizarse de la perturbación indicada. No sucede igual con el bombeo discontinuo de ENAP el cual provoca un efecto de barrera en los sondajes cercanos, incrementando los descensos de nivel en los sondajes, lo cual se aprecia claramente en los gráficos depresión v/s tiempo.

Con posterioridad a las pruebas de bombeo realizadas en los sondajes CC 7 y CC8 (Nov. 70), DOS ha puesto en servicio su batería de sondajes (Ene. 71), provocando un nuevo descenso general de los niveles.

Un estudio comparativo de las diversas situaciones basado en el registro del sondaje CC-8 ubicado entre ambos centros de bombeo ENAP-DOS se incluye a continuación.

TABLA N^o.7.2.2.1.

ACUIFERO CONFINADO

VALORES DE TRANSMISIBILIDAD (m³/día/m)

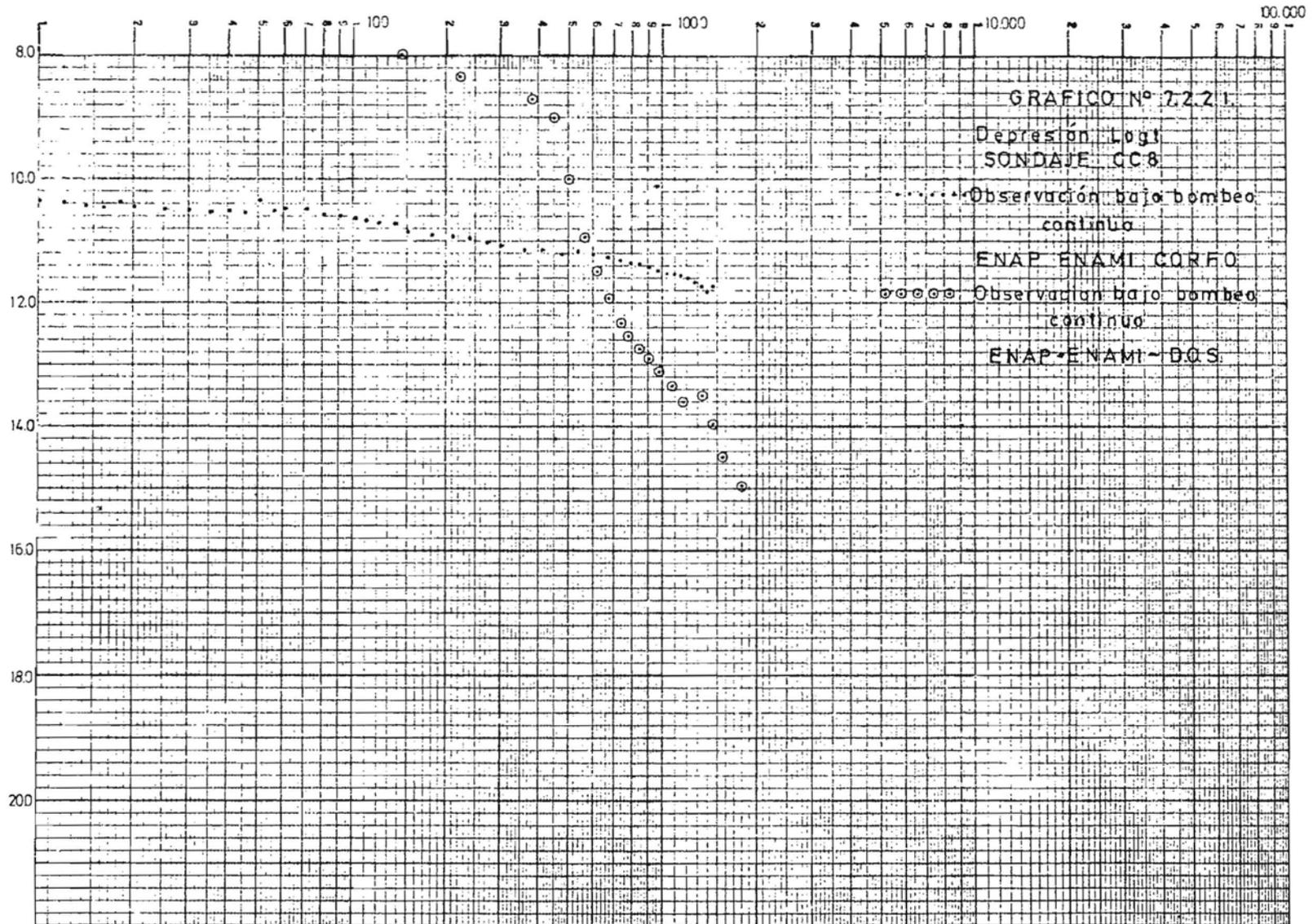
SONDAJE	Metodos de Determinación				T asignada
	Bombeo	JACOB Recuperación	THEIS	G.E.*	
CC 3	350	3170	- - -	500	- - -
CC 7	710	1440	864	1500	1440
CC 8	360	890	370	1000	1000
CC 9	330	790	- -	150	790

* = Las transmisibilidades calculadas suponen una eficiencia de sondaje de 100%.

b) Almacenamiento: Usualmente, el coeficiente de almacenamiento (S) es determinado mediante los análisis de pruebas de bombeo basando dichos análisis en las ecuaciones desarrolladas por Theis para condiciones de desequilibrio. Cuando semejantes métodos no son posibles cabe recurrir a otras formas de cálculo.

En este informe se ha decidido utilizar tales alternativas a fin de proporcionar una mayor consistencia a los resultados obtenidos por métodos tradicionales.

K-E SEMI-LOGAR MIC 359-21
KEUFFEL & ESSE CO. WATFORD, U.S.A.
4 CYCLES A 70 DIVISIONS



Dadas las condiciones especiales que imperan en Con-Cón se han deducido valores que reflejan las posibilidades máximas y mínimas de S . Se entenderá como valor máximo aquel que no considera recarga inducida por percolación ni extensión del cono de depresión bajo el nivel del mar. Bajo tales hipótesis se ha intentado medir el coeficiente de almacenamiento a través del control del volumen extraído, comparado con la situación de descenso de niveles.

Esta simplificación contiene hipótesis adicionales a las ya indicadas, cuya ocurrencia determina la validéz que el cálculo alcance:

1.- Indudablemente debe contarse con una ausencia de recarga ya no sólo por percolación y extensión, sino que adicionalmente, por escurrimiento desde secciones superiores.

2.- El acuífero deberá mantener su condición de confinado.

3.- De los sondajes deberá extraerse un caudal constante.

En tal entendido si consideramos el trazado de un mapa de i sodescensos (Plano Nº 7.2.2.1) que comprende situaciones de niveles a Nov. 70 y Feb. 71, obtenemos:

$$V_{Ti} = V_T = 64.899.000 \text{ m}^3$$

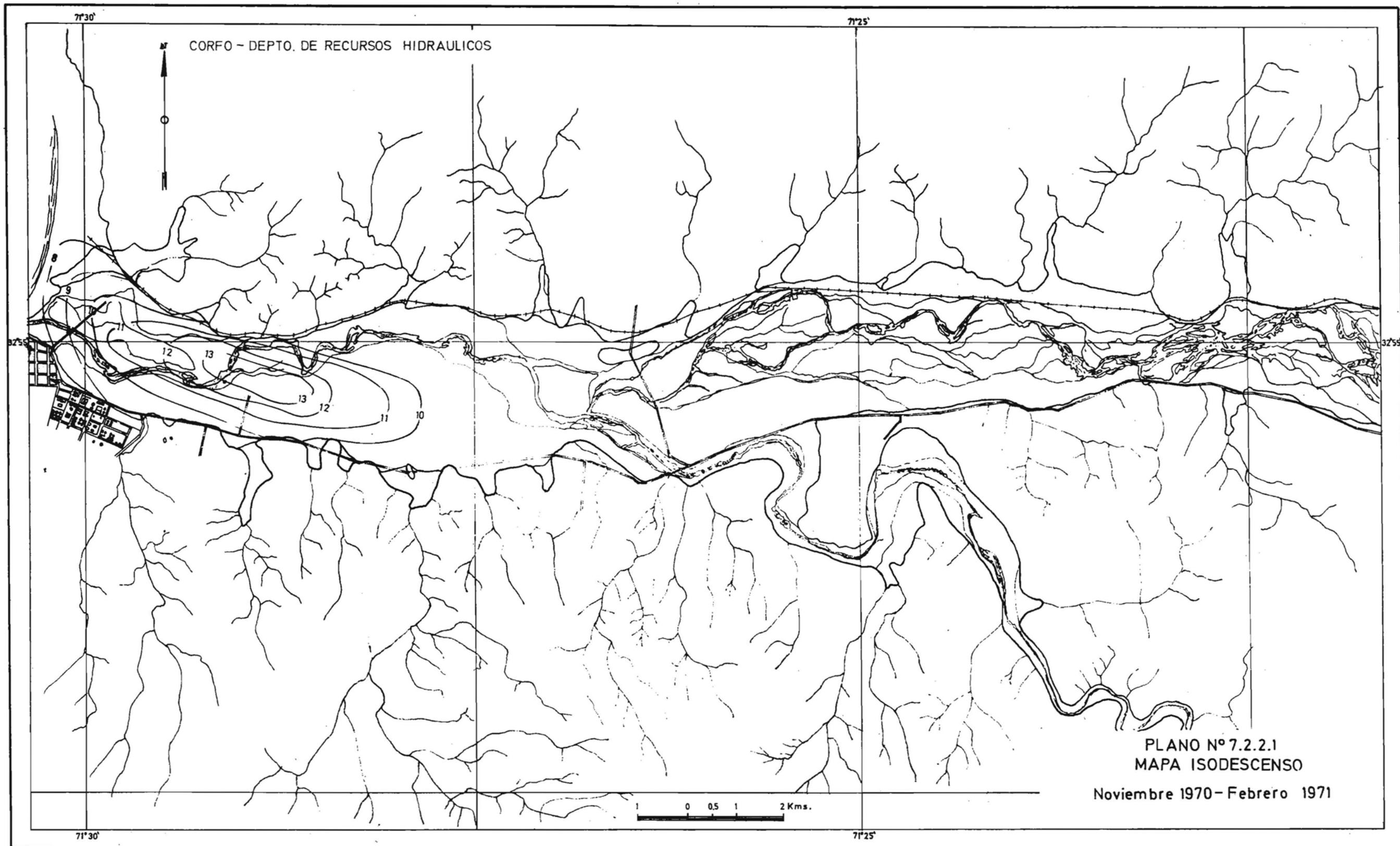
$$\text{Volúmen extraído (Nov-Feb)} = V_{ex} = 550.000 \text{ m}^3$$

$$S \cdot V_T = V_{ex}$$

$$S = \frac{V_{ex}}{V_T}$$

$$S = 8,5 \times 10^{-3}$$

$$S = 10^{-3}$$



Valor que bajo las hipótesis establecidas representará el máximo de S.

Por otra parte, a través de métodos tradicionales se han obtenido los valores indicados en la Tabla N^o 7.2.2.2.

TABLA N^o 7.2.2.2.

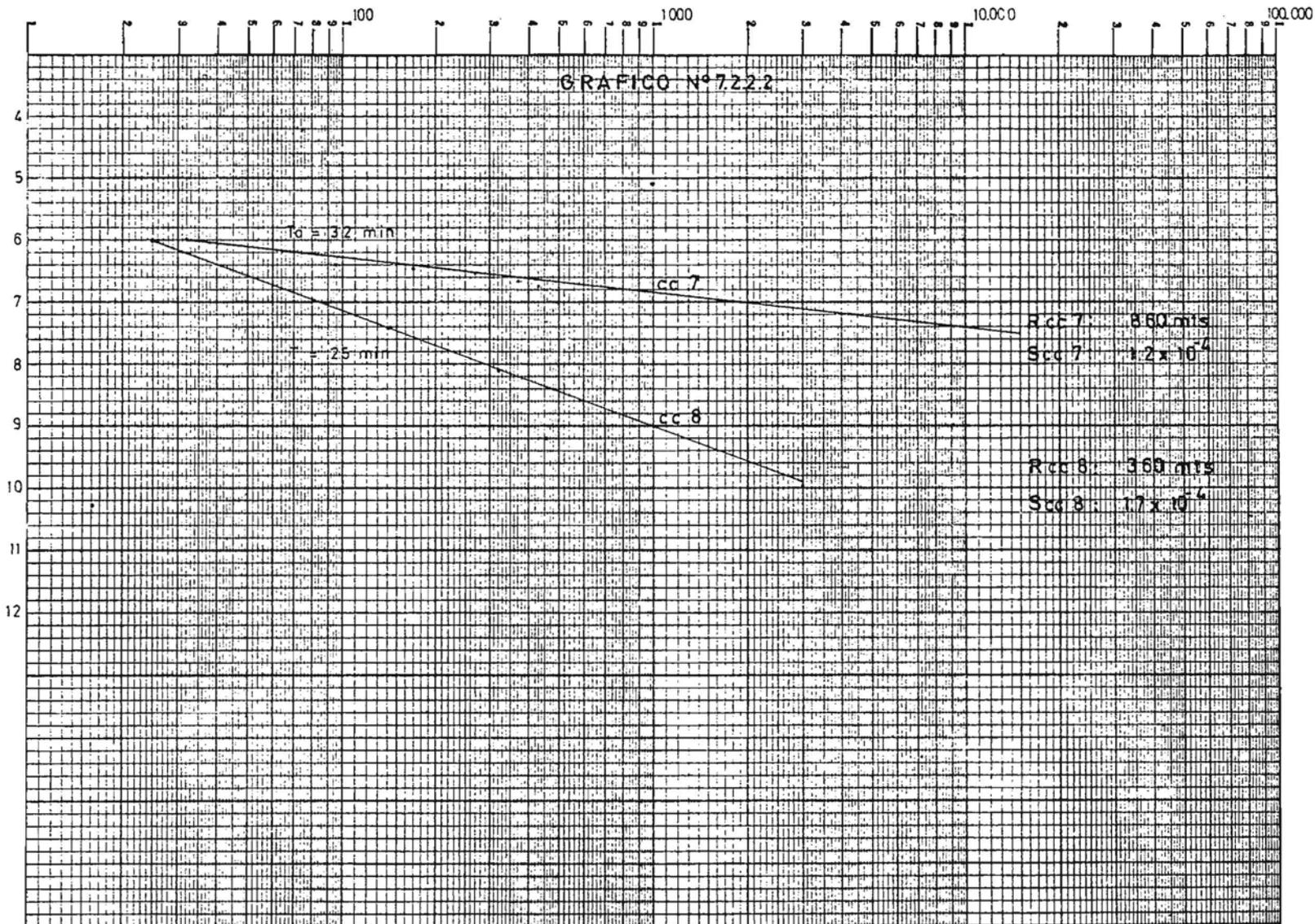
ACUIFERO CONFINADO

<u>SONDAJE</u>	<u>ALMACENAMIENTO</u>
CC 8	$6,3 \times 10^{-5}$
CC 7	2×10^{-5}

Coefficientes que representarían el límite inferior del almacenamiento.

Debe considerarse, sin embargo, que dichos valores han sido obtenidos a través de bombeos de corta duración (24 hrs.), lo que impide una inducción de percolación importante desde el acuífero freático. Ello reside en el significado físico que posee el coeficiente de almacenamiento. Un período reducido de bombeo no permite un desarrollo adecuado de la compactación de los granos y expansión del agua, fenómeno provocado por la disminución de presión hidrostática, retrasando la extensión del cono de depresión, y como consecuencia reduciendo los valores de almacenamiento.

Tales limitaciones han exigido utilizar pruebas de agotamiento más extensas, controlando las variaciones de nivel a través de limnigrafos instalados en pozos de observación (CC 7, CC 8, CC 3). El bombeo continuo mantenido por D.O.S., controlado en la forma antedicha, ha permitido obtener valores de almacenamiento un orden superior ($S = 10^{-4}$) (Gráfico N^o 7.2.2.2).

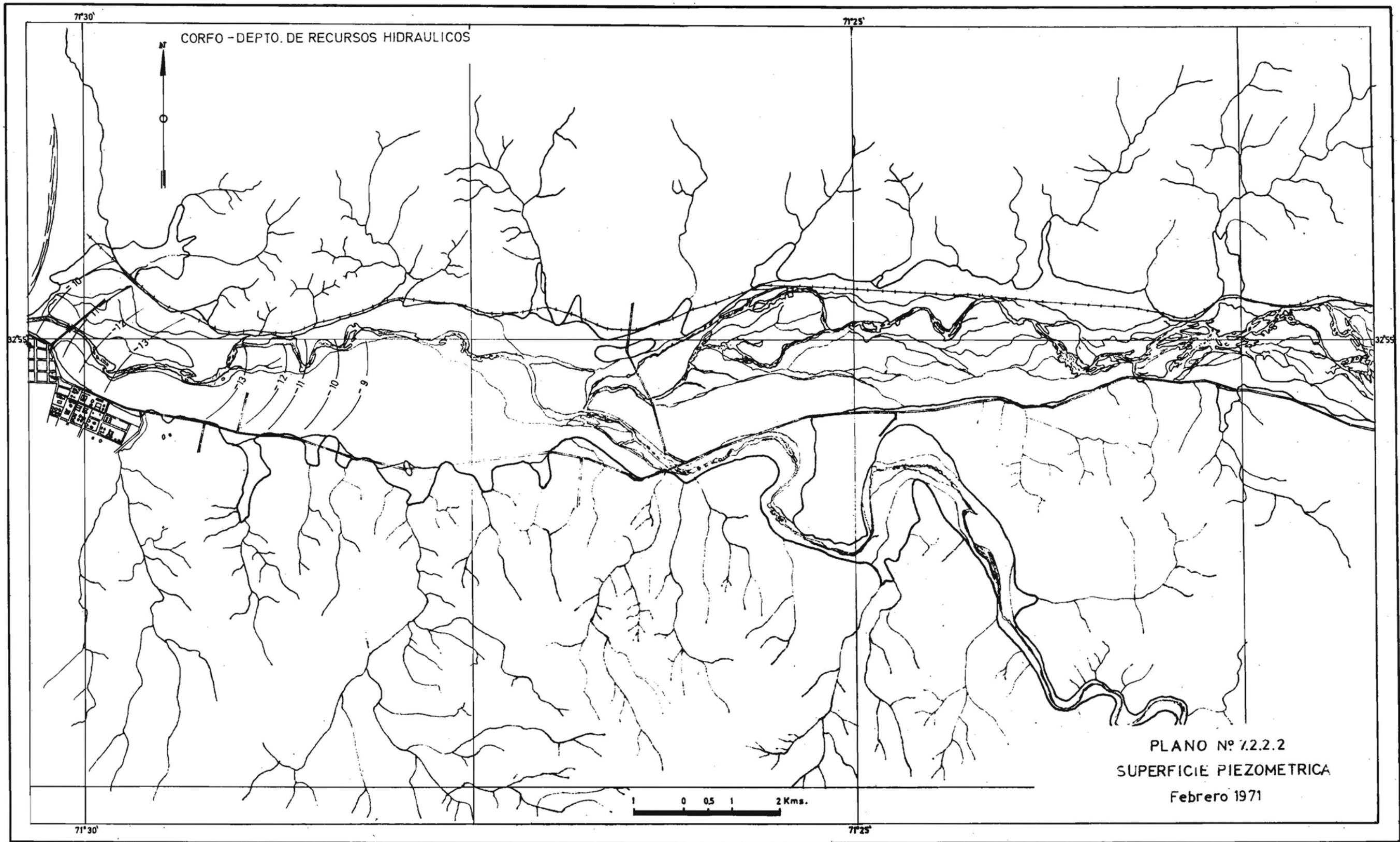


En síntesis si suponemos una independencia de recargas adicionales se alcanzan valores comprendidos entre 10^{-3} y 10^{-5} . Se adoptará como valor representativo del almacenamiento de la zona S = 10^{-4} .

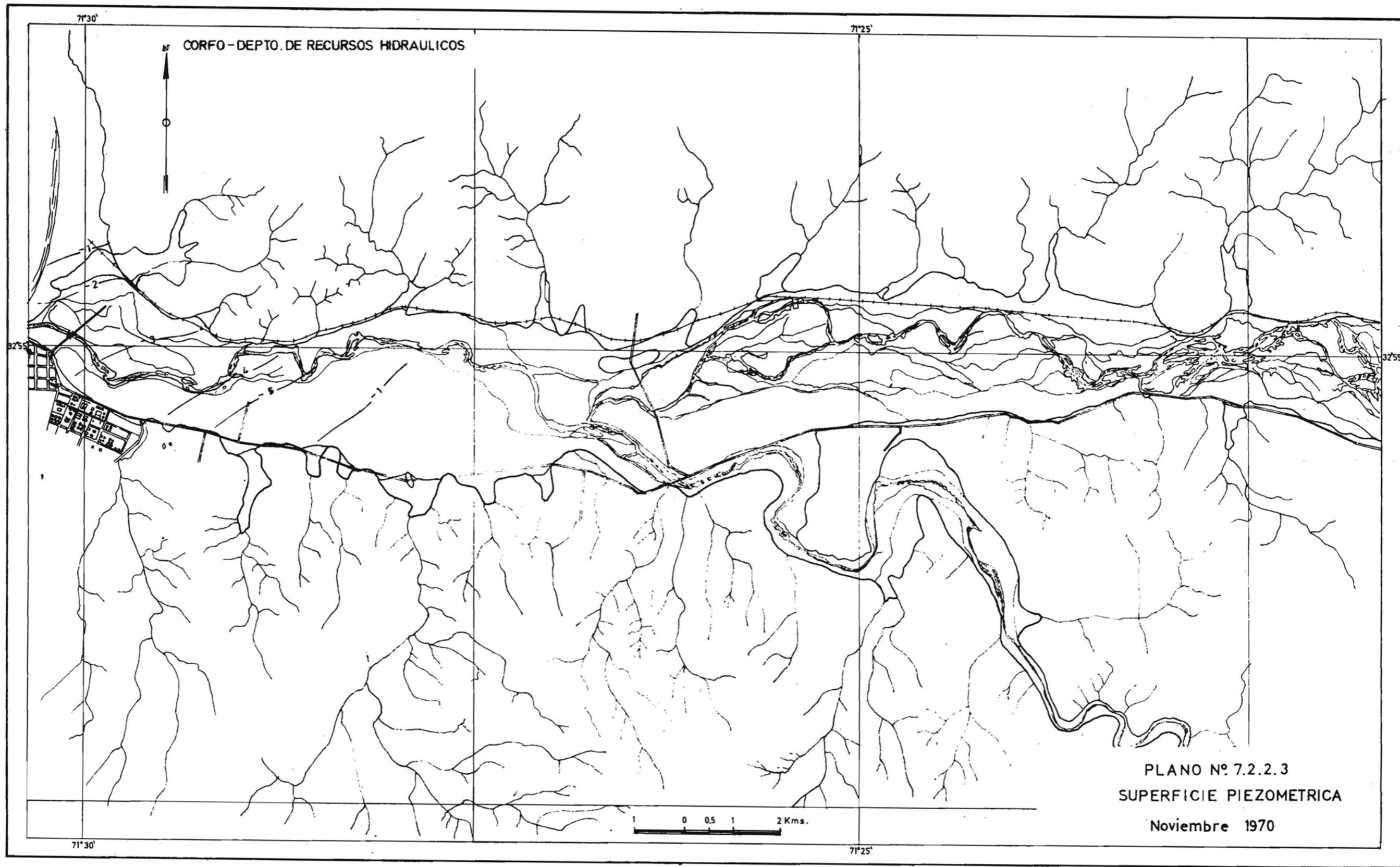
c) Movimiento: Con el objeto de dar una visión de las distorsiones que una sobreexplotación ha provocado en la superficie piezométrica de la zona de Con-Cón, se incluye en este informe un mapa preliminar de dicha superficie. (Plano Nº 7.2.2.2). La densidad de puntos de apoyo no permite presentar un trazado con mayor detalle, más el presente se considera suficiente para el objetivo antedicho.

Si bien es cierto que el momento escogido para trazar el plano, corresponde al de mayor explotación, no debe desatenderse al hecho que el sólo bombeo discontinuo de ENAP, ya mantiene la superficie piezométrica bajo el nivel del mar. El momento actual debe considerarse por lo tanto, más bien como una agudización de una situación preexistente. (Plano Nº 7.2.2.3)

Resalta la inversión que presenta el movimiento del agua subterránea en la zona costera. El movimiento general posee una marcada tendencia ESTE-OESTE hasta las inmediaciones de la planta DOS (Sondajes PAP). A partir del complejo ENAP-DOS el movimiento sufre una inversión que alcanza hasta la línea de la costa. Ambos sectores de movimiento presentan gradientes hidráulicos idénticos (4 %) y si atendemos a la transmisibilidad deducida para la zona ($1.000 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$) obtendremos un caudal pasante por cada una de las equipotenciales (-12) que alcanza a 60 lts/seg. Dichos caudales conforman un caudal total de 120 lts/seg que arriba al centro al centro de bombeo ENAP-DOS. Si consideramos como ya se indicó anteriormente que el caudal continuo bombeado actualmente alcanza a 200 lts/seg, podemos concluir que la recarga proveniente tanto desde la zona Norte como desde Mauco, presenta una importancia mayor que la recarga inferida por percolación desde el acuífero superior, en la zona de bombeo. Ello significa que la ponderación en cuanto a importancia de las distintas recargas podría experimentar variaciones en zonas alejadas de los centros de bombeo.



PLANO Nº 7.2.2.2
SUPERFICIE PIEZOMETRICA
Febrero 1971



PLANO Nº 7.2.2.3
SUPERFICIE PIEZOMETRICA
Noviembre 1970

Si ahora observamos que tal situación se mantiene idéntica al disminuir la explotación (considerando sólo el bombeo de ENAP), la importancia de la recarga tradicional en la zona de bombeo se ratifica.-

Conviene aclarar que entendemos como situación idéntica, el hecho que formalmente se mantengan las mismas condiciones. Es indudable que los gradientes hidráulicos disminuyen, por consiguiente, el caudal pasante es menor, pero la importancia de la recarga anteriormente indicada se mantiene. Las condiciones antedichas permiten a la vez intentar una explicación a la relativa estabilidad que desde febrero a esta parte han observado los niveles de la zona. Una recarga combinada (Flujo Horizontal-Percolación) donde la mayor contribución proviene desde aguas arriba y del sector Norte redundaría en un equilibrio recarga-descarga que mantendría a los niveles en una relativa estabilidad, niveles que si consideramos el escaso almacenamiento acuífero, deberían haber experimentado un descenso aún mayor al ya observado.

7.2.3. Descarga:

a) Descarga Artificial: Concentrada en tres centros de bombeo, constituye tanto en importancia como en magnitud la más significativa del área.

ENAP por la continuidad que presenta su bombeo, se transforma en el principal usuario. La explotación la realiza a través de una batería de sondajes, individualizados como S.D. (Plano N°5.2.3.1), de los cuales no más allá de dos trabajan en forma simultánea. Se estima que el caudal, explotado a través de períodos discontinuos de operación, equivale a 50 lts/seg., extraídos en forma continua.

D.O.S., por otra parte, no obstante explotar sus sondajes individualizados como D.O.S., sólo en caso de no contar con abastecimiento superficial suficiente (meses Enero-Abril), extrae durante ese período, el mayor caudal del área (150 lts/seg. continuos).

Finalmente, ENAMI, a través de sus sondajes a la altura de Colmo, en la ribera norte del río, constituye el tercer usuario de la zona. Los sondajes de dicha empresa se encuentran habilitados en ambos acuíferos, extrayendo en esa forma 40 lts/seg. continuos.

La distribución anual que presenta la explotación provoca que se concentre la mayor explotación durante el período de estiaje, alcanzando el valor máximo a 240 lts/seg. continuos. Tal valor representa el bombeo ininterrumpido realizado por ENAP-D.O.S.-ENAMI. El resto del año ENAP-ENAMI constituyen los usuarios del agua, alcanzando el caudal medio a 90 lts/seg. (Gráficos Nº 7.2.3.1. y 7.2.3.2.)

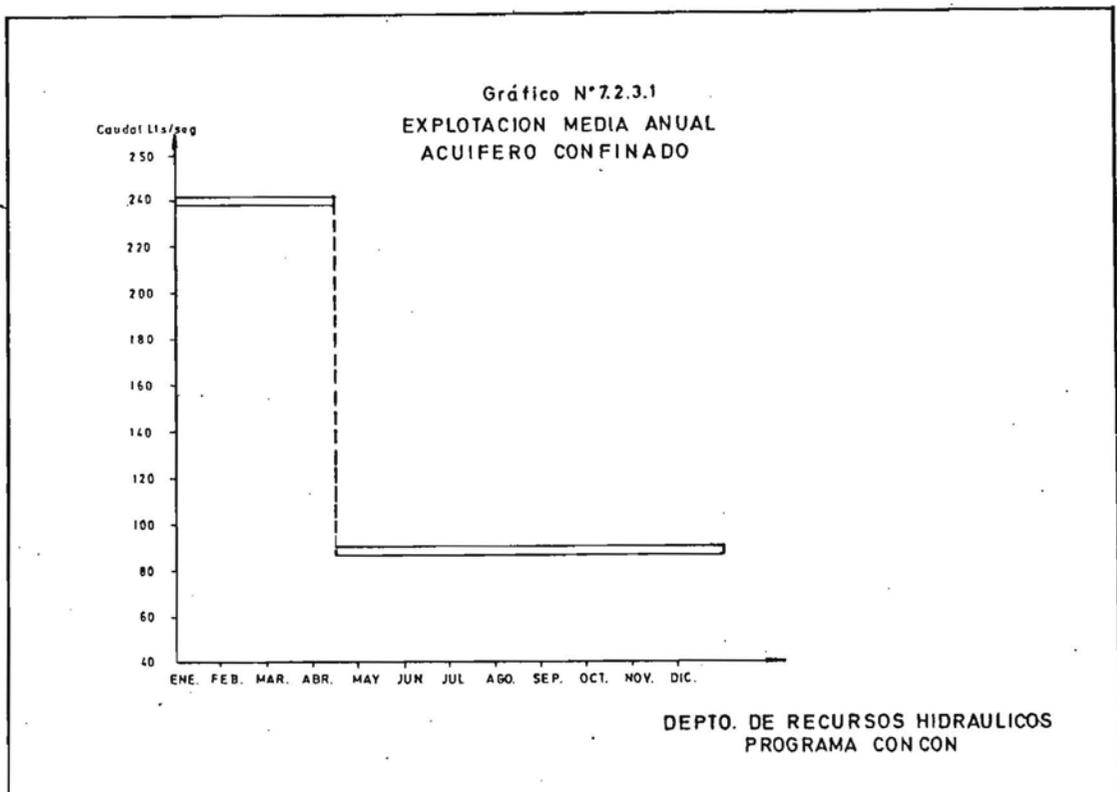
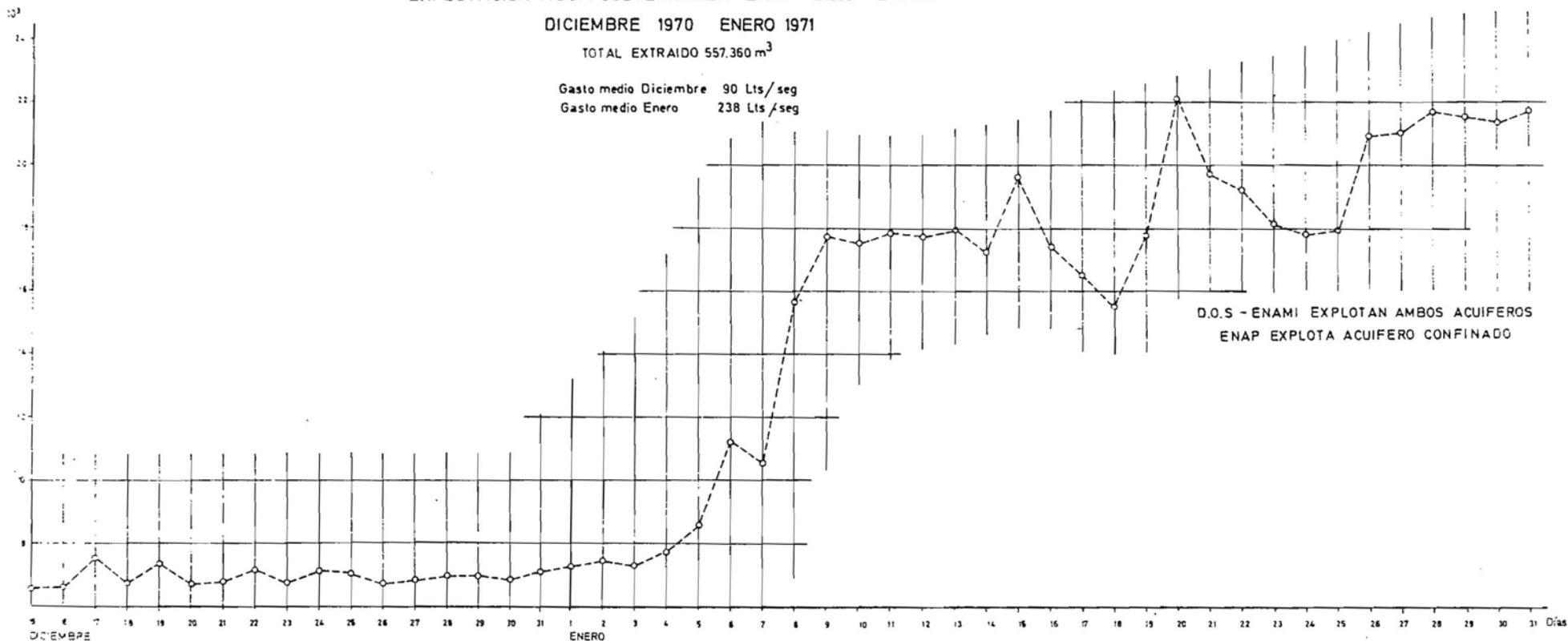


GRAFICO Nº 7.2.3.2
 EXPLOTACION AGUA SUBTERRANEA ENAP - D.O.S - ENAMI

DICIEMBRE 1970 ENERO 1971

TOTAL EXTRAIDO 557.360 m³

Gasto medio Diciembre 90 Lts/seg
 Gasto medio Enero 238 Lts/seg



ACUIFERO CONFINADO

DESCARGA DE AGUA SUBTERRANEA

CUADRO Nº 7.2.3.1.

U S U A R I O	CAUDAL MEDIO (lts/seg.)	P E R I O D O
ENAP	50	Enero - Diciembre
D.O.S.	150	Enero - Abril
ENAMI	40	Enero - Diciembre
ENAP-D.O.S.-ENAMI	240	Enero - Abril
ENAP-ENAMI	90	Mayo - Diciembre

b) Descarga Natural: La descarga natural se encuentra distorsionada producto de la concentración de la artificial en un solo centro (D.OS.-ENAP). Actualmente el acuífero no posee descarga natural al mar.

En el capítulo 7.2.2.c. se ha insinuado la importancia que presenta un drenaje de la zona que se extiende al norte de la desembocaura del río Aconcagua. Ella no sólo gravita por su contribución adicional a la descarga artificial sino que además representa el probable gamino seguido por la intrusión. Pese a que se abundará en forma más detallada en tal fenómeno, conviene señalar en esta oportunidad el escaso incremento detectado en los índices de intrusión tras un año de control. Parcialmente ello puede atribuirse a una concexión mar-acuífero, lejana y poco eficiente. Bajo lejana se entenderá una distancia de kilómetros y que, de acuerdo a la velocidad de escurrimiento estimada (8 cm/día), explica la mantención de los índices en los límites ya indicados.

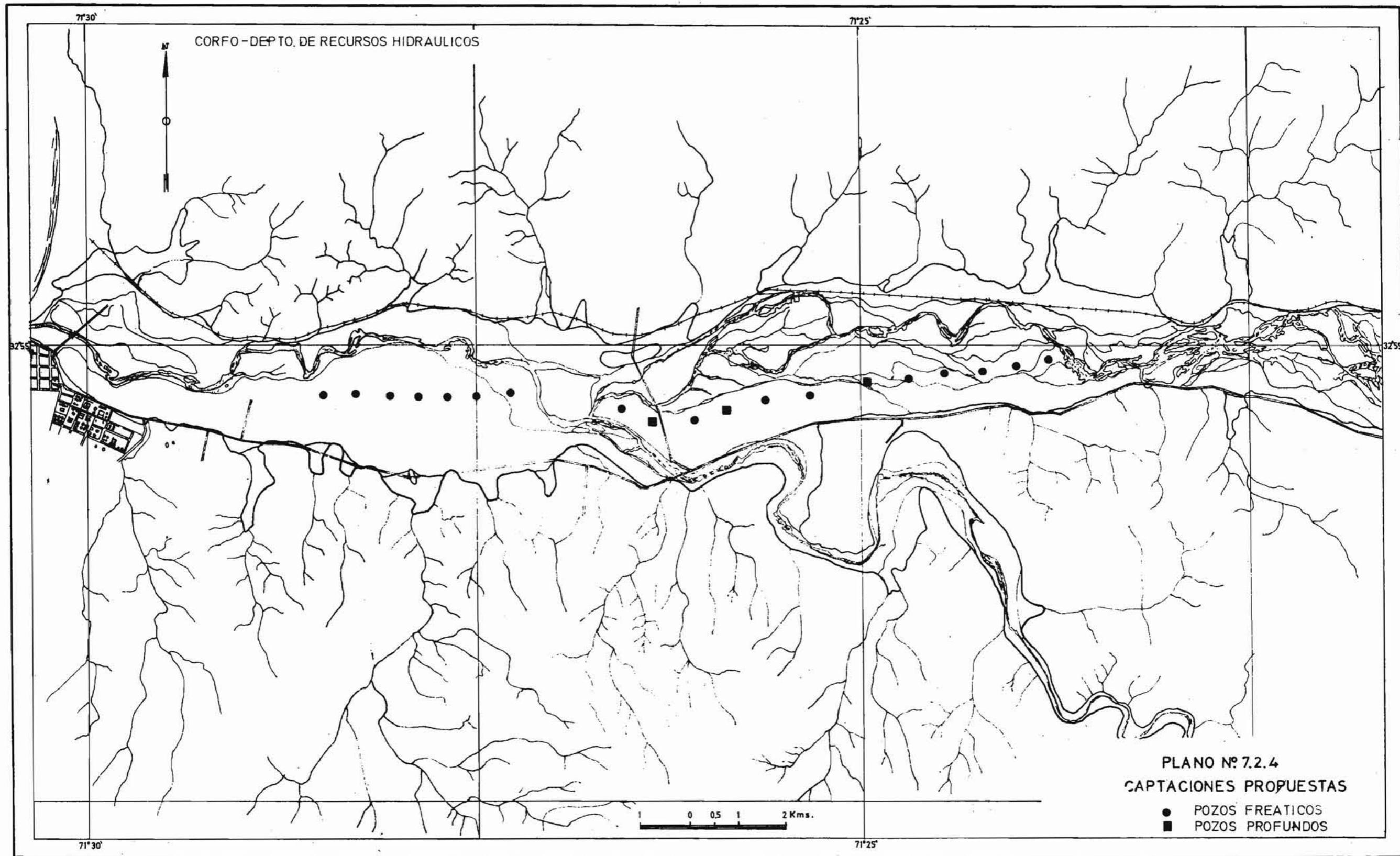
7.2.4. Reservas:

Las características hidrogeológicas que rigen al acuífero confinado llevan a centrar todas las posibilidades de explotación en la magnitud y ocurrencia de la recarga. El bajo almacenamiento demostrado $15.6 \times 10^3 \text{ m}^3$ por cada 10 metros de depresión, no permite contar con un volumen que asegure rangos de explotación que incrementen considerablemente los caudales actualmente extraídos. Las condiciones que en este momento afectan a la superficie piezométrica en la zona baja, fijan límites estrictos en cuanto a centrar nuevas fuentes de abastecimiento en dicha zona. Mientras no se adopten precauciones especiales ante el avance de una incipiente intrusión salina, no es aconsejable intentar uevas perforaciones, sino sólo aguas arriba del puente Colmo. Dicho límiu

te se considera seguro y no se provocarían influencias en la superficie piezométrica, que favorecieran un avance más acelerado de la contaminación. Si atendemos a la permanencia de las constantes elásticas deducidas para la zona costera, es posible inducir un caudal cercano a 150 lts/seg. proveniente de aguas arriba.

Se recomienda intentar tres sondajes distribuidos según lo indica el plano N^o 7.2.4 cuyos rendimientos se estiman en promedio de 40-60 lts/seg. cada uno, con perforaciones que alcancen a 80 mts. y niveles dinámicos de 25-30 mts.. En todo caso, se deberá ser cuidadoso en mantener un control asiduo de los sondajes de la zona baja una vez puestas en servicio las captaciones propuestas.

La distancia mínima entre ellos se recomienda no sea inferior a 200 mts..



7.3. Acuífero Freático:

7.3.1. Recarga:

La alimentación del acuífero se encuentra ligada fundamentalmente al río y las precipitaciones. La escasa área de cultivo, no permite asignar al regadío un papel de importancia entre los factores de recarga. La reducida explotación a que se encuentra sometido el acuífero provoca que la inducción de recarga en las zonas favorables no alcance en estos momentos los valores potenciales, estimados por efecto de precipitaciones y regadío, en un promedio anual de 80 lts/seg.. Dicha situación determina que actualmente sean las precipitaciones quienes proporcionan la mayor recarga. Un nivel estático relativamente cercano a la superficie (3 mts.) favorece este proceso.

La conexión río-acuífero provoca que el primero además de constituir un elemento de recarga se transforme a la vez en determinados sectores en un factor de descarga del acuífero. Paralelamente las condiciones de efluencia-influencia del río experimentan variaciones tanto espaciales como temporales.

7.3.2. Movimiento:

a) Transmisibilidad y Almacenamiento: Estimaciones de transmisibilidad en base a la calidad de los materiales que componen el acuífero y al gasto específico (G.E.) que proporcionan los sondeos de ENAP en Lajarillas, permiten asignar valores de $1.000 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$. a la zona baja. La permanencia de las características aguas arriba de Lajarillas suponen un valor constante hasta Mauco.

En cuanto al almacenamiento si atendemos a la condición freática del acuífero, ante la inexistencia de determinaciones a través de métodos tradicionales, puede considerarse válido un valor de 20%.

b) Movimiento: El movimiento evidencia la conexión existente y ya indicada entre el acuífero y el río (Plano Nº7.3.2). Los gradientes hidráulicos se demuestran elevados (1%) lo que, añadido a la buena permeabilidad, indica caudales pasantes de cierta magnitud.

7.3.3. Descarga:

La descarga artificial a que se somete en la actualidad el acuífero reviste escasa importancia. ENAP y ENAMI constituyen los únicos usuarios, extrayendo la primera empresa 78 lts/seg. en forma discontinua mediante la operación de dos sondajes ubicados frente a la Qda. Lajarillas (PAC 25 y PAC 23). En cuanto a ENAMI ya se ha indicado anteriormente el caudal y régimen de operación de sus sondajes Colmo.

El efecto que semejante explotación provoca sobre la mesa freática es mínimo y no existen indicios de interferencias ni inversiones de movimiento.

La descarga natural se encuentra regulada tanto por la explotación como por el río y la evapotranspiración de freatófitas.

7.3.4. Reservas:

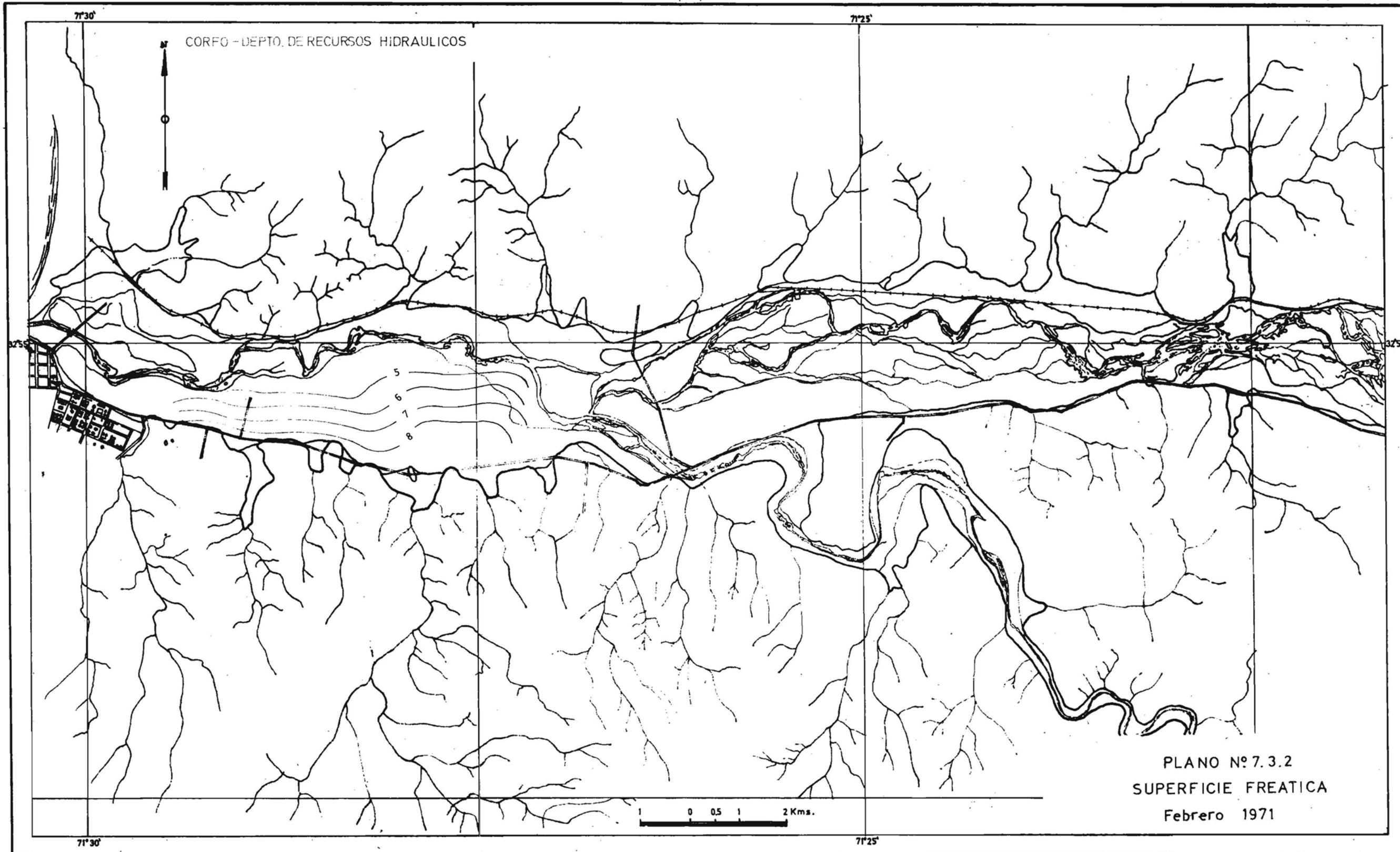
Las características anteriormente indicadas hacen atractiva la decisión de centrar el grueso de nuevas explotaciones principalmente en el acuífero freático.

En ausencia de recarga su capacidad de almacenamiento permitiría concentrar una explotación ajustada a las siguientes características:

Area : 13.000 x 1200 m².

Area : 15.6 x 10⁶ m².

Depresión generalizada: 5 mts.



CORFO - DEPTO. DE RECURSOS HIDRAULICOS

PLANO Nº 7.3.2
SUPERFICIE FREATICA
Febrero 1971

0 0.5 1 2 Kms.

Volumen explotable : $15.6 \times 5 \times 10^6 \times 20\%$

Volumen explotable : $156 \times 10^5 \text{ m}^3$

Semejante volúmen permite bajo las condiciones de recarga indicadas, la extracción continua de 500 l/s. durante un año.

El caudal indicado se considera como una explotación de seguridad que no provocaría descensos excesivos en la mesa freática, permitiendo activar las condiciones de recarga actuales.

Un diseño de la extracción propuesta lleva a recomendar captaciones a lo largo del valle (paralelas al río) en sentido longitudinal. Las expectativas individuales de cada sondaje pueden centrarse en torno a 30 l/s. con niveles dinámicos de 6 a 8 mts. para profundidades de perforación que comprometan todo el espesor del acuífero (inferiores a 20 mts).

De decidirse una explotación intensiva del acuífero, se aconseja proceder paulatinamente, no sobrepasando en una primera etapa el caudal de 500 l/s. con una distribución de captaciones como la ya indicada. Sólo la observación periódica durante 2 años de los efectos que esta explotación provoque, decidirá los incrementos que en ella puedan realizarse.

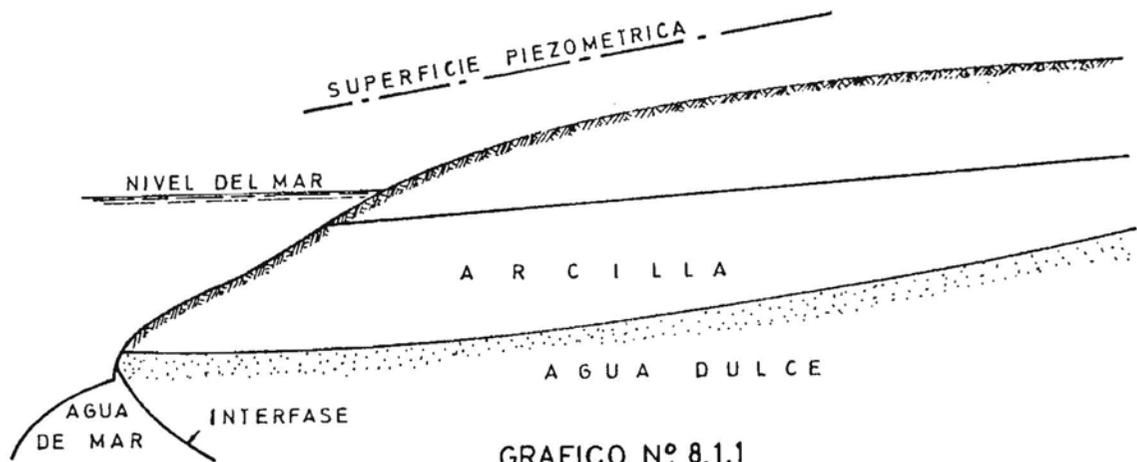
Cabe aun la posibilidad, si se requiere un mayor caudal, de realizar, a costo razonable, recarga artificial con los sobrantes del río en invierno y primavera.

Finalmente, el número de sondajes requerido para la explotación sugerida es de 16, distribuyéndose a partir del centro de la captación de D.O.S. (2.5 Kms. aguas arriba de la desembocadura) a una distancia de 300 mts. entre sí. (Plano Nº 7.2.4).

8.- Relación hidrogeológica entre los acuíferos y el mar:

8.1. Interfase:

Bajo interfase se entiende la superficie de contacto entre dos fluidos de diferentes densidades, cuya forma y movimiento se encuentran regidos por el balance hidrodinámico entre agua dulce y de mar (Gráfico Nº 8.1.1.)



Básicamente, la condición de equilibrio entre agua dulce y de mar exige la existencia de una superficie freática o piezométrica, por sobre el nivel del mar cuyo gradiente se encuentre dirigido al océano. Rotas semejantes condiciones, la intrusión penetrará en el acuífero. Si atendemos a la situación que afecta y ha afectado al nivel piezométrico en Concón las condiciones antes descritas han dejado de existir y sería lógico esperar, por lo tanto, un rápido avance de la contaminación. Los Planos Nºs 7.2.2.2 muestran situaciones extremas de la superficie piezométrica que reflejan condiciones también extremas de explotación.

En ambas situaciones la superficie se encuentra bajo el nivel del mar, detectándose a la vez una inversión del gradiente.

Dado que el Cl^- es el ión predominante en el agua de mar y el cual normalmente se presenta en bajas concentraciones en el agua subterránea de esta zona y a que por otra parte, los bicarbonatos constituyen normalmente el ión más abundante en el agua subterránea y el que en menores concentraciones se encuentra en el agua de mar, se utiliza la razón $\frac{\text{Cl}}{\text{HCO}_3 + \text{CO}_3}$ como el indicador tradicional más efectivo de intrusión.

Sin embargo dicho indicador posee más bien un carácter relativo y no absoluto. Solo la constatación de un continuo incremento a lo largo del tiempo podrá sindicarse como demostración clara de una contaminación.

Es evidente que la utilización de semejante indicador requiere de una periodicidad algo mayor que la lograda en Concón y de una historia de la calidad química previa a la situación actual. Hoy, más bien cabe comparar los valores obtenidos por la razón antedicha, con patrones de cuestionable validez pero que al menos permiten definir la base para hipotéticos incrementos futuros. Bajo tales restricciones los valores obtenidos en Concón deben considerarse en el límite, señalando la existencia de condiciones potencialmente favorables para el desarrollo de una contaminación irreversible.

Si bajo las políticas a las que se ajusta actualmente la explotación del acuífero confinado, no se ha desarrollado con mayor celeridad un proceso de intrusión ello debe atribuirse en principio a la existencia de una conexión mar-acuífero lejana a los centros de bombeo (kilómetros) acompañada de una pobre eficiencia. Dicha situación provocará un retardo en el desarrollo del proceso de intrusión, aminorando los índices y manteniendo la calidad del agua en los límites especificados anteriormente.

Paralelamente si se analiza teóricamente la forma y movimiento que la interfase adoptaría bajo las condiciones objeti-

vas existentes en Concón, se concluye considerando a los sondajes utilizados para control como penetrantes sólo parcialmente en el acuífero y por lo tanto incapaces de alcanzar la interfase.

Es probable que en dicha limitación radique fundamentalmente el escaso aumento de los índices de contaminación y que ella se encuentre en un grado de avance no presupuestado.

8.2. Riesgos de intrusión.-

Se han deducido en el acápite anterior las condiciones que eventualmente regirían o estarían rigiendo un proceso de intrusión en ausencia de un acuífero freático. A decir verdad las características y manejo que sufre este acuífero torna indudablemente aún más complejo el proceso en estudio.

La zona costera del acuífero freático, acotada hasta las inmediaciones de bocatoma ENAP, ve afectada la calidad química de su agua por el manejo del río que debe realizar ante situaciones de desabastecimiento la Empresa Nacional de Petróleo. Dicha operación consiste en la apertura y cierre de una barra situada en la desembocadura que procura embalsar las altas mareas provocando la contaminación salina hasta la zona de captación (Bocatoma ENAP). La conexión directa con el río que demuestra el acuífero freático junto a su buena permeabilidad, traen como consecuencia su inmediata intrusión.

Si ahora atendemos a la percolación que proveniente del acuífero freático alimenta al acuífero profundo la contaminación que este sufre se torna evidente. Es obvio, que el monto de dicho proceso no permite alcanzar concentraciones elevadas, pero si conduce a condiciones de acumulación que sumadas a las de intrusión tradicional podrían conformar con el tiempo una situación extremadamente crítica y lo que es aún peor, irreversible. Si se observan las condiciones que se reúnen en el tiempo de es-

tiaje, ellas no pueden ser más desfavorables a la mantención de una calidad en el agua subterránea del área costera indemne a un fenómeno de contaminación.

Las exigencias de alimentación llevan a D.O.S. a colocar en servicio su batería de sondajes con el consecuente considerable descenso de la superficie piezométrica, activando a la vez ENAP el manejo de su barra.

Resalta de inmediato en los gráficos N^{os}. 8.1.2. el desmesurado aumento que muestran los cloruros durante este período.

La rápida respuesta detectada, incompatible con un fenómeno de percolación en condiciones normales, sólo puede ser atribuída al incremento que experimenta el gradiente hidráulico, producto del descenso de la superficie piezométrica. Paralelamente este descenso extrema las condiciones para el desarrollo de una intrusión tradicional, aumentando la inversión del gradiente y mejorando la eficiencia de la conexión mar-acuífero. La rápida disminución de los cloruros una vez sobrepasado el período de estiaje contribuye a confirmar como fuente de contaminación, al acuífero freático. Presumir que el acuífero profundo ha visto alterada su calidad química sólo por un breve período supone desconocer la activación que ha sufrido la conexión acuífero-mar.

Es indudable que la lejanía determinará el retardo que sufrirá el efecto y que sólo gracias a un control continuo durante un lapso prolongado será posible detectar incrementos en la relación base de cloruros.

No debe olvidarse sin embargo, que es alta la probabilidad que los sondajes no comprometan la lengüeta de intrusión y por lo tanto la real contaminación no se determinado en este momento.

Las variaciones que experimenta la superficie piezométrica en su posición relativa con respecto al nivel del mar,

atenuarán en cierta forma la velocidad del proceso reduciendo el volumen de agua de mar intruída, pero en ningún caso podrá variar la irreversibilidad que caracteriza al fenómeno.

8.3. Determinación de la intrusión salina.

Los riesgos de intrusión que la política actual de explotación del agua subterránea supone, obligan a diseñar un control efectivo y confiable a fin de detectar a tiempo situaciones irreversibles.

Ello solo puede lograrse a través de un estricto programa de muestreo, procurando desarrollar un indicador que se ajuste los antecedentes y particularidades hidrogeológicas de Concón.

Se considera que la concentración de clóruros reúne las exigencias requeridas. Fundamentalmente deberá centrarse el control sobre el nivel base de cloruros. Bajo dicho nivel se entenderá la tendencia subyacente a los máximos existentes en los gráficos N° 8.1.2.

Cualquier incremento a largo, mediano o corto plazo que logre detectarse en el nivel base, obligará a disponer de inmediato medidas de precaución. Paralelamente y con fines similares puede intentarse como indicador la relación $Cl/HCO_3 + CO_3$.

La mantención de un registro actualizado sobre tiempos y volúmenes de explotación, permitirá correlaciones con los trazadores anteriores asegurando la exacta determinación de las importancias temporales o permanentes de los distintos caminos que la intrusión demuestra en Concón.

Evidentemente el control deberá extenderse al acuífero freático y se considera una frecuencia de dos meses como la adecuada.

8.4. La intrusión frente a las explotaciones actuales y futuras.-

La situación crítica que actualmente enfrenta tanto D.O.S. como ENAP en su abastecimiento, desechan cualquier variación que pudiera recomendarse en el caudal explotado. Frente a ello y frente

a los riesgos que representan las potenciales condiciones de intrusión solo cabe mantener un estricto control sobre la calidad química del agua subterránea que se extraiga. Ya se ha esbozado una política de muestreo que permita periódicamente estar informado sobre el posible avance que experimente la intrusión. Debe insistirse en el carácter irreversible que posee dicho proceso desprendiéndose de ello la necesidad de aunar y mantener los esfuerzos que actualmente se realizan.

Ahora bien si eventualmente el avance de una intrusión demostrara imprescindible reducir o incluso abandonar la explotación que actualmente se centra en el acuífero confinado, debe considerarse como una alternativa factible y segura la explotación del acuífero freático. Pese a que actualmente las características de dicho acuífero se conocen con cierta aproximación, es necesario profundizar dicho conocimiento a través de una investigación más exhaustiva.

Evidentemente los sondajes que se programaran deberían encontrarse fuera del alcance de la zona contaminada por el manejo de la barra. Actualmente dicho límite puede situarse inmediatamente aguas arriba de las instalaciones de bocatoma ENAP.

Resulta obvio de lo anterior la inconveniencia de permitir cualquier nueva explotación centrada en el acuífero confinado que se ubique en la zona baja. La suerte que corra la explotación en semejante zona se encuentra directamente ligada al avance que demuestre la intrusión. Sin embargo ello no descarta como fuente de abastecimiento a dicho acuífero, sino que solamente desplaza la ubicación de nuevos sondajes a lugares que no inciden en descensos aún mayores de la superficie piezométrica. Se considera adecuado a dichos fines el sector limitado aguas abajo por puente Colmo y por la angostura Mauco aguas arriba.

B I B L I O G R A F I A

- CORVALAN, José y ALVAREZ, Leonardo. 1966 -"Geomorfología de Valparaíso y Regiones Adyacentes", Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago, Chile.
- THOMAS, Herbert. 1958.- "Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de la Ligua y la Cuesta de Barriga", Boletín Nº 2, Instituto de Investigaciones Geológicas, Santiago, Chile.
- CAMPILLO, Raúl. 1969 - "Hidrogeología del Area de Concón", Depto. Recursos Hidráulicos, CORFO. Informe preliminar, inédito.

A N E X O S
= = = = =

- I PRUEBAS DE BOMBEO
- II ESTRATIGRAFÍA DE SONDAJES
- III ANALISIS QUIMICOS

A N E X O I
= = = = = =

INFORME PRUEBA DE BOMBEO COH. Nº. 953.
(CONCON 8).

El sondaje, ubicado en los terrenos de la planta D. O.S. de Concón (Camino Concón-San Pedro), alcanzó una profundidad de 49 mts., habilitándose con cañería de 10" ranurada sólo en el acuífero profundo entre los 42,50 mts. y los 47,50 mts. Cinco metros al Este de él, se perforó un sondaje de observación del acuífero freático a fin de comprobar, durante la prueba, si la independencia entre ambas napas era exitosa.

Previo a la realización de la prueba definitiva, se mantuvo durante dos días completos un control de niveles generalizado a los sondajes cercanos (CC-7, CC-8, CC-3, SD-1 y SD-3). Tal control que contemplaba mediciones con intervalos de 15 min., permitió comprobar fuertes influencias producto del bombeo intermitente del sondaje SD-2, de ENAP en los pozos bajo control. A la vez, este control prolongado ha permitido detectar en forma cierta la influencia que ejerce el ciclo diario de mareas sobre los sondajes bajo observación. Ambas influencias evidentemente afectan de manera diferente a los sondajes de acuerdo a la distancia que los separe de las fuentes.

Ante la imposibilidad que ENAP detuviera su bombeo durante un lapso no menor a 48 hrs., se solicitó a dicha empresa mantuviera un bombeo continuo durante la realización de la prueba. Es por ello que las depresiones controladas en el sondaje CC-8 deben considerarse mayores a las que éste presentaría en caso de no existir influencia. Por otro lado, debe pensarse que una supuesta explotación del sondaje se enfrentaría a la situación real de un bombeo intermitente por parte de ENAP, por lo cual la prueba realizada puede considerarse como el caso más desfavorable bajo las condiciones actuales a los que estaría sometido el sondaje en referencia.

Por limitaciones en el equipo de bombeo, el pozo sólo fue bombeado con un caudal constante de 20 lt/seg. El N.E. inicial se encontraba a 7.67 mts. Conviene hacer notar que dicho nivel indica estar bajo el nivel del mar, de acuerdo a la cota aproximada del

sondaje (4.34). Se consideraron como pozos de observación los sonda-
dajes: CC- 7, CC- 3, SD-1 y SD-3.

Conclusiones:

Los cálculos de transmisibilidad han entregado los siguientes valores para el pozo de bombeo:

Jacob : 360 m³/día/m.
G.E. : 1.000 m³/día/m/
Recuperación: 890 m³/día/m.

Se estima que la zona acuífera profunda presente en Concón, de acuerdo a los reconocimientos geológicos, alcanzaría una potencia aproximada a los 250 mts. Según ello, el sondaje debe considerarse como de penetración parcial. Sin embargo, si consideramos la distancia a que se encuentran los pozos de observación, especialmente CC- 7 y CC- 3, las limitaciones de esta penetración se eliminan. Debe destacarse, previo el cálculo de transmisibilidades mediante los pozos de observación, la posibilidad que el acuífero profundo no alcance ni la potencia ni la heterogeneidad supuesta y más bien se trate de un acuífero relativamente homogéneo y de pequeño espesor importante. Esto se ajustaría al hecho comprobado de una rápida y casi instantánea transmisión de efectos a distancias relativamente lejanas como se demuestra en los gráficos de los sondajes de observación.

Transmisibilidades según pozos de observación:

Método	Distancia al sondaje bombeado (m).			Transmisibilidad (m ³ /día/m)			Almacenamiento
	CC-7	SD-3	SD-1	CC-7	SD-3	SD-1	
JACOB	1.200	200	300	470	350	350	
THEIS				370	-	-	2x10 ⁻⁵
s-Log r					135		

Todos los valores de transmisibilidad presentados deben considerarse como tentativos, ante la influencia que ejercen tanto las mareas como el bombeo continuado de ENAP. El bombeo de ENAP provoca un incremento en la pendiente de la recta s-log t, desconociéndose la magnitud del efecto de marea. Sin embargo, dado el

ciclo diario que presenta, provocaría un efecto oscilante. Considerando que en este momento no se posee un control de niveles de los pozos que no se encuentre afectado por el bombeo de ENAP, es imposible corregir las curvas trazadas independizándolas del efecto de marea. Proximamente se espera contar con un control como el indicado.

El cálculo de transmisibilidades a través de JACOB, puede considerarse como el menos afectado por el ciclo de mareas, dado que se ha abarcado un período completo de ellas, lo que anularía en cierta proporción su efecto distorsionador. Sin embargo, la distorsión provocada por el bombeo continuo de ENAP permanece y se traduce, como ya se indicó, en un incremento en la pendiente de la recta deducida.

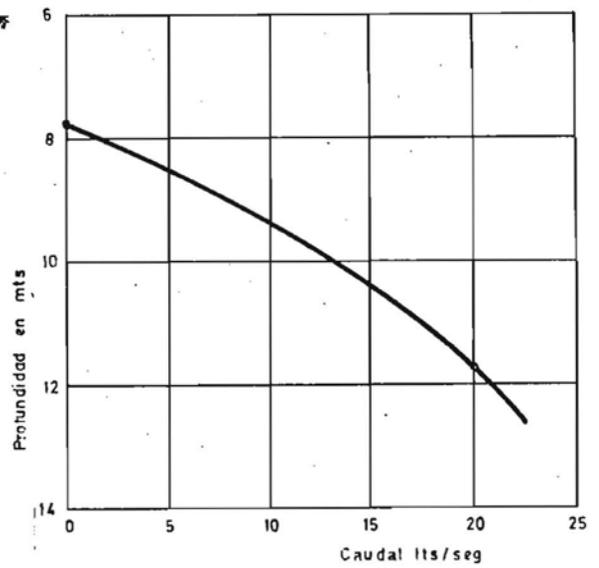
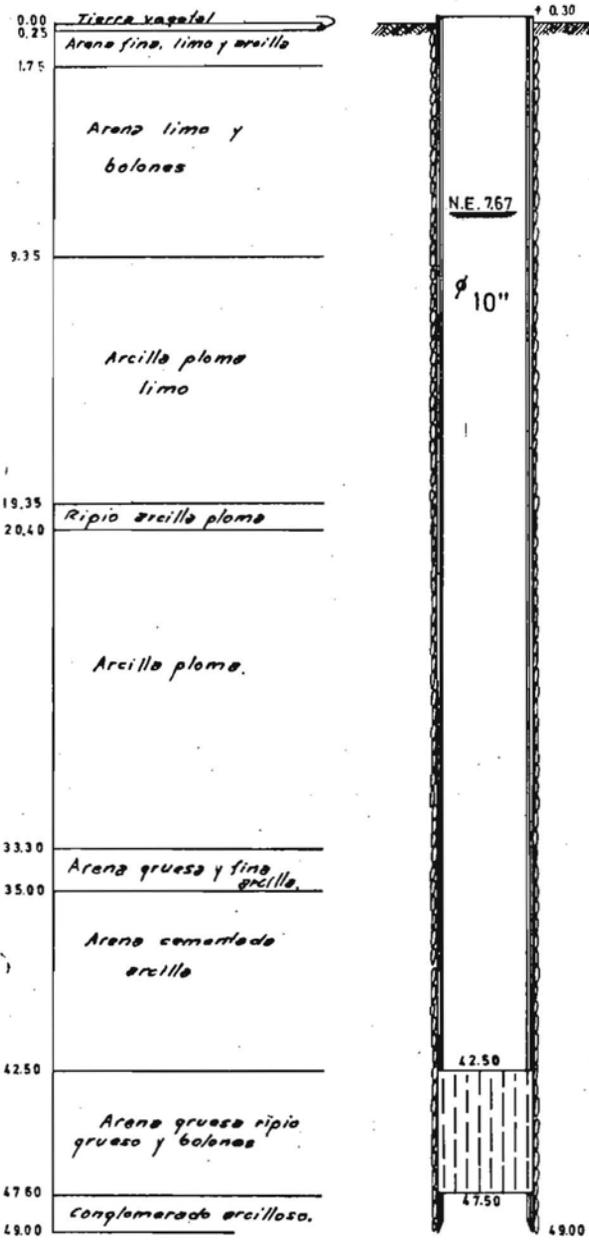
El cálculo mediante el gráfico s-log r debe considerarse como el menos confiable dada las influencias relativas que ejercen mareas y bombeo de ENAP según la distancia.

Todos los antecedentes expresados anteriormente permiten explicar las divergencias existentes entre los diferentes métodos de cálculo de transmisibilidades.

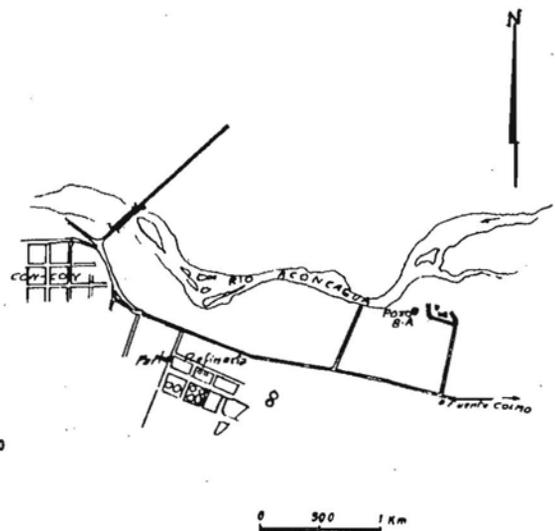
El sondaje puede explotarse en forma segura bajo las condiciones actuales con un caudal de 20 lts/s. y un nivel deprimido de 11.70, tras una semana de bombeo continuo.

Finalmente, se ha intentado medir el grado de eficiencia del sondaje CC-8 mediante el rango de coeficientes establecido por WALTON. Según ello, el coeficiente B que representa las pérdidas de carga producto del régimen turbulento, alcanza a un valor de $7,2 \times 10^{-7}$ día²/m⁵ que, según el autor, indicaría una eficiencia equivalente a un 67%.

CON-CON



NOTA - La curva se encuentra afectada por influencias de marea y bombeo de ENAP.



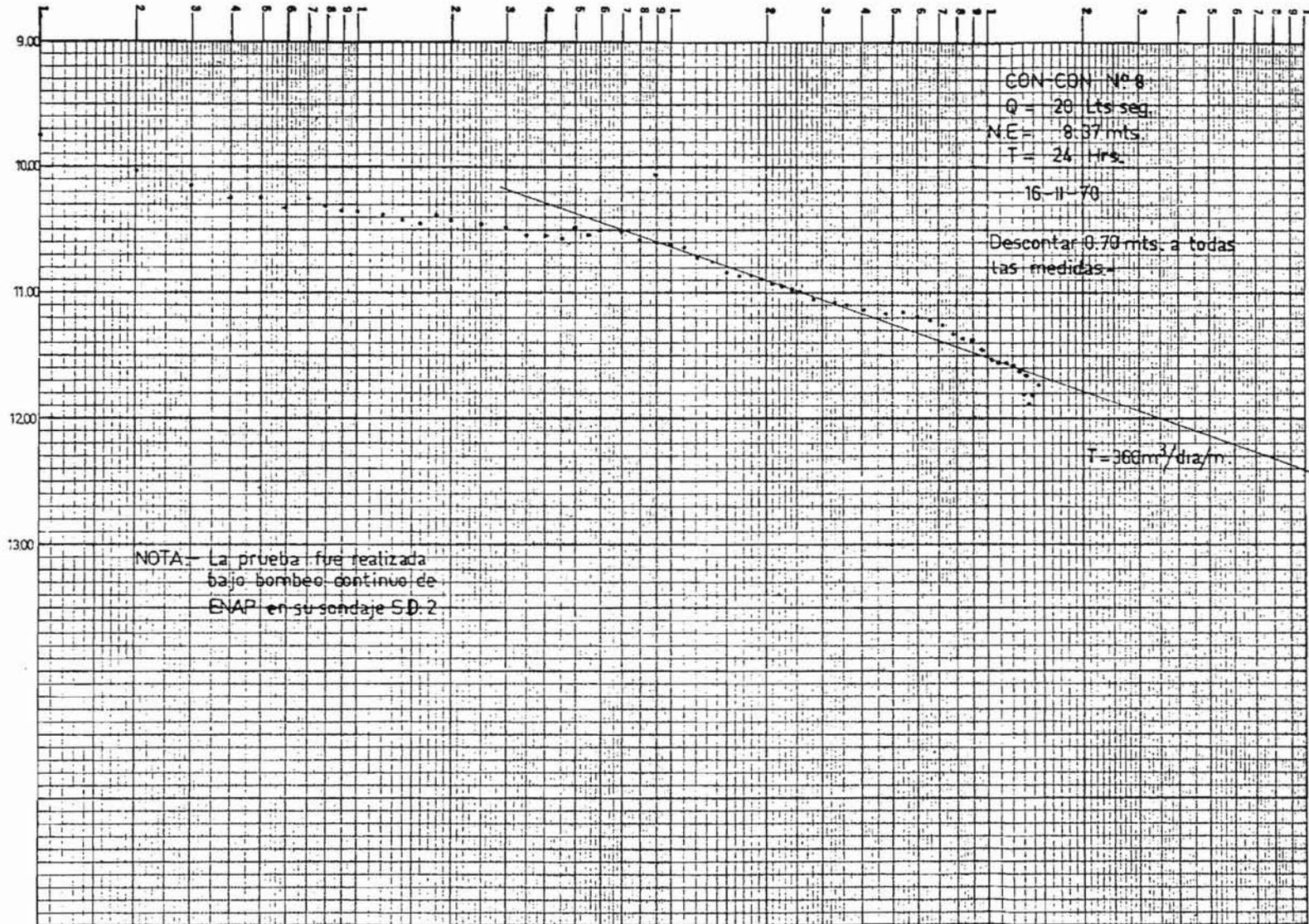
16 - XI - 70

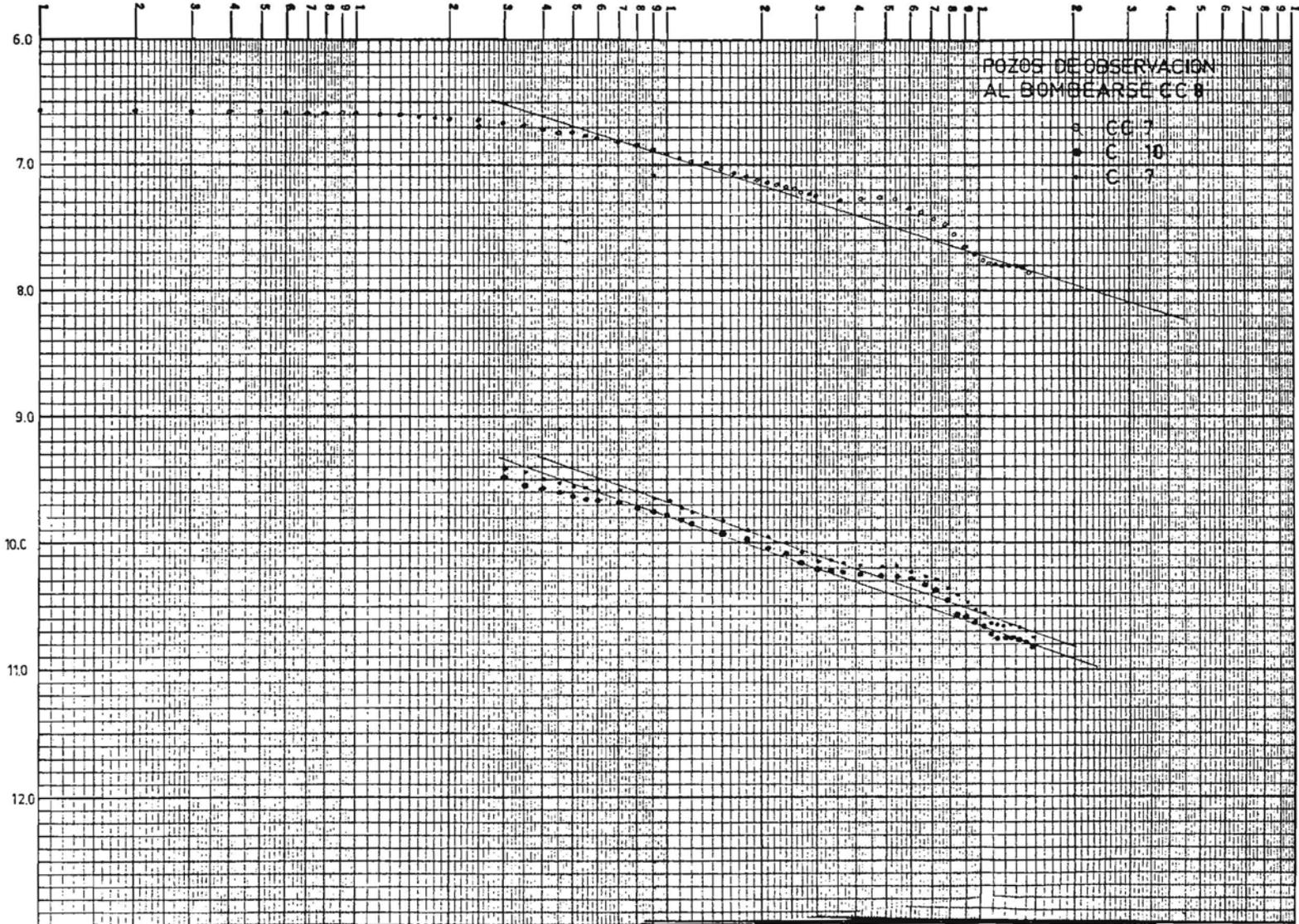
CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
 DEPTO DE RECURSOS HIDRAULICOS
 SECC CONSTR OBRAS HIDRAULICAS

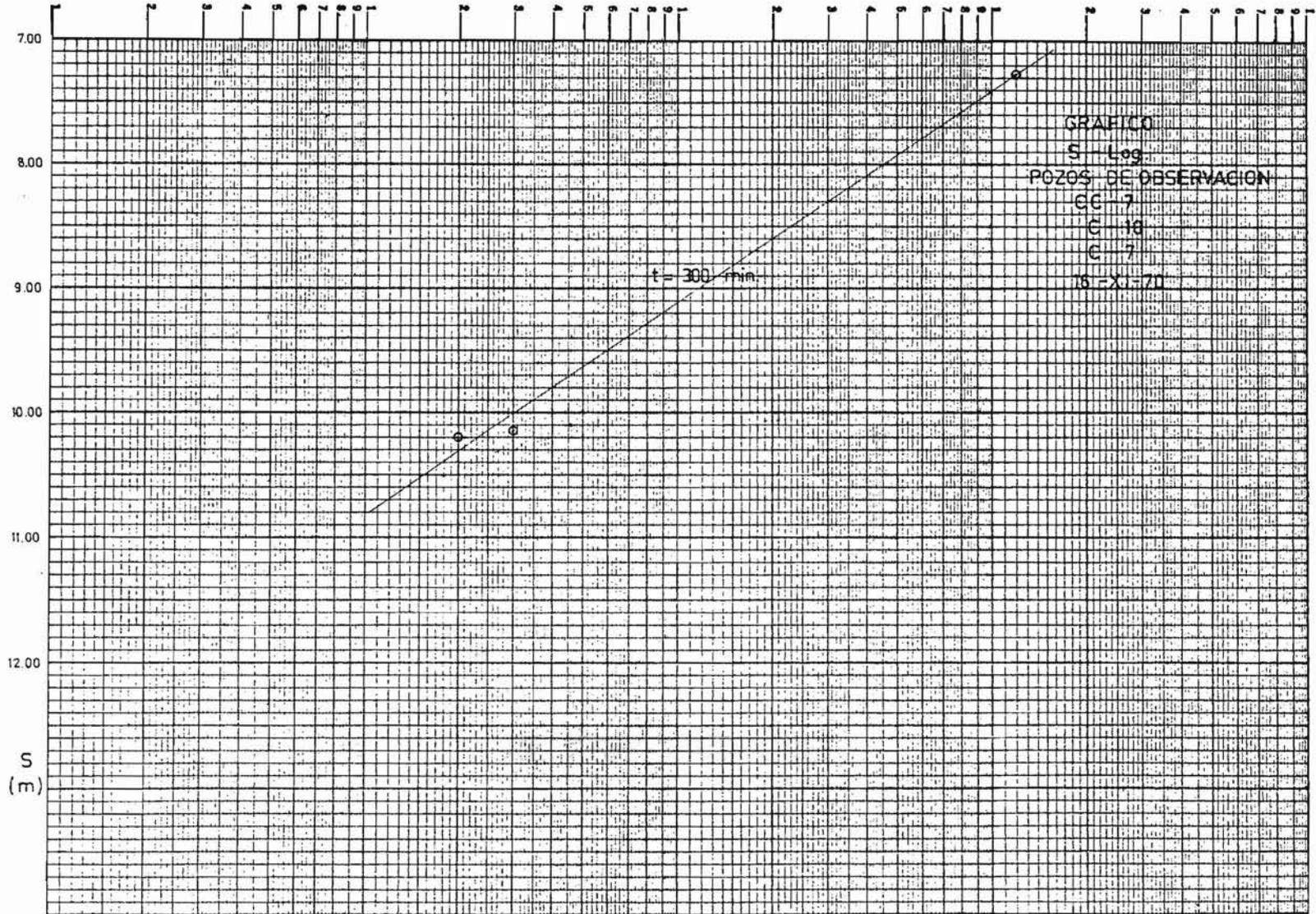
Dibujó J. C. L.

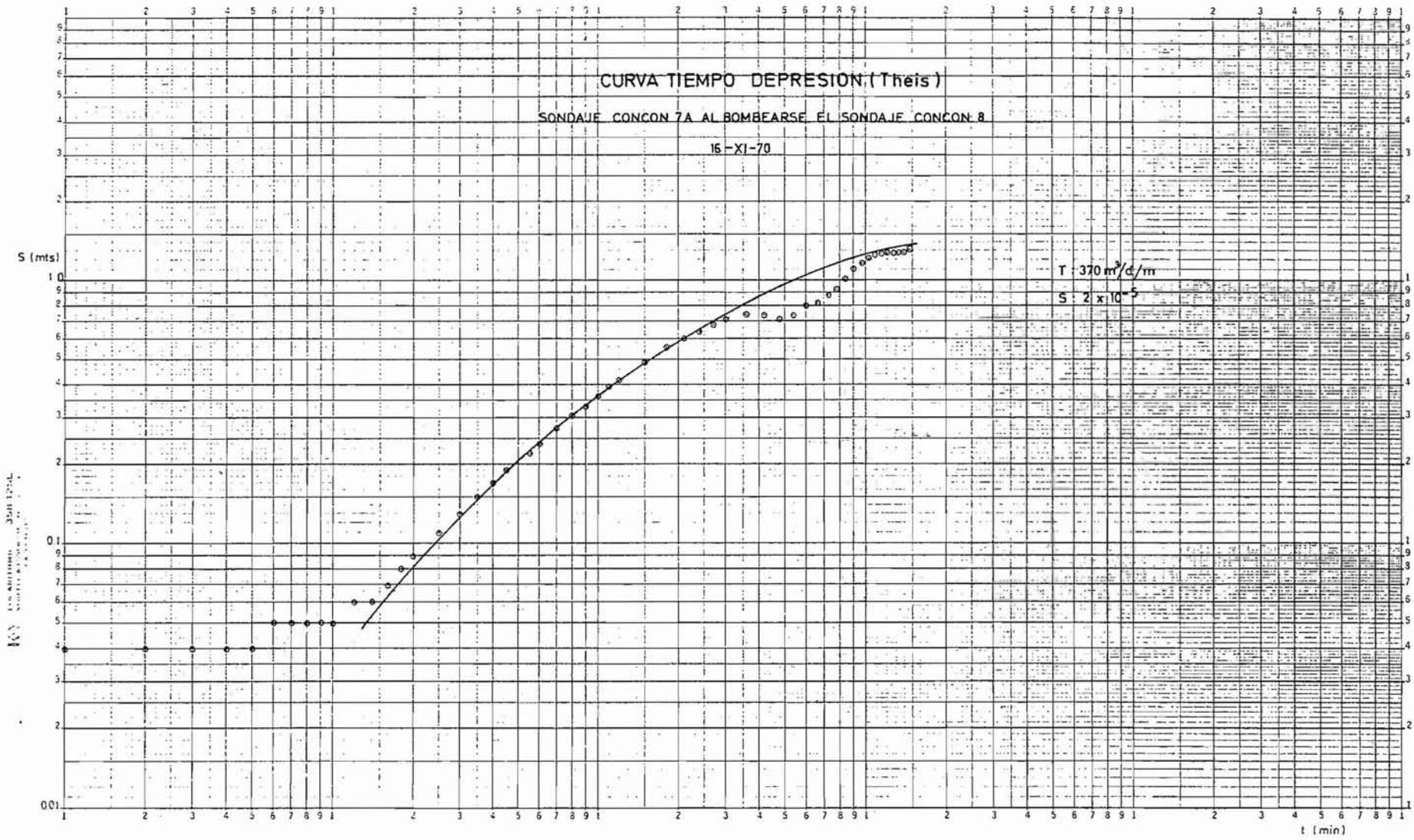
Revisó

V° B° Ing° Jefe









INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA
 Y CENSOS

INFORME PRUEBA DE BOMBEO SONDAJE COH Nº 975
(CONCON-6)

El sondaje, perteneciente al programa Concón, se encuentra ubicado en los límites de la zona de estudio, vecino a la angostura de Mauco.

Perforado a fin de detectar el comportamiento de niveles en la zona de recarga del acuífero confinado, alcanzó una profundidad de 50.60 mts. habilitándose sólo 37.89 mts. con cañería de 10" ranurada entre 29 y 36 mts. Se dispuso un sello de arcilla entre 0 y 25 mts. no construyéndose sondaje de observación del nivel freático.

La cronología de los bombeos realizados es la siguiente:

<u>Fecha</u>	<u>Caudal (l/s.)</u>	<u>Duración (Hrs.)</u>	<u>Niveles</u>	<u>Observaciones</u>
20.5.71	5 - 10 - 15	4	1.78 NI	Tanteos.
27.5.71	10	6	1.69 NI	Prueba
27.5.71	-	0,3	1.69 NF	Recuperacion
28.5.71	8	2	1.69 NI	Prueba
28.5.71	-	0.5	1.69 NF	Recuperación
28.5.71	10	6	1.69 NI	Prueba.
28.5.71	-	0.4	1.69 NF	Recuperación.
28.5.71	6	2	1.69 NI	Prueba.
28.5.71	-	0,2	1.69 NF	Recuperación
28.5.71	4	2	1.69 NI	Prueba
28.5.71	-	0,2	1.69 NF	Recuperación
29.5.71	12	6	1.69 NI	Prueba
29.5.71	-	0,3	1.69 NF	Recuperación
31.5.71	10	26	1.69 NI	Prueba
19.6.71	-	0.15	1.69 NF	Recuperación
19.6.71	14	9.5	1.65 NI	Prueba
19.6.71	-	0.3	1.65 NF	Recuperación.

Discusión:

El comportamiento del sondaje presenta características muy particulares, producto de una fuerte percolación vertical claramente detectable en todas las pruebas realizadas. Inicialmente el efecto de recarga se atribuyó a una rápida recirculación, hecho favo-

recido por un nivel estático alto y un terreno altamente permeable. Frente a ello se utilizó manga plástica que alejó el centro de descarga 100 mts. del inicial. La permanencia del fenómeno de estabilización exigió la programación de una serie de pruebas de corta duración que permitieran eliminar como fuente de estabilización un centro de recarga. El comportamiento presentado por el sondaje se ajusta más bien a una percolación vertical cuyo efecto es detectado, en el tiempo, en forma inversa al caudal extraído. Ello indica que los volúmenes comprometidos por la percolación pueden igualar en forma mucho más rápida caudales menores, pese a los menores gradientes inducidos. Dicho fenómeno se confirma al comprobar en la última prueba realizada la incapacidad mostrada por la percolación para mantener el caudal extraído.

Se desprende de lo anterior la existencia de una permeabilidad vertical elevada y la ausencia de un confinamiento como el existente, en el resto de la zona de Concón. Más bien el acuífero presenta, de acuerdo a la estratigrafía, características que lo hacen asimilable a las condiciones existentes en la 2a., 3a. y parte de la 4a. Sección del Aconcagua. De acuerdo a ello, la habilitación del sondaje ha sido mal realizada conduciendo a obtener comportamientos del sondaje que no permiten entregar antecedentes sobre constantes elásticas. En todo caso, si consideramos sólo la zona ranurada como acuífera, su transmisibilidad sería muy inferior a la obtenida para el resto de la zona de estudio (cercana a 30 m³/d/m).

Las recuperaciones adolecen igualmente de efectos de percolación vertical, por lo cual carecen de validez para la determinación de transmisibilidades.

Los rendimientos obtenidos permiten asegurar que el sondaje en las condiciones actuales, no es capaz de mantener un gasto de 4 lts/s.

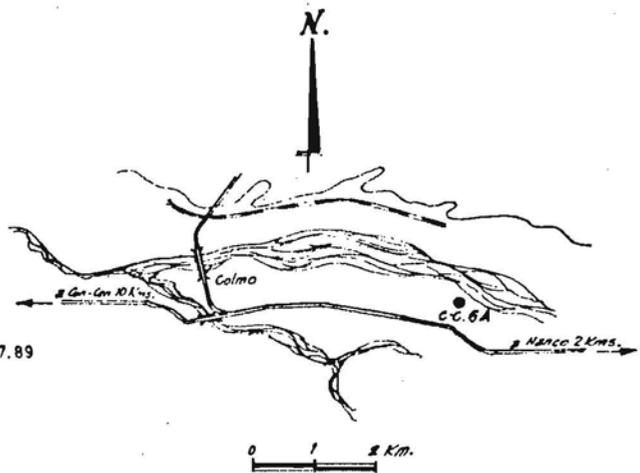
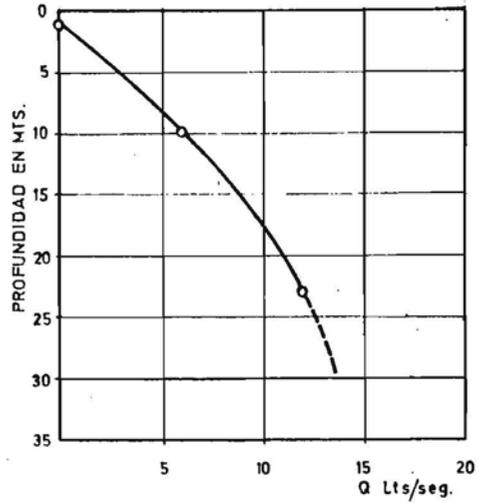
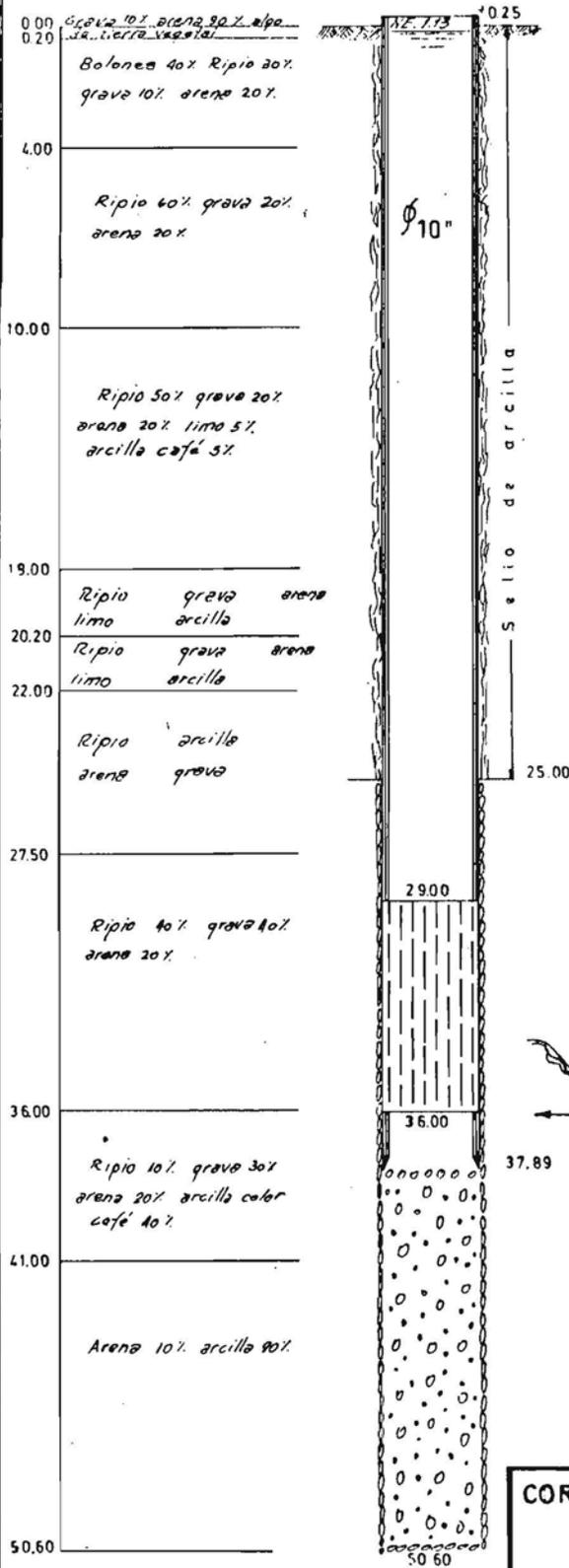
La deducción de una curva de agotamiento se enfrenta a las imprecisiones anteriormente indicadas, las cuales provocan dificultades en su trazado.

Conclusiones:

- 1.- Desaparece el confinamiento existente en el resto de la zona de estudio.

- 2.- La habilitación del sondaje no permite la determinación de constantes elásticas debido a la buena permeabilidad tanto horizontal como vertical de los estratos superiores.
- 3.- El sondaje representa en caudal a la zona acuífera en la cual se encuentra perforado. En este punto, la mejor permeabilidad (y, por ende, el mayor aporte de caudal), se encuentra en las zonas acuíferas superiores que, por el objetivo del sondaje, no fueron ranuradas.
- 4.- Bajo las actuales circunstancias, el sondaje proporciona como caudal máximo 12 lts/seg., con un nivel deprimido de 23,60 mts. para una semana de bombeo continuo.

CON CON



1°-6-1971

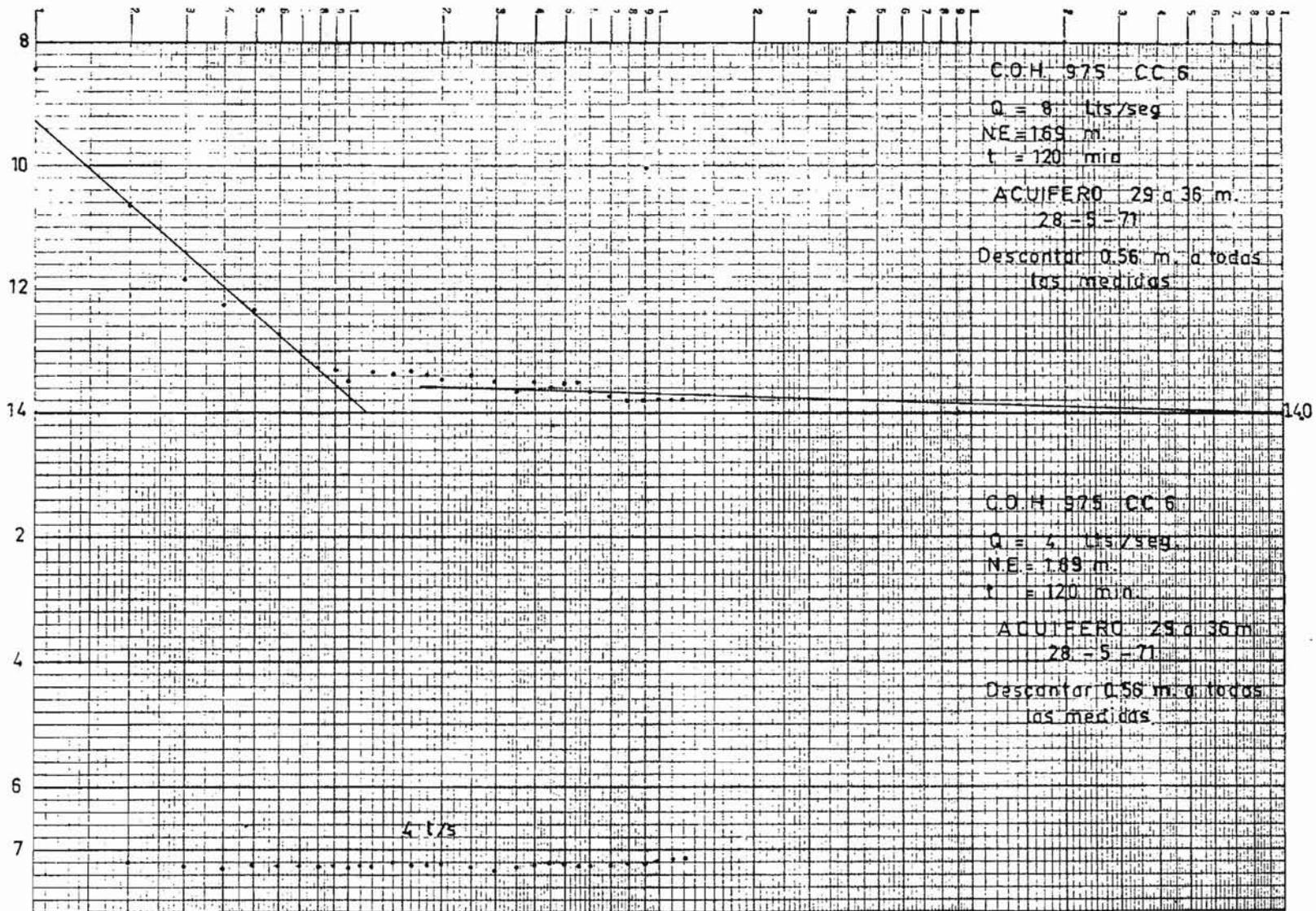
CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
 DEPTO. DE RECURSOS HIDRAULICOS
 SECC. CONSTR. OBRAS HIDRAULICAS

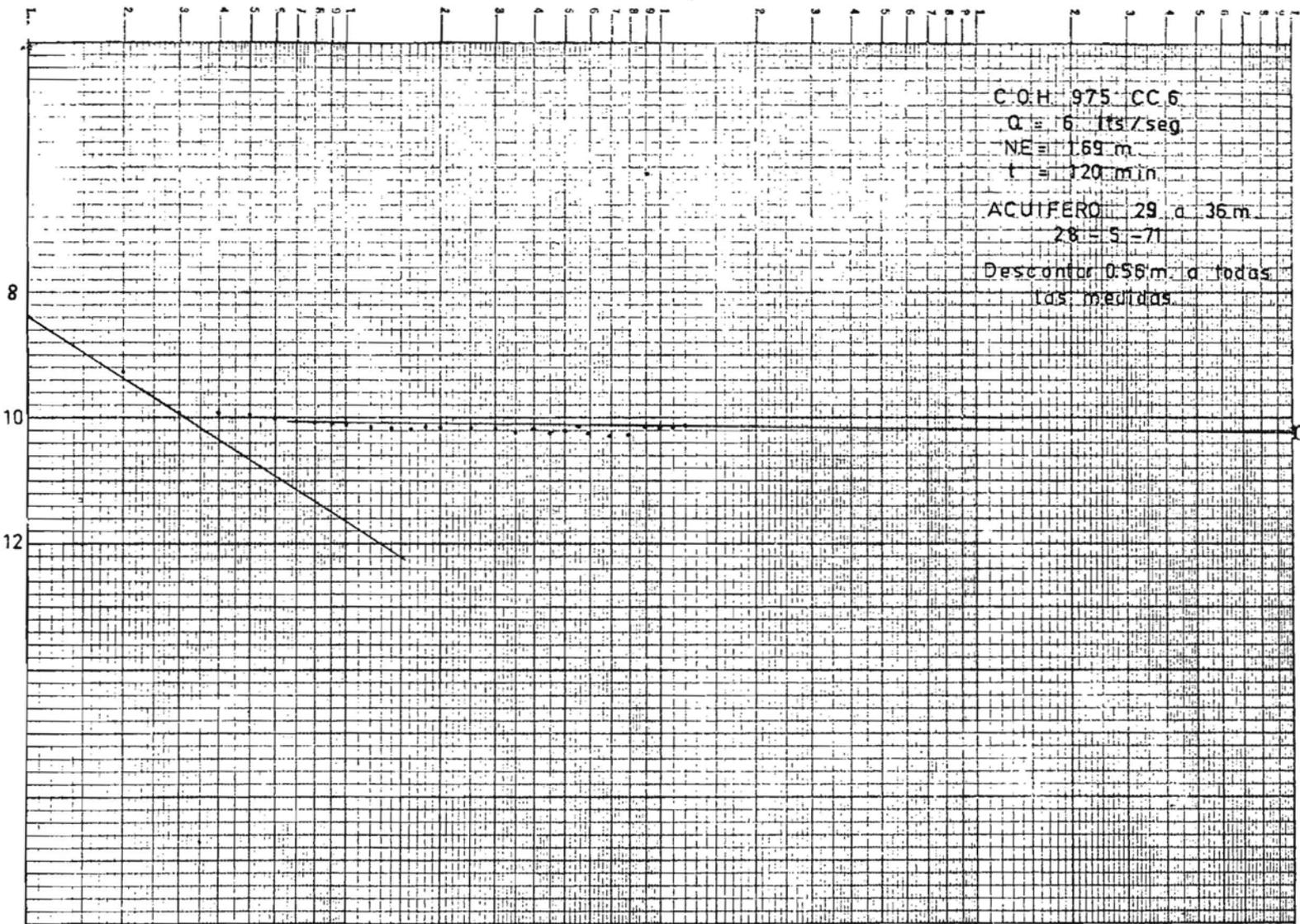
Dibujó J. C. L.

Revisó

[Handwritten signature]

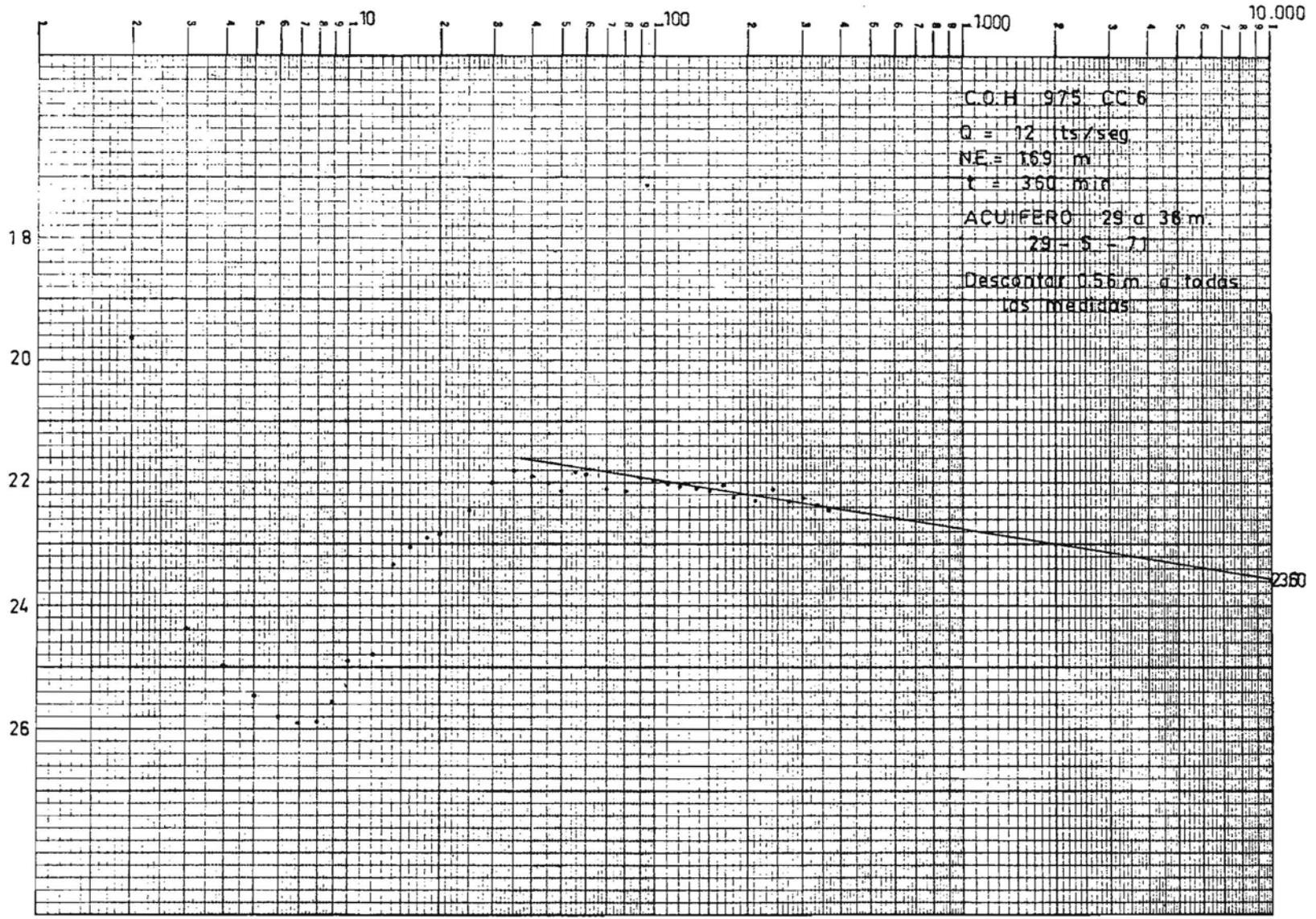
V. B. Ing. Jefe

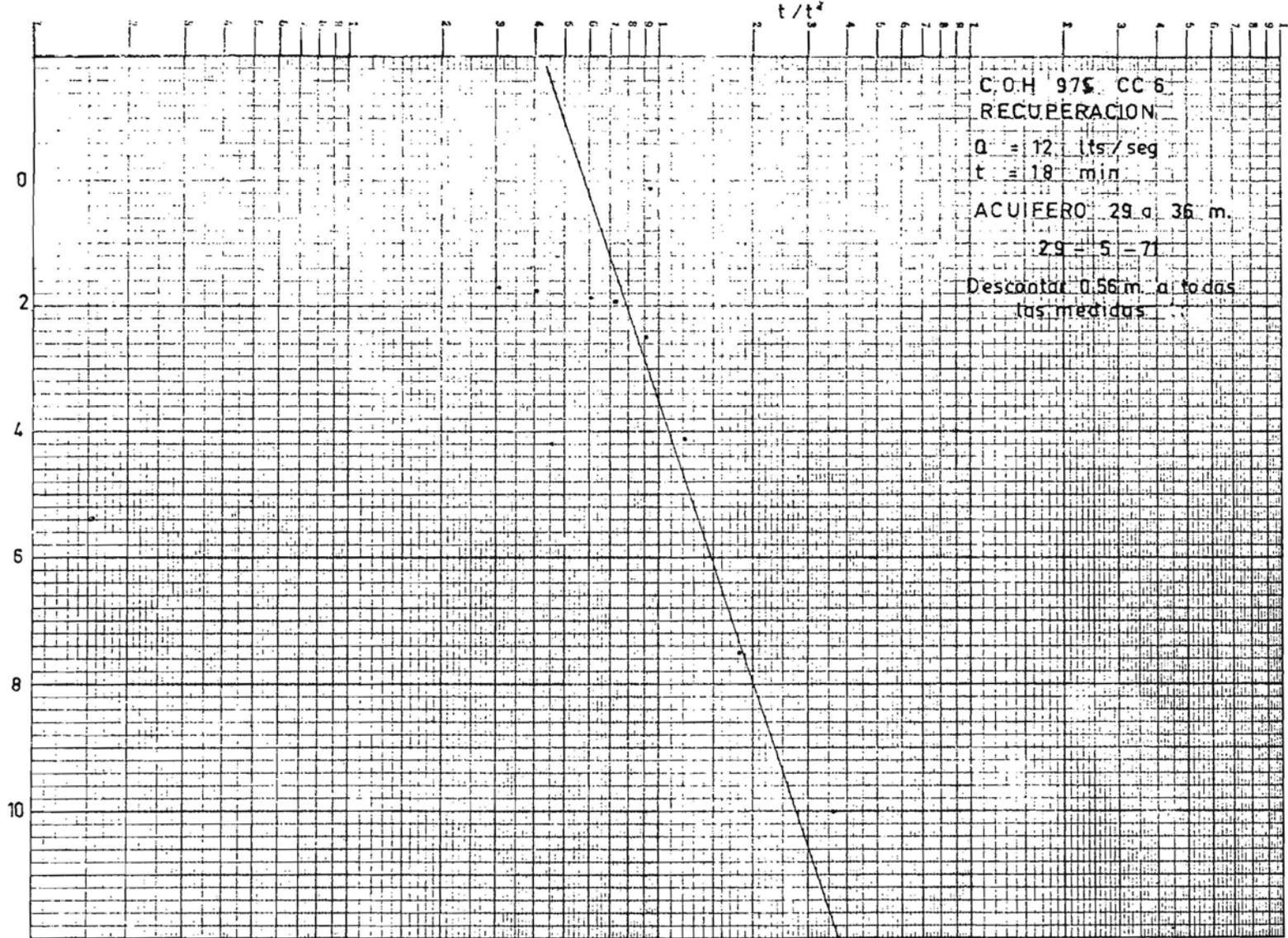




0.25

K·E SEMI-LOGAR MIC 359-81
KEUFFEL & ESSE CO. MADE IN U.S.A.
4 CYCLES A 70 DIVISIONS



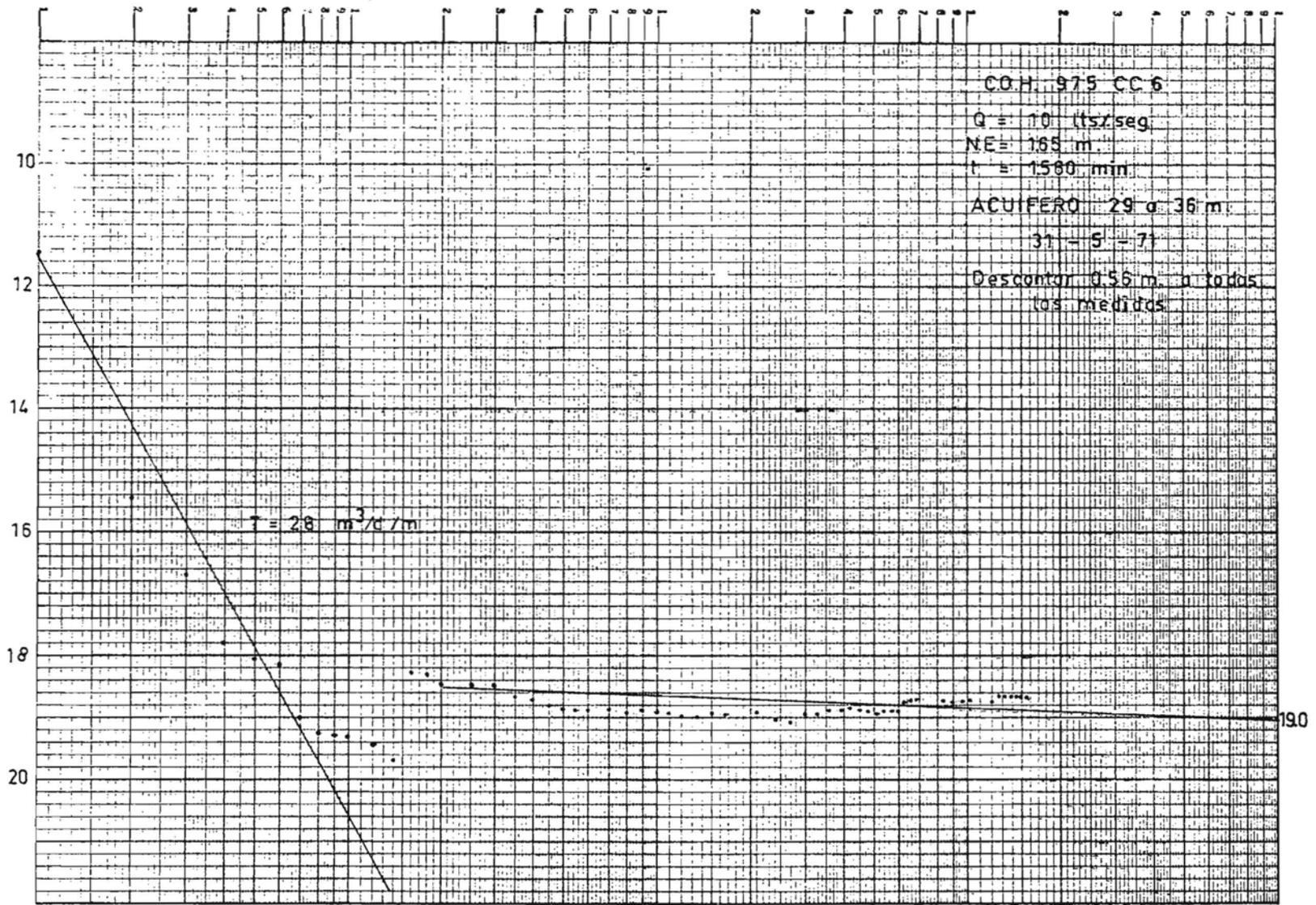


C.O.H 975 CC 6
RECUPERACION

$Q = 12$ lts/seg
 $t = 18$ min

ACUIFERO 29 a 36 m.
29 = 5 = 71

Descartar 0,56 m. a todas
las medidas



INFORME PRUEBA DE BOMBEO SONDAJE COH Nº 1013
(CONCON 5a)

Antecedentes:

El sondaje se encuentra situado 500 mts. al norte del pozo CC - 3, inmediatamente próximo a la curva que describe la línea del FF.CC. a Quintero. Programado dentro del estudio Concón, se perforó a fin de determinar la dirección que presenta la intrusión salina, motivo de la investigación.

La perforación alcanzó un total de 55 mts., habilitándose hasta los 47.60 mts. Los ranurados se dispusieron entre 42.40 y 45.60. Se realizaron dos pruebas de larga duración con 5 lts./seg. (48 hrs.) y 3 lts/seg. (24 hors.). El nivel estático puede situarse en 5.20 mts.

Discusión:

Previo al estudio de las pruebas de agotamiento, debe analizarse el comportamiento del N.E. Dicho nivel se ve alterado, dada la ubicación del sondaje, por dos efectos que se han demostrado comunes para aquellos sondajes profundos perforados próximos a la línea de la costa: mareas y bombeo de ENAP. Ya se ha indicado en informes anteriores la independencia sobre el efecto de mareas que puede lograrse a través de un control suficientemente extendido, que permite determinar una tendencia propia al nivel.

Sin embargo, dicho propósito se ve alterado por un bombeo discontinuo de ENAP, cuyo efecto no puede controlarse totalmente, pero sí regularizarse a través de solicitar un bombeo continuo a la empresa antes dicha. Semejante petición se hizo y por lo tanto las pruebas realizadas se efectuaron bajo bombeo continuo de ENAP en sus sondajes SD.

El escaso caudal obtenido debe atribuirse al pequeño espesor comprometido por el ranurado. Sin embargo, debe considerarse preliminarmente a la vez un posible empeoramiento de las condiciones hacia la zona norte, dado los resultados obtenidos en el sondaje CC-3

situado en las proximidades (20-25 lts/s) y que compromete un espesor similar (ranurados 42.91 46.91) del mismo sistema acuífero.

El análisis de los gráficos depresión-logt. señala que los bombeos fueron afectados por distintas condiciones, de manera que han provocado distorsiones diferentes en las depresiones medidas. Es indudable que bombeos en un sondaje de penetración parcial afectado por pérdidas de carga, baja eficiencia y que además sufre distintos efectos de marea, no pueden entregar valores de transmisibilidad confiables.

A través de la recuperaciones que contienen menores distorsiones cabe aproximarse en forma más segura a valores de constantes elásticas para la zona.

El bajo caudal entregado por el sondaje, impidió a la vez utilizar sondajes de observación para determinar el coeficiente de almacenamiento. En efecto, el pozo CC-3 dotado de limnógrafo y que constituye el punto de observación más cercano (500 mts), no detectó influencia alguna en su registro.

Es indudable que en un acuífero confinado como el existente en Concón, por bajo que sea el caudal bombeado la transmisión de efectos debería haberse dejado sentir por lo menos a la distancia anteriormente indicada. Sin embargo, el efecto supuesto es seguramente encubierto por las distorsiones de marea y bombeo de ENAP que alteran el registro, impidiendo individualizar la influencia correspondiente al bombeo del CC-5.

Todo lo expresado anteriormente hace que la curva de agotamiento deducida, solo debe considerarse tentativa.

Dicha curva se ve afectada por las fluctuaciones del nivel que ya se han comentado y en base a ellas se ha deducido un rango de variación dentro del cual se encontraría enmarcada la curva de agotamiento. Dado que no se posee un control extendido del sondaje, los límites máximos y mínimos se han deducido en base al corto control existente y al monto de variación que experimente el CC-3. Con toda seguridad el N.E. liberado de la influencia que sobre él ejerce el

bombeo de ENAP, sobrepasará el límite considerado como mínimo para alcanzar valores cercanos a 3.00 mts.

Sobre dicho efecto no se ha intentado especular dada la falta de antecedentes.

Conclusiones:

Se adoptará un valor de $T = 200 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$ como representativo del sondaje. El caudal máximo posible de extraer se considera 5 lts/s con una depresión para una semana de bombeo continuo, fluctuando en torno a los 31 mts. Se considera que dadas las condiciones especiales que afectan al sondaje, correcciones por eficiencia o penetración parcial, arrastrarán al mismo error.

Hay que destacar que el valor de T obtenido es muy inferior al total de la zona acuífera inferior. El valor de la zona no obstante lo dicho en el párrafo anterior, podrá estimarse como mínimo en $800 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$.

A = N = E = X = O = S

METODO

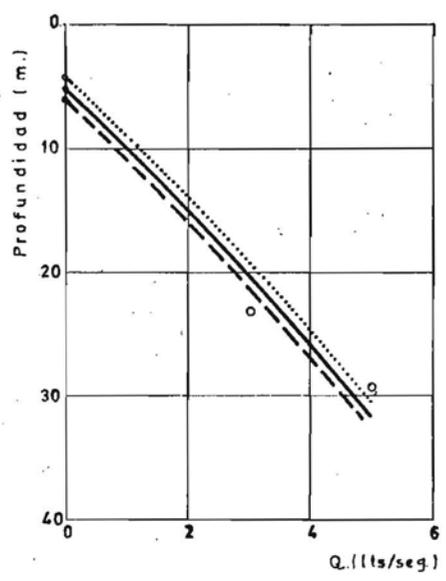
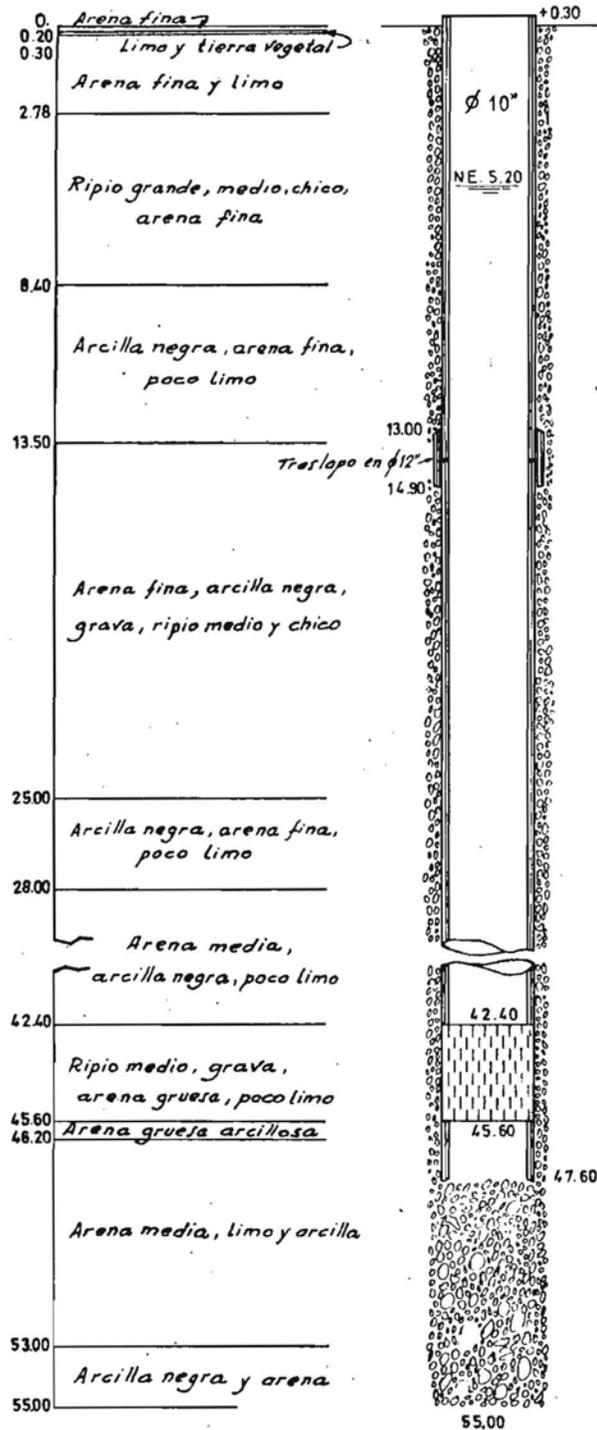
TRANSMISIBILIDAD $\text{m}^3/\text{d}/\text{m}$

P. Bombeo Nº 1 P. Bombeo Nº 2

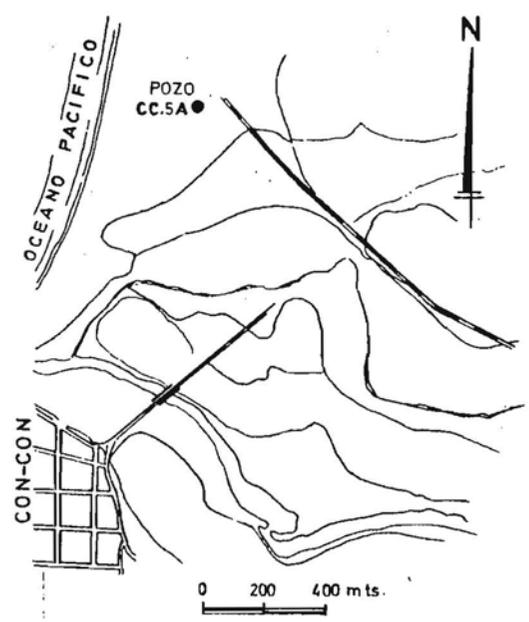
Jacob (Bombeo)	100	53
Jacob (Recuperación)	226	190
G.E.	30	20

CON-CON

POZO COH N° 1.013
SONDAJE N° 5-A

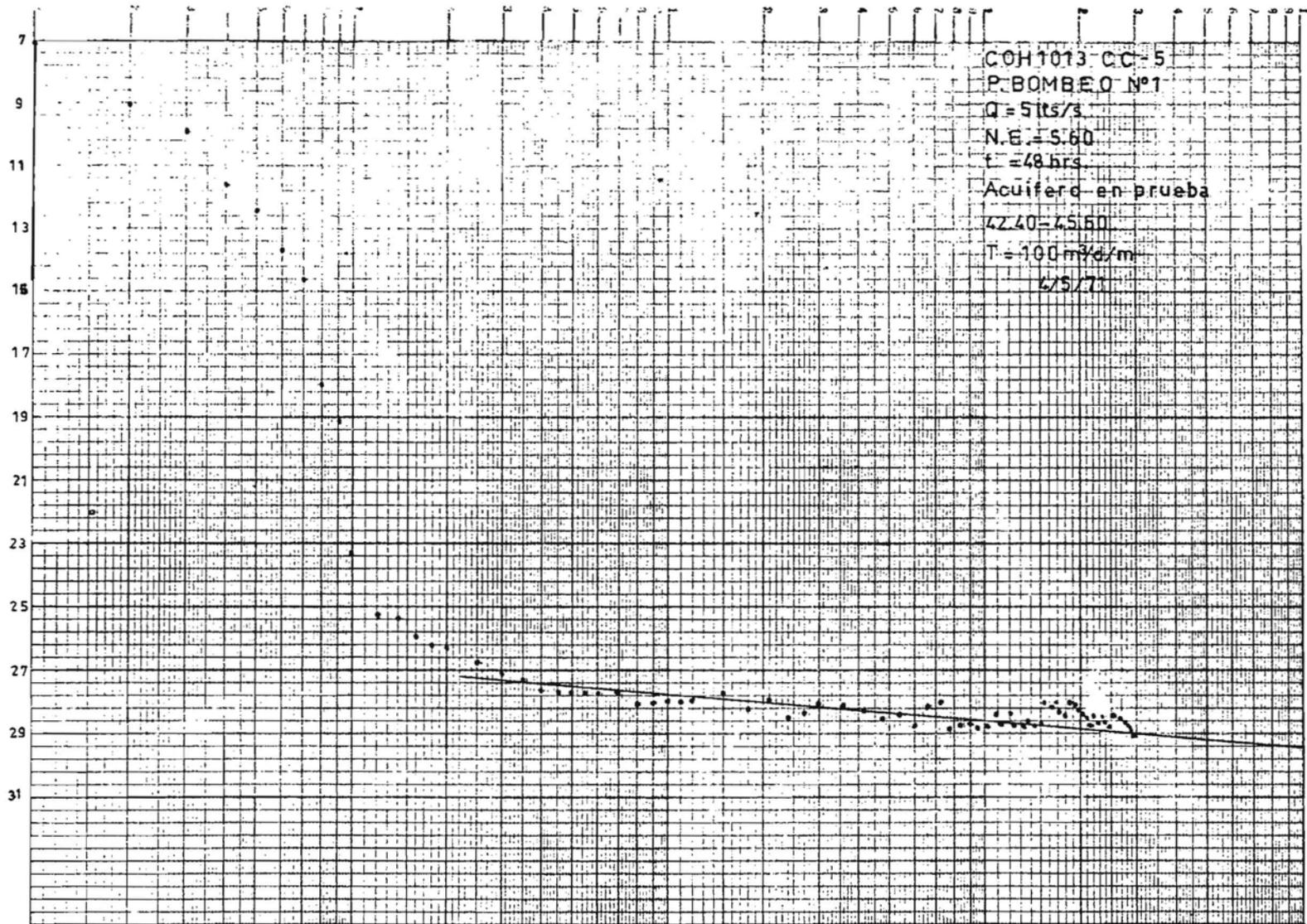


NOTA: CURVA ALTERADA POR EFECTO DE MAREAS Y BOMBEO ENAP.-

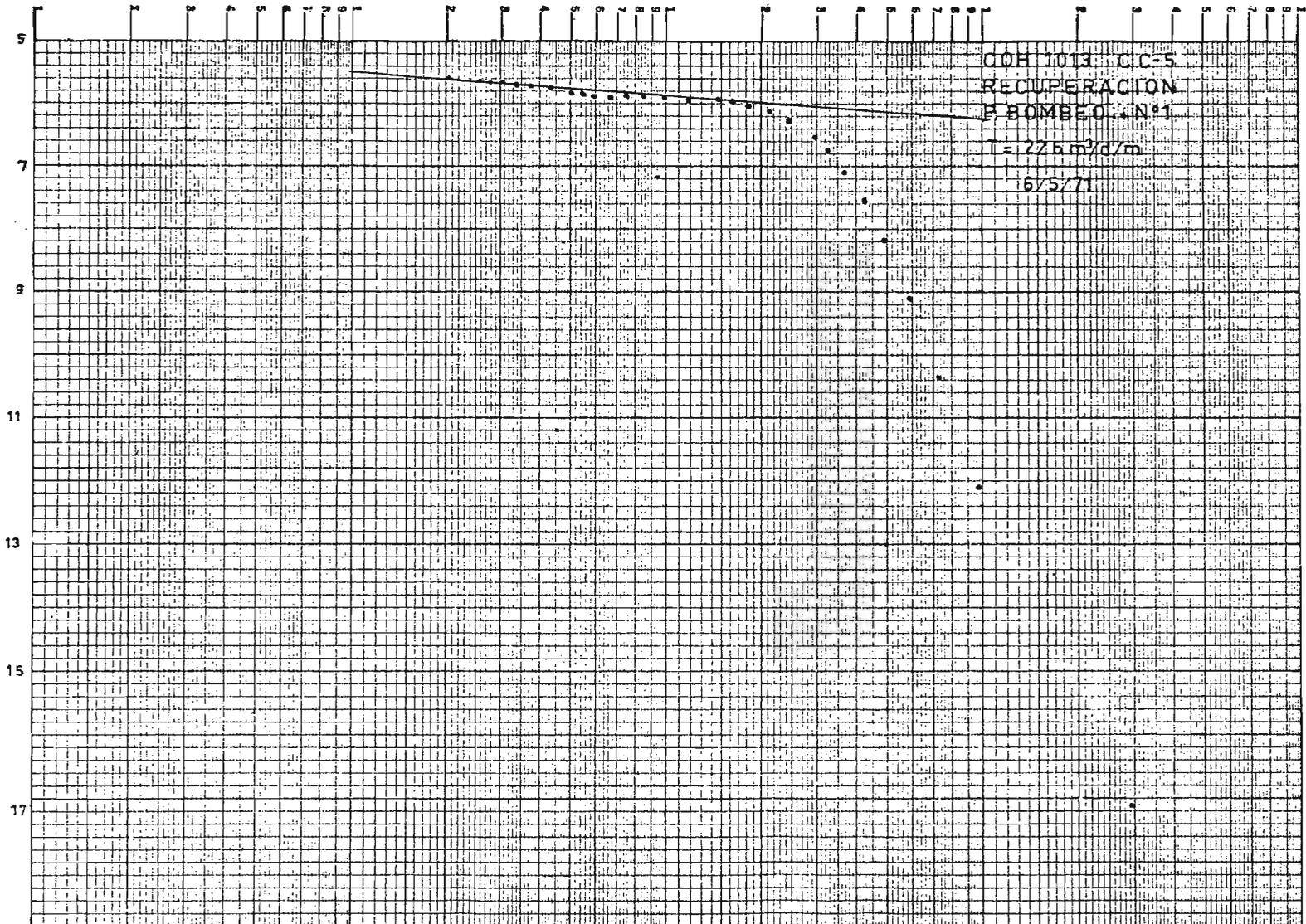


11 Mayo 1971

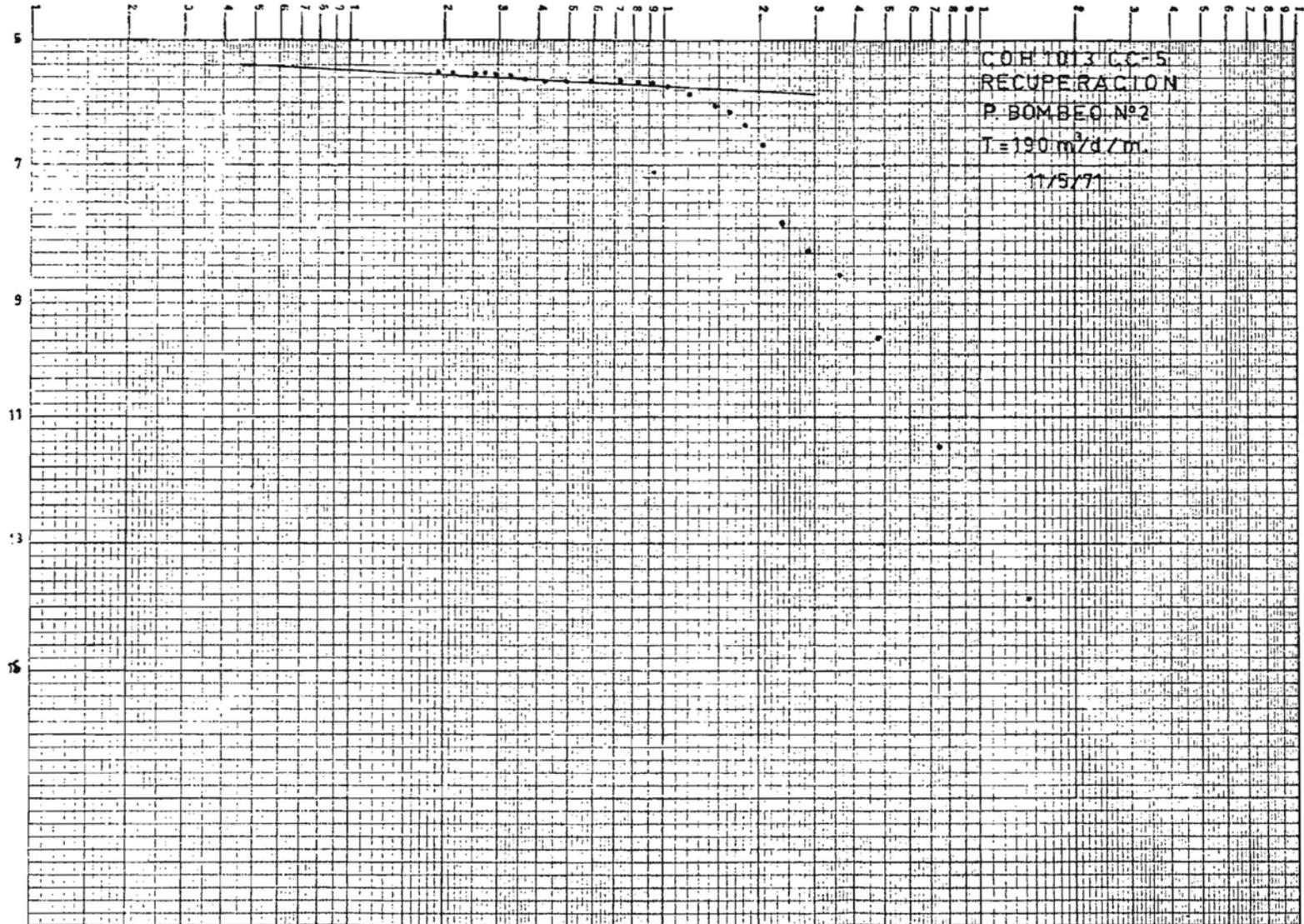
CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION	
DEPTO. DE RECURSOS HIDRAULICOS	
SECC. CONST. OBRAS HIDRAULICAS	
Dibujó: <i>Fand</i>	V° B° Inq. Jefe
Revisó: <i>V</i>	

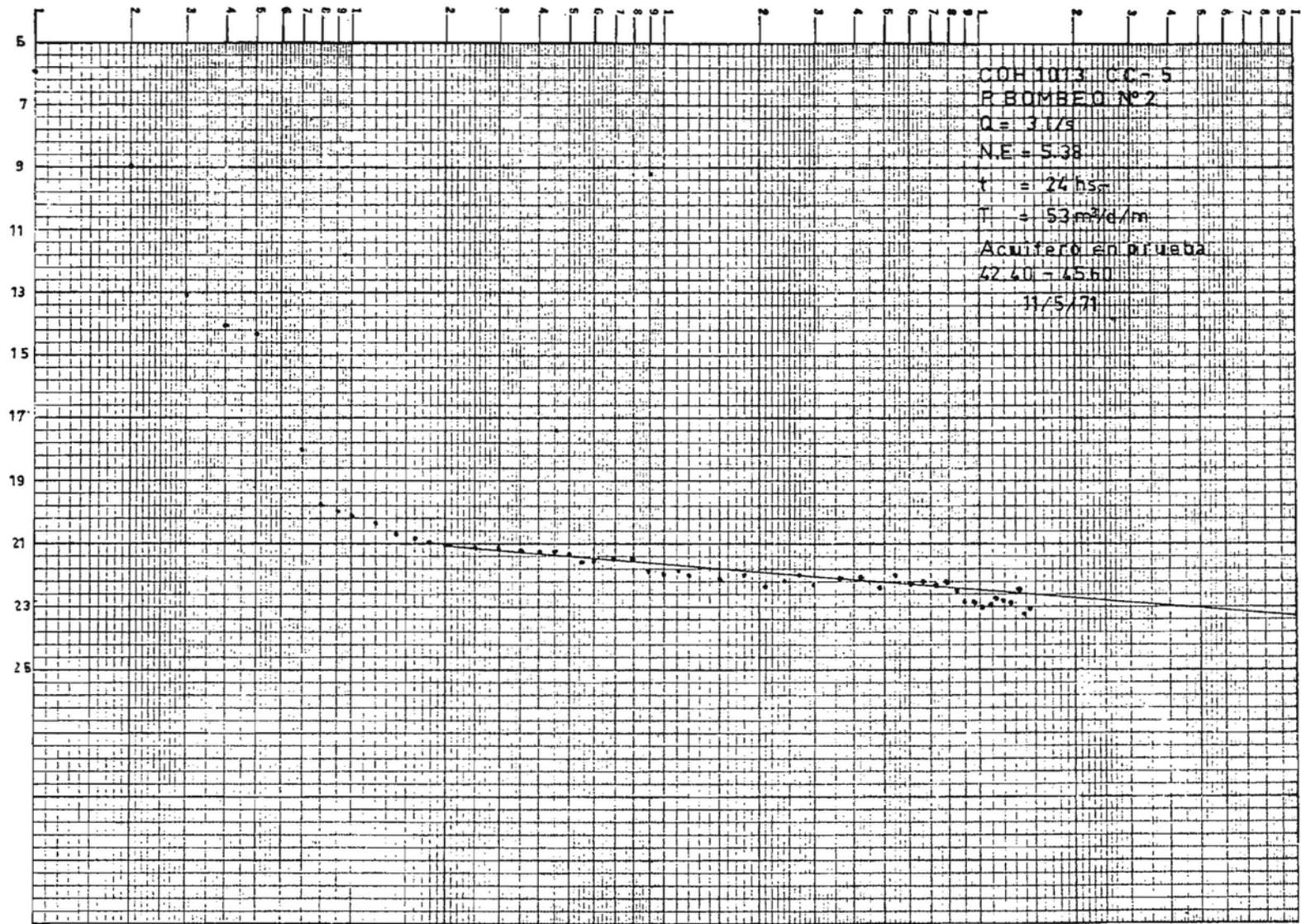


K \cdot Σ SEMI-LOGAR MIC 359-81
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.
4 CYCLES A 70 DIVISIONS



K-E SEMI-LOGAR MIC 359-81
KEUFFEL & ES. CO. MADE IN U.S.A.
4 CYCLES A 70 DIVISIONS





SONDAJE C.O.H 1013 CC 5

4/5/71

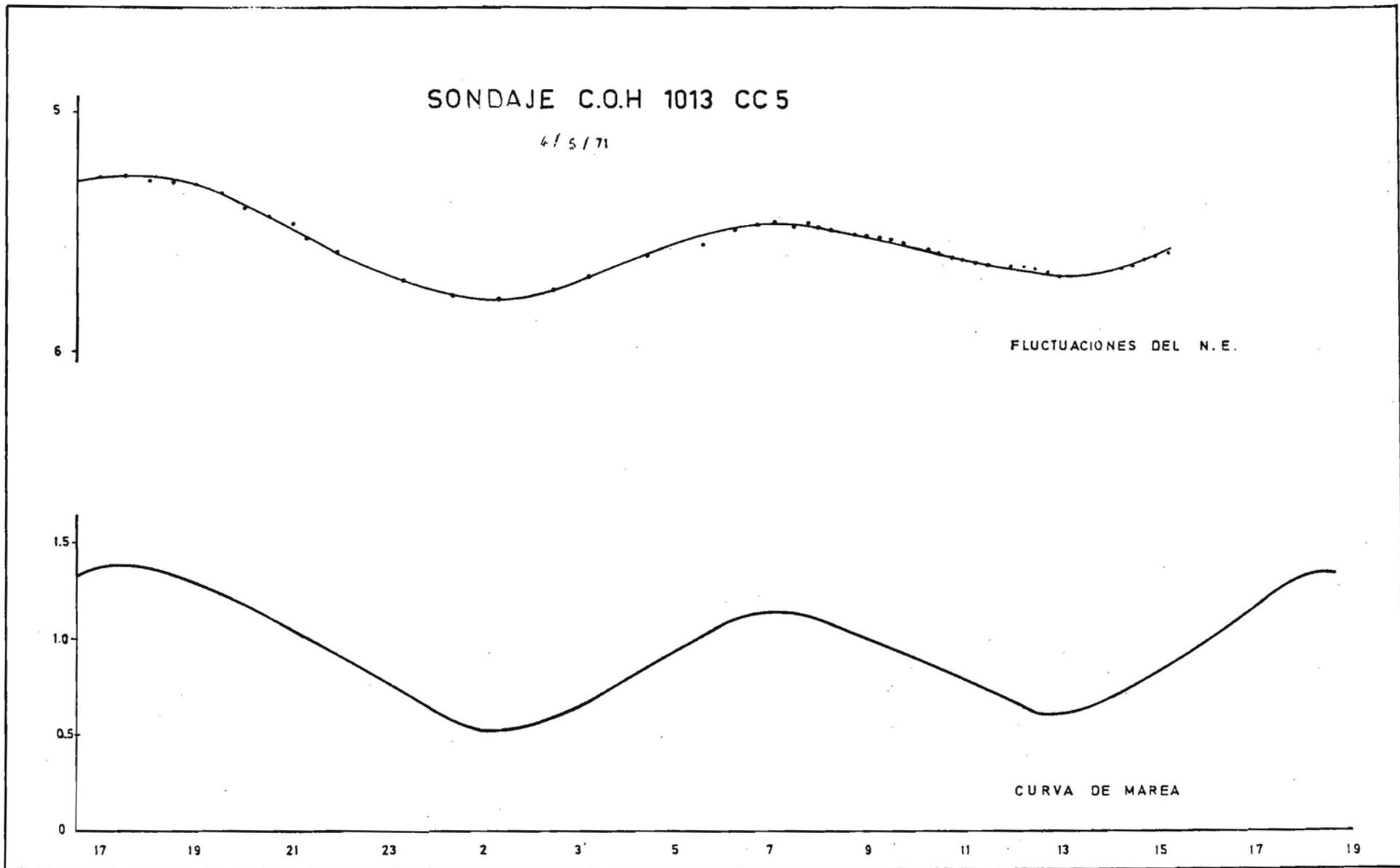
5
6

FLUCTUACIONES DEL N. E.

1.5
1.0
0.5
0

CURVA DE MAREA

17 19 21 23 2 3 5 7 9 11 13 15 17 19



INFORME PRUEBA DE BOMBEO COH. Nº 936
(CONCON 9)

El sondaje se ubica 5 Kms. aguas arriba de la desembocadura del río Aconcagua, en terrenos de ENAP. La perforación alcanzó una profundidad de 36,50 mts., ranurándose sólo la parte del acuífero confinado (32-34.50 mts.). Se construyó a 5 mts. del sondaje de bombeo un pozo de observación del acuífero freático, que permitiera comprobar la independencia entre ambas napas durante la prueba. Ambos pozos fueron habilitados en 10".

Se realizó una sola prueba de larga duración con $Q=10$ lts./s. El N.E. inicial se encontró a los 3.98 mts.

Conclusiones:

Los cálculos de transmisibilidades por los distintos métodos han entregado los siguientes valores:

Jacob	: $T = 330 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}.$
Gasto específico	: $T = 150 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}.$
Recuperación	: $T = 790 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}.$

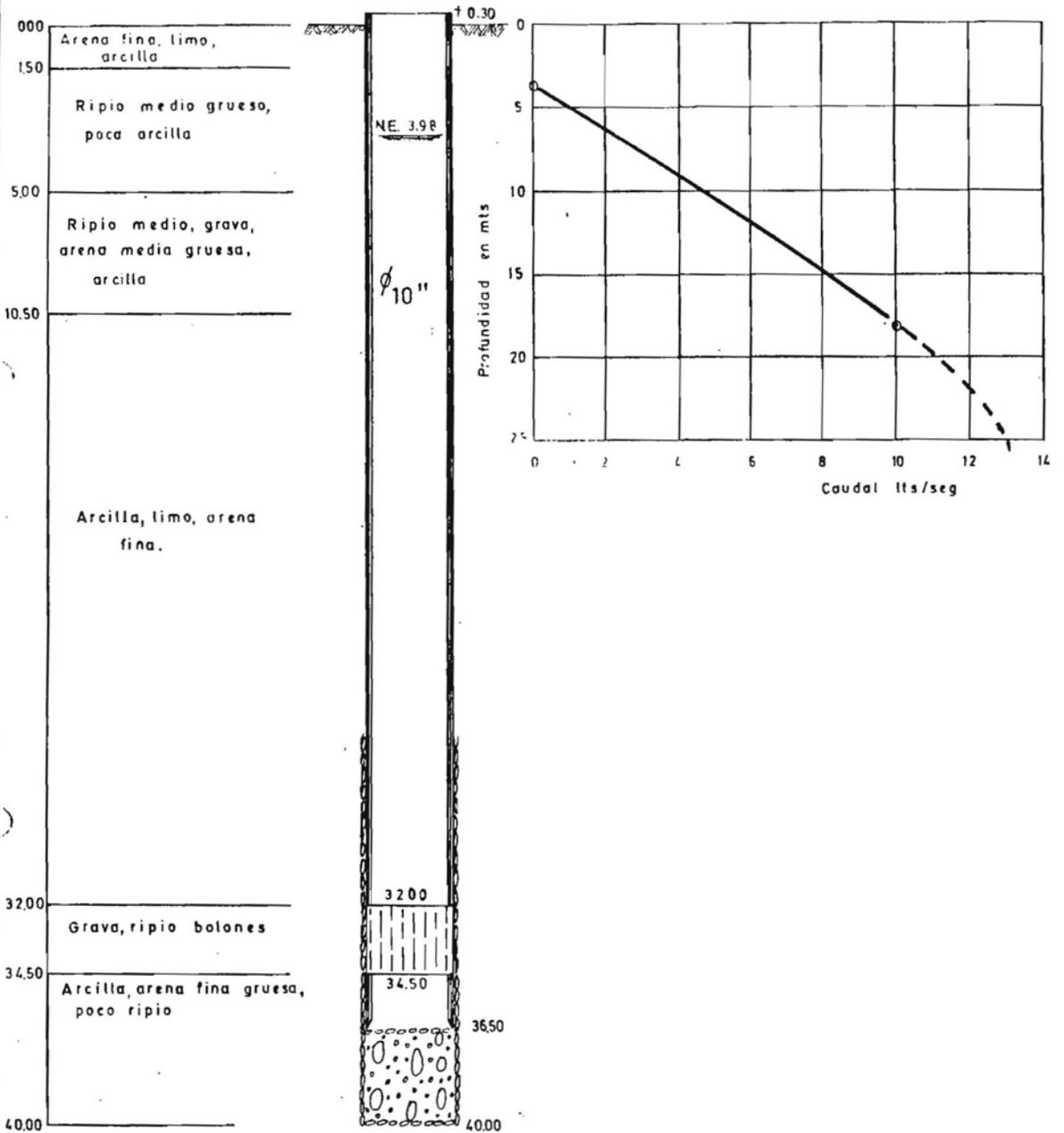
Dada la penetración parcial que presenta el sondaje, 2.50 mts. en una zona acuífera estimada en 180 mts. de potencia, se ha realizado una corrección mediante el método de Kozeny. Para ello ha debido reducirse la potencia de la zona acuífera, estimando en 50 mts. su espesor basados en un empeoramiento de los materiales por debajo de esta profundidad.

Tal corrección ha permitido determinar una transmisibilidad corregida que alcanza a $T=600 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}.$, valor bastante cercano al obtenido por recuperación. Sin embargo, dadas las condiciones de penetración parcial, el valor de T obtenido por medio de la prueba de recuperación, debe ser considerado como el más confiable. Tal afirmación se basa en que la distorsión introducida en las líneas de flujo, durante el bombeo, son mayores que en la recuperación.

Tal fenómeno sólo puede afirmarse con cierto grado de confianza en el caso de acuíferos confinados como el presente.

La explotación del sondaje puede considerarse segura para un caudal de 10 lts./seg., con un nivel deprimido de 17.95 después de una semana de bombeo.

CON CON N° 9 A



14 / 8 / 70

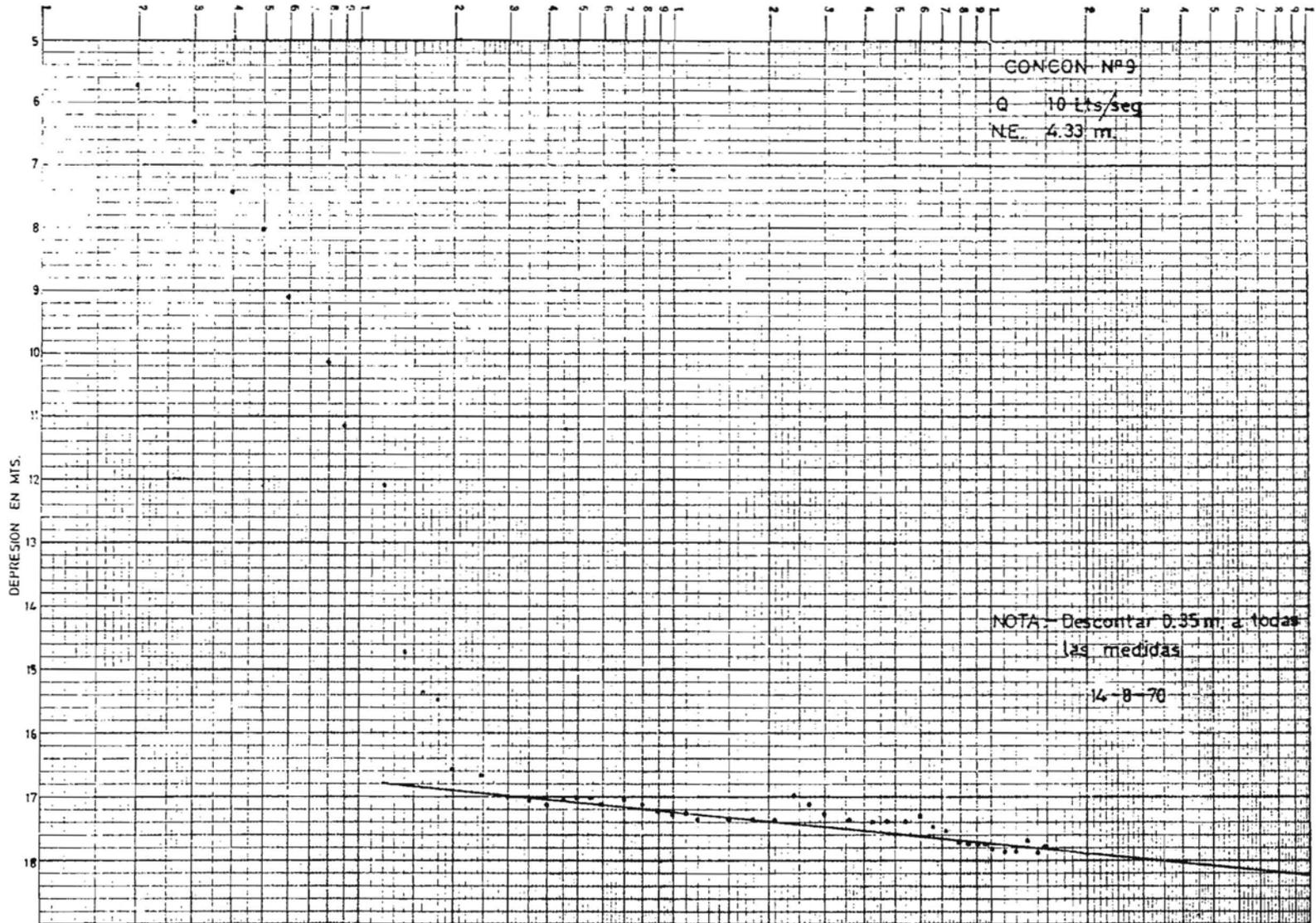
CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
 DEPTO. DE RECURSOS HIDRAULICOS
 SECCION CONSTR. OBRAS HIDRAULICAS

Dibujo:

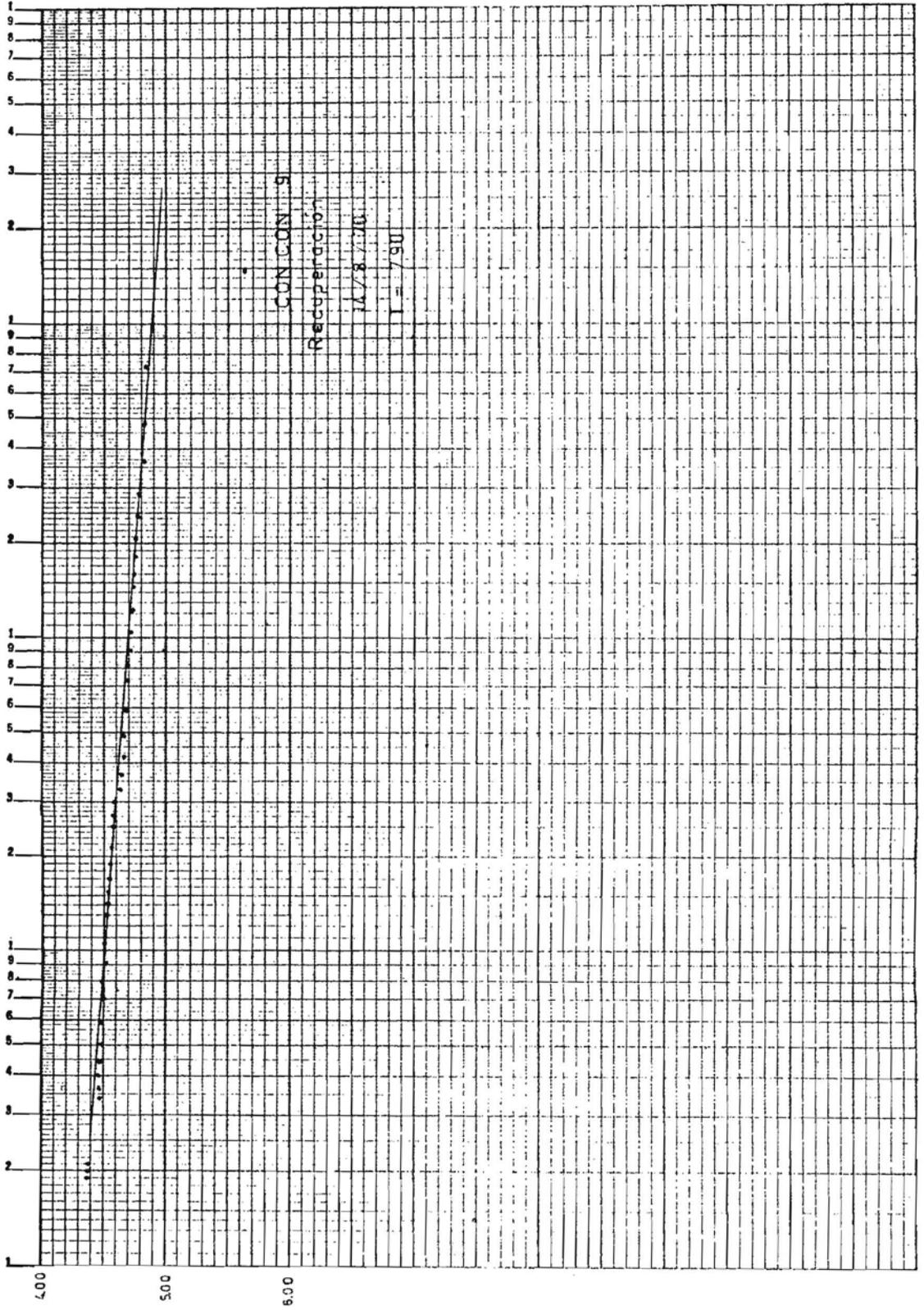
Revisó: *1113*

V° B° Inq. Jefe

K&E SEMI-LOGAR MIC 359-B1
KUFFEL & ES: 20. RANGE 0.5
4 CYCLES x 70 DIVISIONS



K-E SEMILOGAR MIC 359-81
CICLOS A 70 DIVISIONES



INFORME PRUEBA DE BOMBEO SONDAJE COH N° 954
(CONCON 7)

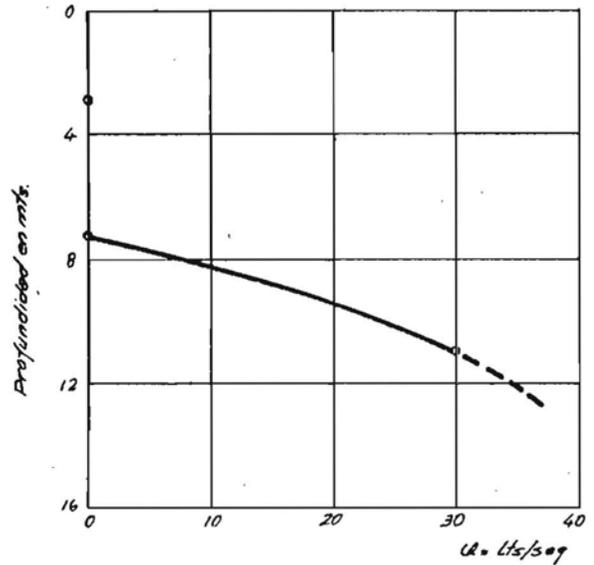
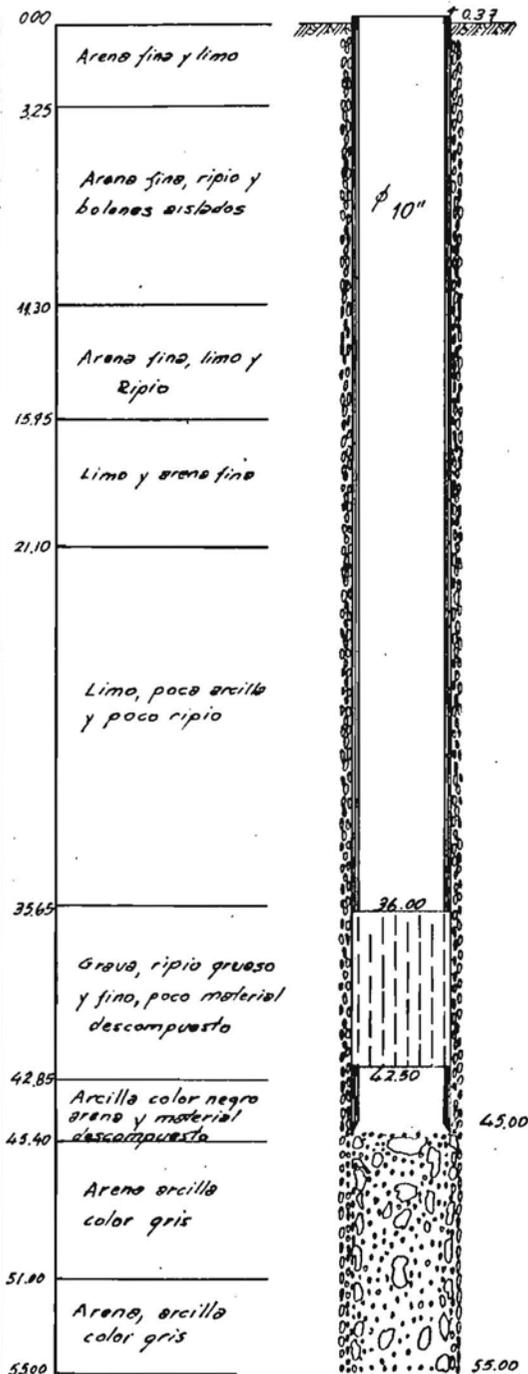
El sondeaje se encuentra ubicado en terrenos de ENAP denominados la Isla, separándolo 1.100 mts. de la línea de la costa y 1.200 mts. del sondeaje CC-8. De acuerdo al programa solo se ranuró la cañería de habilitación de 10" frente al acuífero profundo (36 - 42.50 mts.). Se perforó a 5 mts. un sondeaje de observación del nivel freático a fin de comprobar la independencia supuesta, durante el transcurso de la prueba. Se realizaron dos bombeos de larga duración con 30 lts/seg. cada uno.

Conclusiones.-

Las distorsiones de marea y bombeo continuo de ENAP afectan a la prueba desarrollada, provocando descensos adicionales. Bajo las condiciones que rigen el comportamiento del sondeaje en el momento de la prueba (solo bombeo continuo de ENAP - ENAMI) se consideraba segura la explotación de un caudal de 30 lts./seg. con un nivel deprimido de 11,71 mts. para una semana de bombeo continuo. Dicho nivel deprimido sufrirá las fluctuaciones que el bombeo discontinuo ENAP-ENAMI le ocasione y acusará descensos mayores en el momento que D.O.S. requiera la explotación de sus sondajes.

En esta última condiciones y a pesar de notarse disminución de caudal (acuífero confinado), la influencia de bombeo de la D.O.S. trae consigo un abatimiento de Nivel estático que alcanza a 18 mts. Ello provoca a su vez, que el nivel dinámico indicado descienda a aproximadamente 22 mts.

CON CON



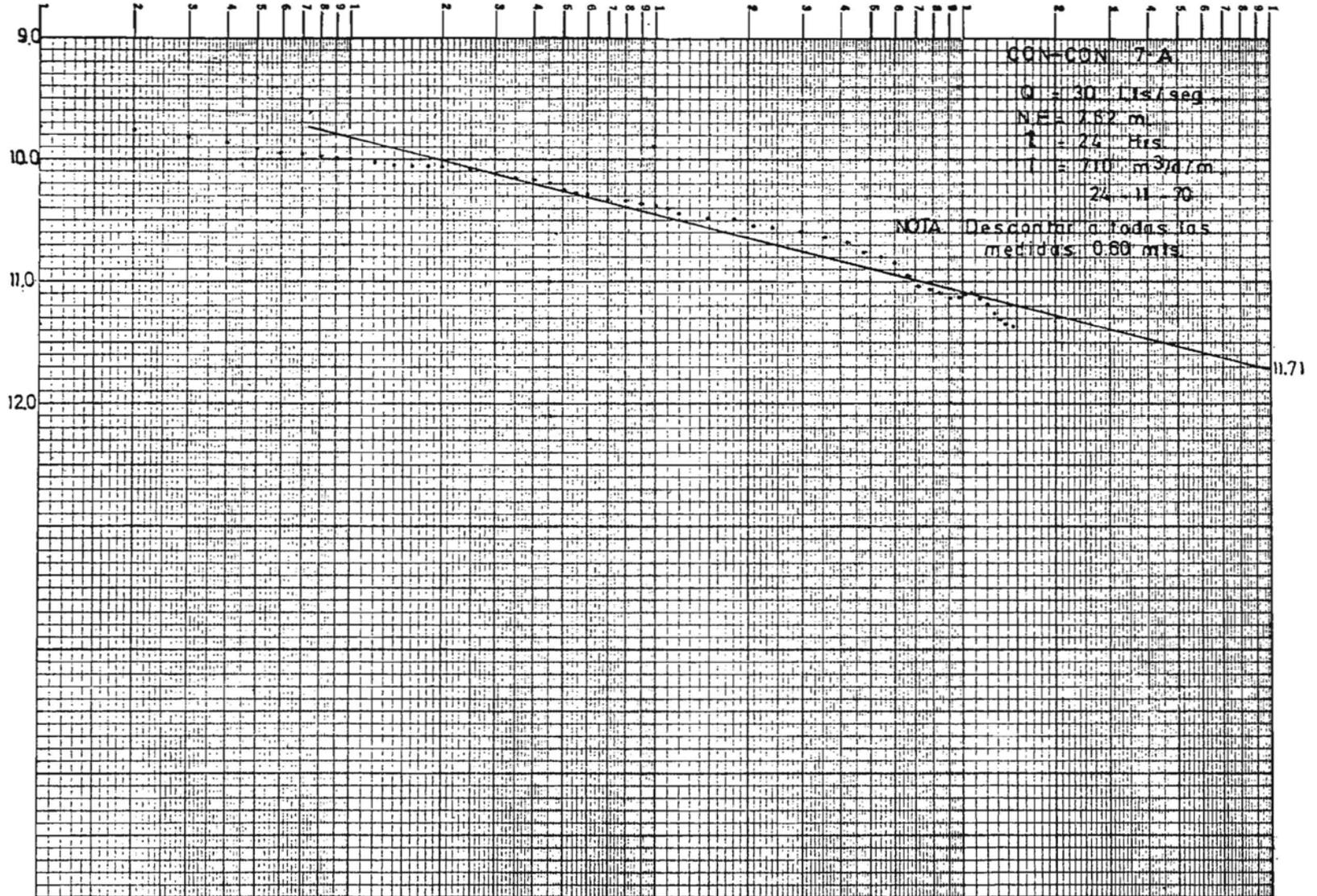
Nota: La curva se encuentra afectada por influencias de marea y bombeo discontinuo de ENAP.

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
 DEPTO DE RECURSOS HIDRAULICOS
 SECCION CONSTR. OBRAS HIDRAULICAS

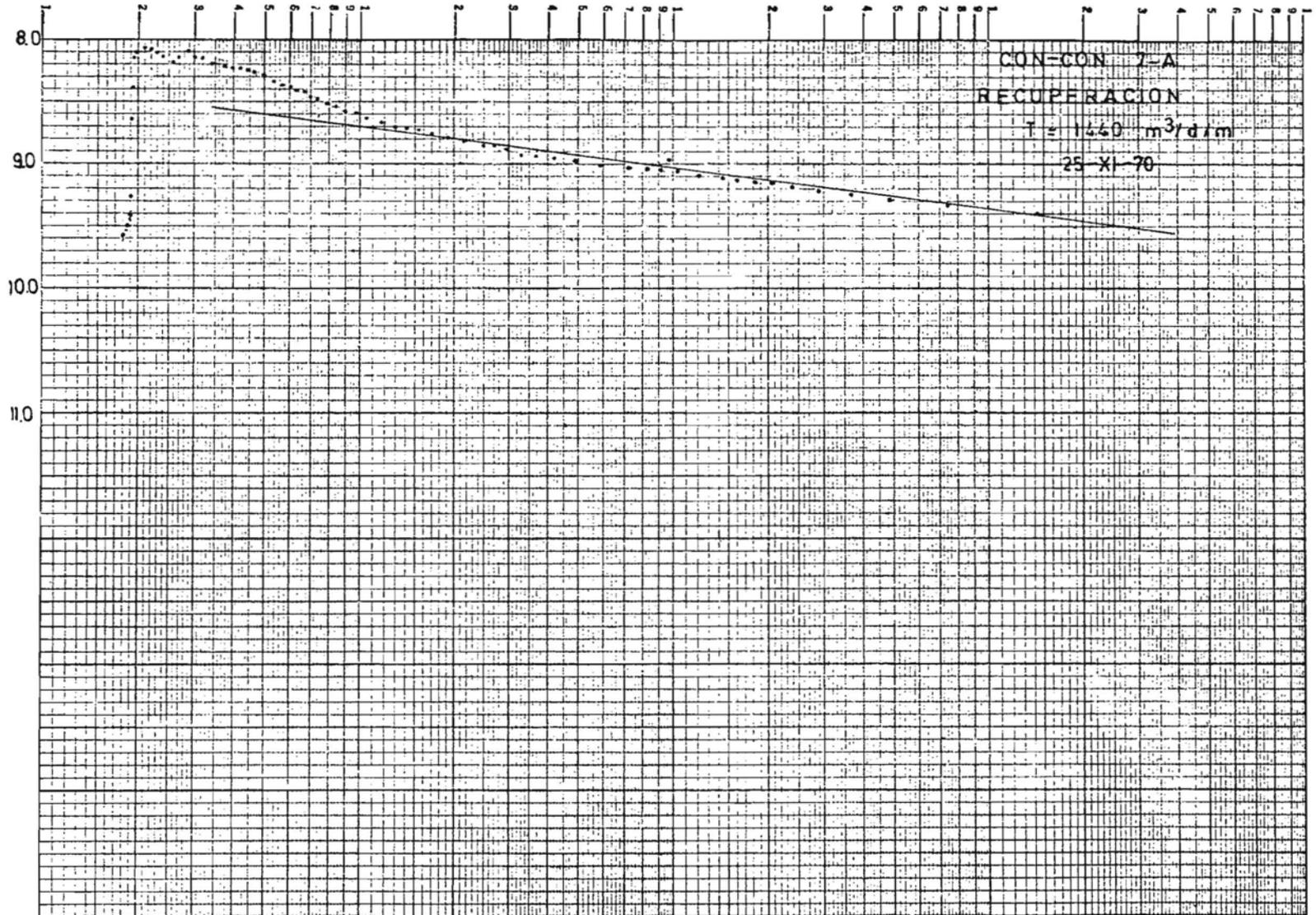
Dibujó J. C. L.

Revisó

V° B° Ing° Jefe



K-E SEMI-LOGAR MIC 359-81
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.
4 CYCLES A 70 DIVISIONS



INFORME PRUEBA DE BOMBEO-SONDAJE COH Nº 926
(CONCON 3)

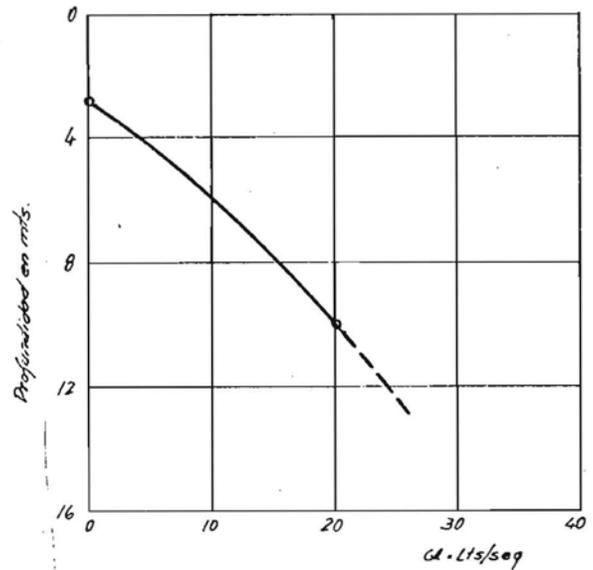
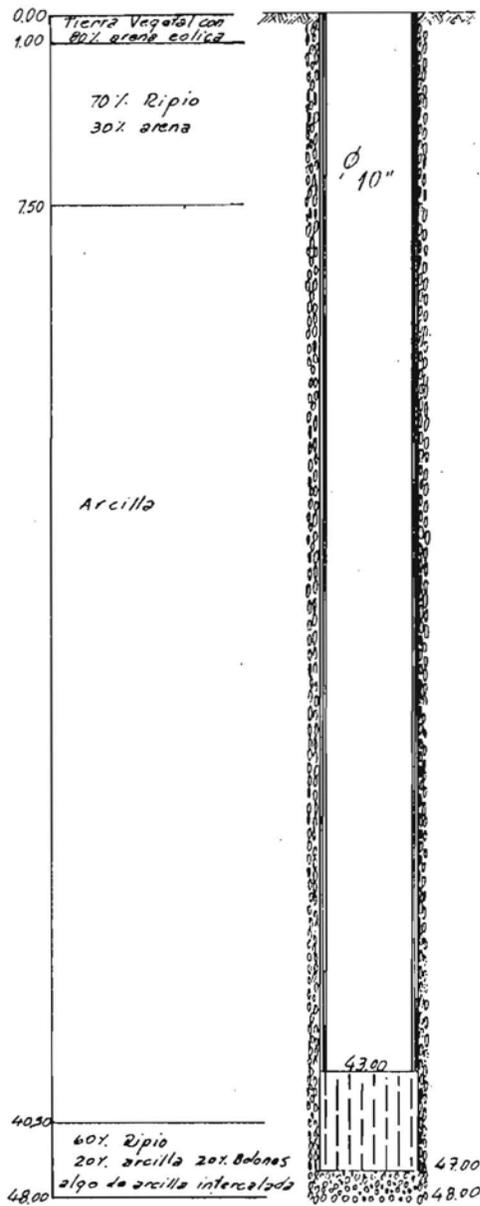
El sondeaje ubicado a 800 mts. al norte de la desembocadura del río Aconcagua; alcanzó una profundidad de 48.00 mts. raturándose solo el acuífero confinado (42.91-46.91). Para comprobar la independencia entre el acuífero superior e inferior durante la prueba se utilizó el pozo de observación ya existente dotado de limnógrafo. A fin de impedir la recirculación del agua extraída se dispusieron 200 mts. de manga plástica.

Se realizaron dos pruebas de larga duración con 15 lts/seg. y una con 20 lts./seg.

Conclusiones.-

Las distorsiones que afectaron el normal desarrollo de la prueba impiden determinar valores de transmisibilidad y almacenamiento que sean confiables. El bombeo discontinuo de ENAP y el efecto de mareas provocan anomalías que han sido estudiadas ampliamente en el informe que se acompaña. Las pruebas realizadas no contaron como en el caso del resto de los sondajes con un bombeo continuo de ENAP la cual hace imposible independizar la prueba de las distorsiones antedichas; se incluyen los antecedentes a fin de mostrar en forma gráfica los efectos a que se encuentra sometido el acuífero confinado.

CON CON



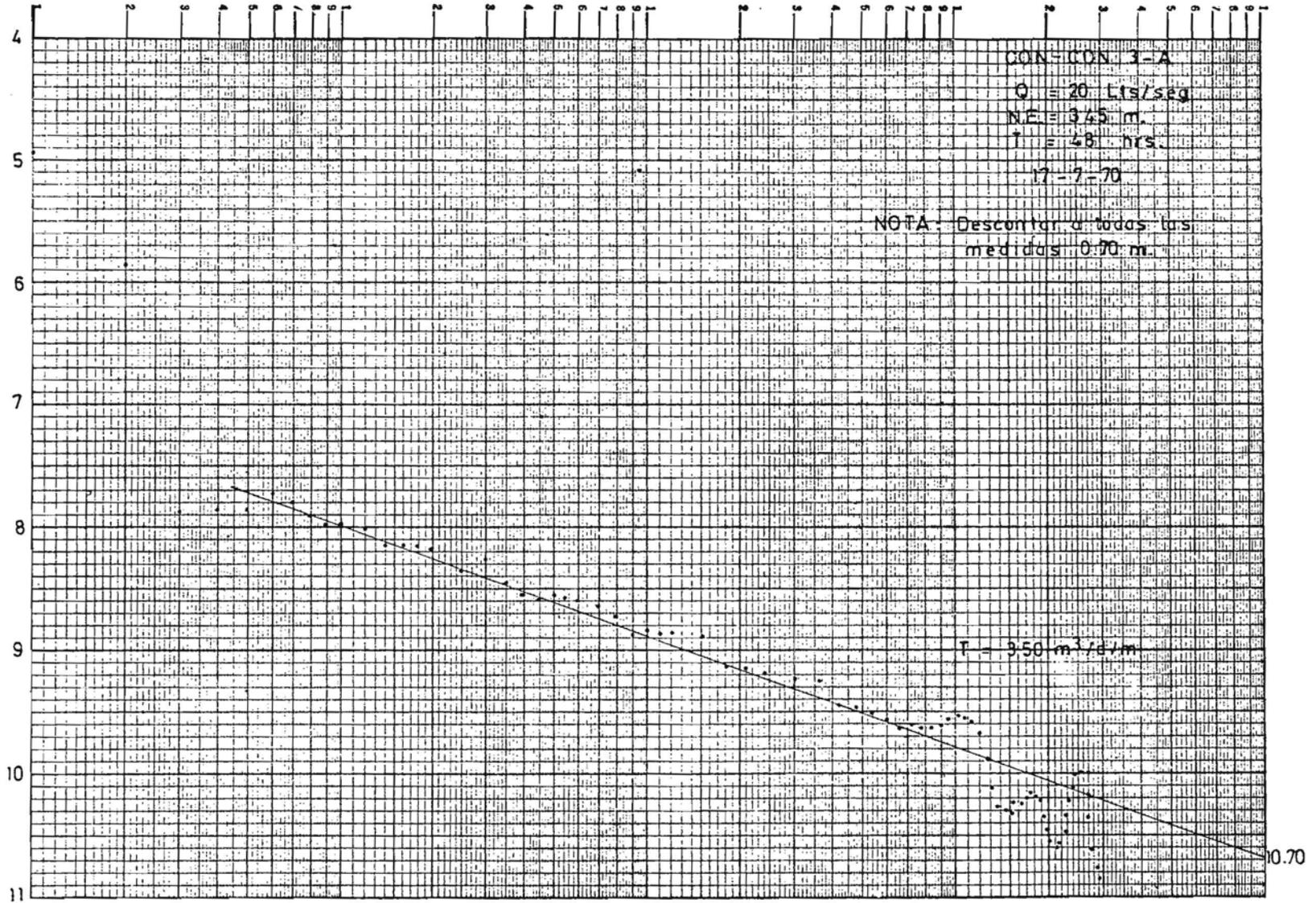
Nota: La curva se encuentra afectada por influencias de marea y bombeo discontinuo de ENAP.

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
 DEPTO DE RECURSOS HIDRAULICOS
 SECCION CONSTR OBRAS HIDRAULICAS

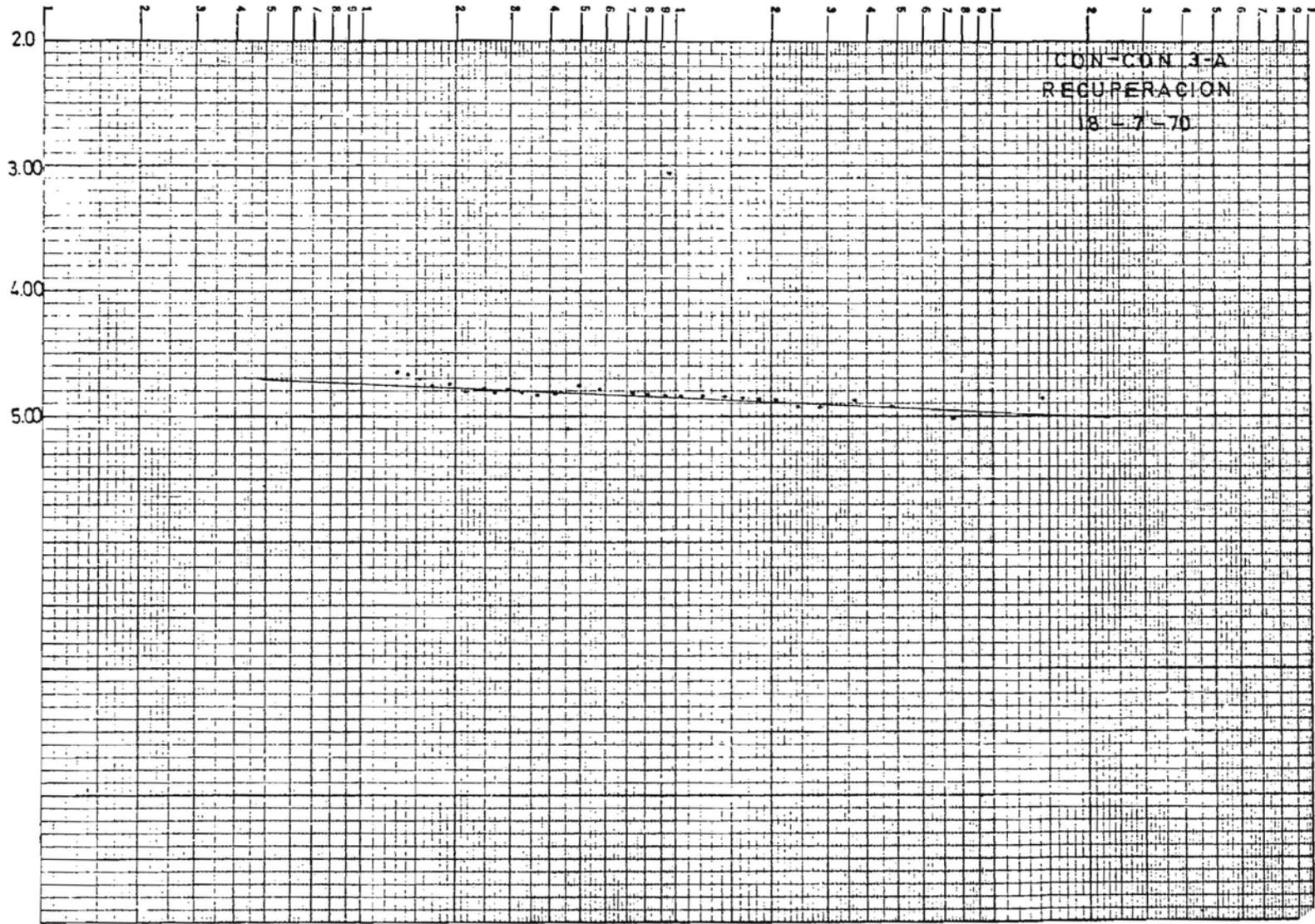
Dibujó J.C.L.

Revisó

V° B° Ing° Jefe



K-E SEMI-LOGAR MIC 359-81
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.
4 CYCLES A 70 DIVISIONS



INFORME PRUEBA DE BOMBEO SONDAJE PAC 3
(ENAP)- Lajarillas

Antecedentes.-

El sonduje pertenece a la Empresa Nacional de Petróleo y se encuentra ubicado en las inmediaciones de Concón, en el sector de Lajarillas.

Forma parte del conjunto de sondajes PAC, perforados mediante rotación, utilizándose actualmente con fines agrícolas.

El sonduje debe considerarse parcialmente penetrante, alcanzando su profundidad sólo a 10.28 mts. con ranurados dispuestos entre 1.50 y el fondo.

La prueba forma parte del programa de Bombeos que abarca la totalidad de los sondajes freáticos del sector Concón, persiguiéndose fundamentalmente la obtención de valores índices de las condiciones hidrogeológicas.

La cronología de los bombeos realizados es la siguiente:

<u>Fecha</u>	<u>Caudal (l/s)</u>	<u>Duración (hrs)</u>	<u>Niveles (mt.)</u>	<u>Observaciones</u>
7.10.71	5	2	0.97 N.I.	Tanteo
7.10.71	-	0.25	0.97 N.F.	Recuperación
7.10.71	10	2	0.90 N.I.	Tanteo
7.10.71	-	1	0.91 N.F.	Recuperación
8.10.71	12	20	0.89 N.I.	P.Definitiva
9.10.71	-	1.16	0.85 N.F.	Recuperación

Análisis:

Fundamentalmente orientadas a la obtención de valores de constantes elásticas y máximos caudales, las pruebas se enfrentaron a limitaciones, producto de la capacidad del equipo de bombeo. Si bien ello impide la determinación de una curva de agotamiento que refleje la máxima capacidad del sonduje, no es obstáculo para la valoración de constantes elásticas. Sin embargo, la imposibilidad de

contar con pozos de observación que permitan su control confiable ha exigido reducir la determinación de constantes a sólo la transmisibilidad, excluyendo el coeficiente de almacenamiento.

Estimaciones previas a estas pruebas, habían insinuado valores de transmisibilidad cercanos a $1000 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$., cifra que se ha visto ampliamente confirmada por los resultados obtenidos. Una tabla incluida al final de este informe refleja los distintos métodos que dan origen al valor indicado anteriormente.

Si suponemos válida dicha transmisibilidad para todo el sector aguas arriba de Lajarillas, acompañada de un gasto específico (G.E.) como el obtenido en el sondaje en prueba (G.E. : 6,35 l/s/m) puede confirmarse el diseño de explotación propuesto (para el acuífero freático) en informes anteriores.

Es así como, en cuanto a caudales máximos posibles de extraer individualmente de cada sondaje, el G.E. indicado permite preveer caudales de 30-40 l/s. Implícito a dicho gasto se encuentra la restricción impuesta a la depresión de no sobrepasar los $2/3$ del espesor del acuífero comprometido.

Si ahora, ajustándonos a la transmisibilidad obtenida deducimos la distancia mínima que debería separar a los sondajes componentes de una batería, ello se hará imponiendo condiciones de bombeo continuo durante una semana. Según ello,

$$R = 1.5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{s}}$$

$$R = 1.5 \sqrt{\frac{1000 \cdot 7}{0.20}}$$

$$R = 280 \text{ mts}$$

cifra que respalda ampliamente las insinuaciones anteriores (Informe Ocoa-Concón).

Independiente de las consideraciones generales ya expresadas, cabe analizar en forma particular el comportamiento del sondaje durante la prueba.

La detección de un fuerte efecto de recarga queda demostrada tanto durante el bombeo como durante la recuperación. Una estimación que nos permita confirmar la fuente de recarga, indica que ésta se encontraría dentro de un $R = 22$ mts.. Dicha distancia refleja casi exactamente las condiciones de terreno, ya que a sólo 25 mts. del sondaje escurre un estero. Debe centrarse todo el origen de la recarga indicada en dicho estero al utilizarse manga plástica durante el bombeo.

La recuperación, por su parte, confirma este efecto al alcanzar depresión nula ($\Delta = 0$) para valores elevados de t/t^* .

TABLA DE TRANSMISIBILIDADES

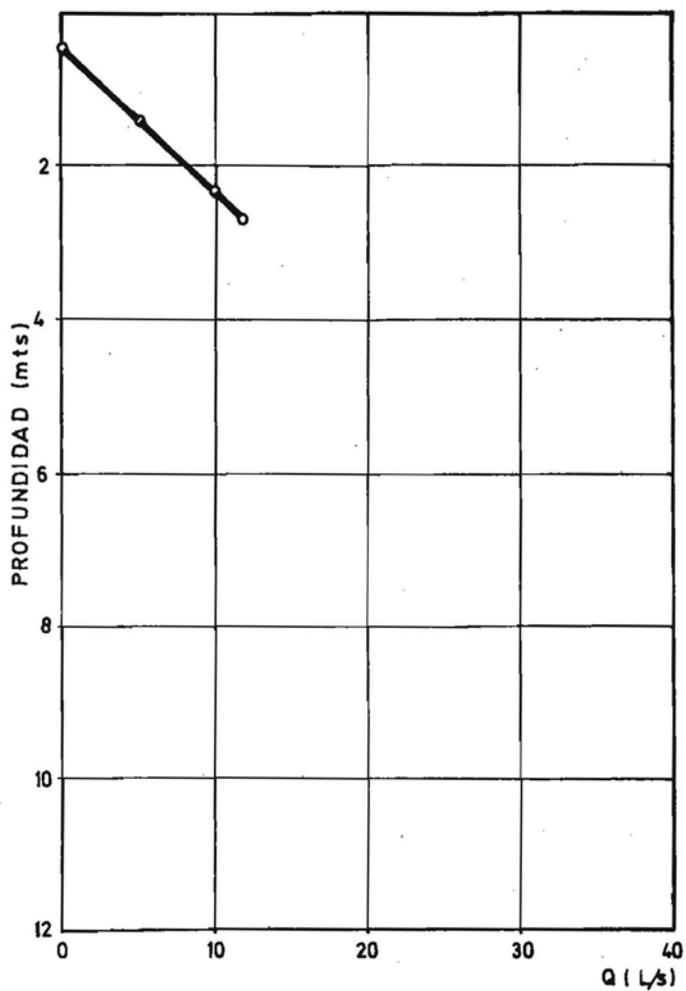
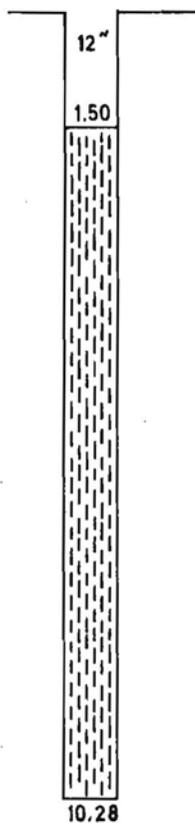
<u>METODO</u>	$m^3/d/m.$
Jacob	490
Recuperación	1180
G.E.	900

Conclusiones:

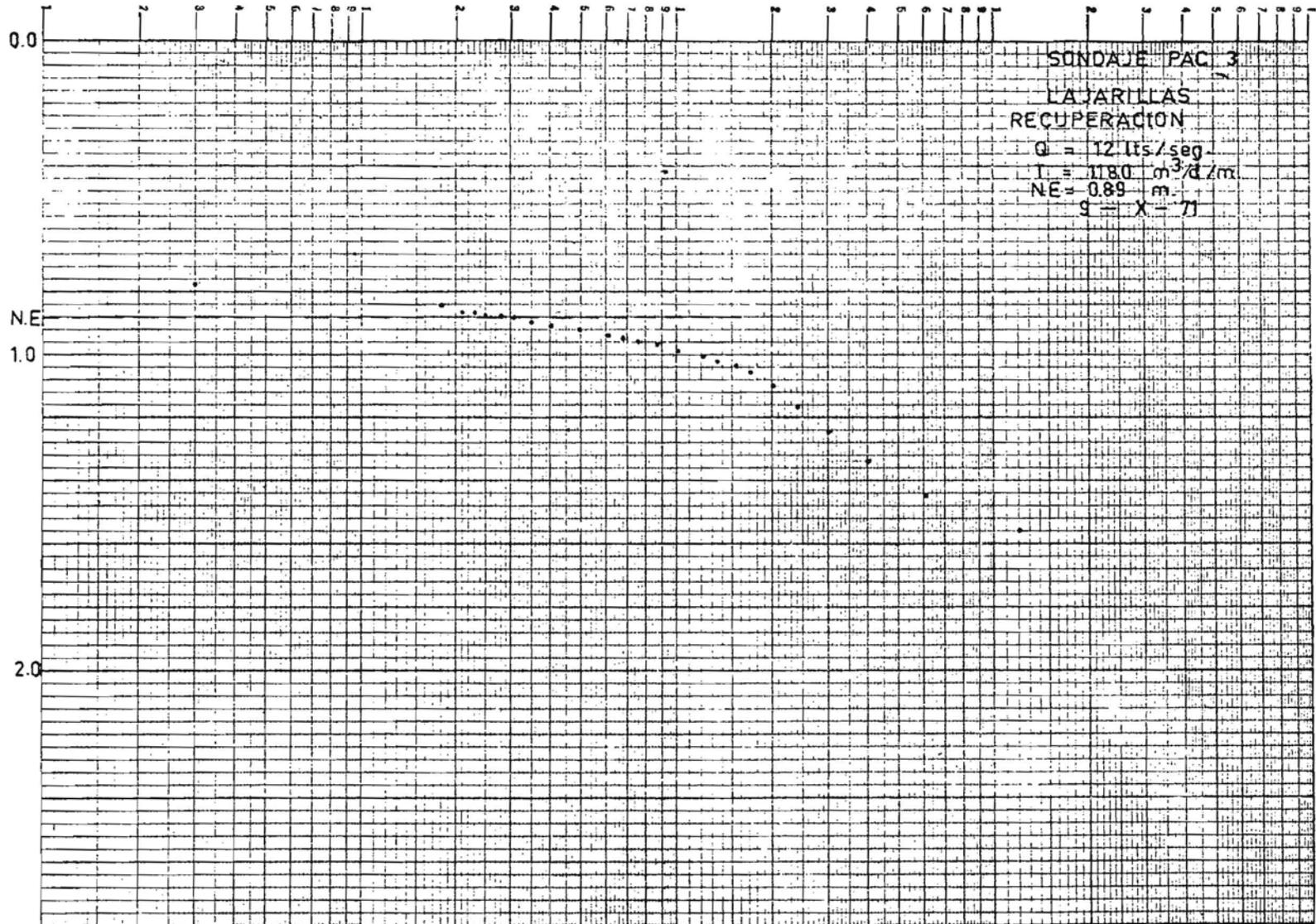
- 1.- La prueba se encuentra afectada por un fenómeno de recarga, claramente detectable tanto en el bombeo como en la recuperación.
- 2.- Independizándose del efecto anterior, la transmisibilidad alcanza a $T : 1000 m^3/d/m.$
- 3.- De acuerdo al G.E. demostrado, el sondaje proporcionaría un caudal cercano a 40 l/s. con un nivel deprimido en torno a 8.00 mts.
- 4.- Los valores anteriores confirman ampliamente lo expresado en informes anteriores.

SONDAJE PAC -3 (ENAP)

CURVA GASTO-NIVEL DINAMICO
10 000 min. de bombeo



SECCION HIDROGEOLOGIA



A N E X O II

Los pozos CORFO numerados desde el N° 849 adelante fueron controlados por la Sección Geología y Geofísica, y la descripción de la estratigrafía corresponde a aquella efectuada por un geólogo.

Desde el pozo N° 5 al 420, la descripción corresponde a la dada por el maestro perforista.

Los pozos PAR - 1 al 8, PAC - 1 al 20, PAC - IV al XIII, fueron construídos por ENAP y la descripción fué efectuada por personal de esa Empresa.

Los pozos D.O.S. 2 a 4, fueron construídos por la Dirección de Obras Sanitarias.

POZO S.A.S. Nº 5
SONDAJE Nº 5-1

REFINERIA NACIONAL PETROLEO - ENAP-CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena arcillosa	0.00	2.00	2.00
Arena fina y ripio con piedras de 2 a 3 cms.	2.00	7.00	5.00
Greda y ripio con piedras de 3 a 4 cms.	7.00	13.00	6.00
Arcilla gris muy pegajosa (Fango)	13.00	22.00	9.00
Greda y fango con arena fina	22.00	39.00	17.00
Fango con arena y ripio	39.00	43.00	4.00
Arena gruesa lavada sin arcilla	43.00	46.00	3.00
Arena gruesa y ripio	46.00	54.00	8.00
Arena fina y greda	54.00	57.60	3.60
Arcilla, arena y ripio	57.60	60.00	2.40
Arena y arcilla	60.00	62.20	2.20
Greda y arena	62,20	64.70	2.50
Arena y bolones	64.70	68.00	3.30

POZO S.A.S. Nº 7

SONDAJE Nº 5 - 2

REFINERIA NACIONAL PETROLEO - ENAP - CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena y ripio	0.00	2.50	2.50
Arena, ripio y bolones	2.50	9.50	7.00
Arena, arcilla y ripio	9.50	21.50	12.00
Arena gruesa, arcilla y bolones	21.50	40.30	18.80
Ripio, arena y arcilla	40.30	46.20	5.90
Arena, arcilla y ripio	46.20	50.00	3.80
Arcilla tosca y arena fina	50.00	54.00	4.00
Roca	54.00	56.50	2.50

POZO S.A.S. Nº 12
 SONDAJE Nº S-3
REFINERIA NACIONAL PETROLEO - ENAP-CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arcilla	0.00	1.00	1.00
Arcilla y arena	1.00	7.00	6.00
Ripio con arena gruesa	7.00	8.00	1.00
Arena	8.00	13.00	5.00
Arena fina y arcilla	13.00	14.00	1.00
Roca descompuesta y arcilla	14.00	18.00	4.00
Conglomerado de granito	18.00	18.60	0.60

POZO S.A.S Nº 15
 SONDAJE Nº S-4
REFINERIA NACIONAL DE PETROLEO - ENAP-CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena y ripio grueso	0.00	9.00	9.00
Arcilla y arena fina	9.00	34.00	25.00
Arena con arcilla	34.00	37.50	3.50
Arena y ripio fino con arcilla	37.50	38.50	1.00
Arena y ripio fino	38.50	44.00	5.50
Arena ripio fino con arcilla	44.00	60.50	16.50
Arena, piedras y arcilla	60.50	63.50	3.00
Arena y greda	63.50	74.50	11.00

POZO S.A.S Nº 35
SONDAJE Nº SD- 1

REFINERIA NACIONAL DE PETROLEO -ENAP- CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Terreno vegetal	0.00	0.70	0.70
Ripio con arena	0.70	9.00	8.30
Arcilla compacta con arena fina	9.00	34.00	25.00
Arena con arcilla	34.00	35.50	1.50
Arcilla con ripio y arena	35.50	42.60	7.10
Ripio fino con arena y poca arcilla	42.60	48.00	5.40
Conglomerado	48.00	52.00	4.00

POZO S.A.S. Nº 36
SONDAJE Nº SD-2

REFINERIA NACIONAL DE PETROLEO - ENAP - CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena y ripio suelto	0.00	7.00	7.00
Greda	7.00	34.00	27.00
Arena fina con arcilla	34.00	36.00	2.00
Arena, ripio y arcilla	36.00	42.60	6.60
Arena y ripio	42.60	44.50	1.90
Arena arcillosa con ripio fino	44.50	45.50	1.00
Arena con ripio grueso	45.50	49.60	4.10
Arcilla arenosa	49.60	53.00	3.40

POZO S.A.S. Nº 43
SONDAJE Nº SD-3

REFINERIA NACIONAL DE PETROLEO ENAP - CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Tierra vegetal	0.00	1.50	1.50
Ripio y arena	1.50	6.50	5.00
Ripio, arena y arcilla	6.50	8.50	2.00
Arcilla compacta	8.50	34.00	25.50
Ripio arena y poca arcilla	34.00	41.00	7.00
Ripio fino y arena	41.00	48.00	7.00
Ripio, arena y poca arcilla	48.00	50.00	2.00

POZO S.A.S. Nº 44
SONDAJE Nº SD- 4

REFINERIA NACIONAL DE PETROLEO ENAP - CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Tierra vegetal	0.00	0.60	0.60
Arena y ripio	0.60	7.00	6.40
Arcilla	7.00	30.00	23.00
Conglomerado	30.00	38.00	8.00
Arena y ripio con muy poca arcilla	38.00	44.00	6.00
Arena y ripio fino con arcilla	44.00	46.00	2.00

POZO S.A.S. Nº 46

SONDAJE Nº SD - 8

REFINERIA NACIONAL DE PETROLEO ENAP - CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Tierra vegetal	0.00	1.00	1.00
Ripio y arena	1.00	7.00	6.00
Arcilla	7.00	30.00	23.00
Arena fina con arcilla	30.00	34.00	4.00
Arena, ripio y piedras	34.00	35.00	1.00

POZO S.A.S. Nº 47

SONDAJE Nº SD- A

REFINERIA NACIONAL DE PETROLEO ENAP - CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Tierra vegetal	0.00	1.20	1.20
Ripio y arena	1.20	9.50	8.30
Arcilla	9.50	34.00	24.50
Arena con poca arcilla	34.00	36.00	2.00
Arcilla, ripio y arena	36.00	42.00	6.00
Ripio y arena	42.00	47.00	5.00
Conglomerado	47.00	47.50	0.50

POZO S.A.S. Nº 54

SONDAJE Nº SD-5

REFINERIA NACIONAL DE PETRÓLEO ENAP - CONCON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Terreno vegetal	0.00	0.60	0.60
Arena y ripio	0.60	7.00	6.40
Arcilla	7.00	27.00	20.00
Arena fina con arcilla	27.00	35.00	8.00
Arena y ripio con muy poca arcilla	35.00	43.00	8.00
Arena con arcilla	43.00	45.00	2.00

POZO S.A.S. Nº 396

SONDAJE Nº 1

EMPRESA NACIONAL DE MINERIA

HD. COLMO - COLMO

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Tierra vegetal	0.00	1.30	1.30
Ripio grueso y arena	1.30	9.50	8.20
Conglomerado de color negro	9.50	23.70	14.20
Ripio y arena gruesa	23.70	31.50	7.80
Conglomerado color gris	31.50	43.30	11.80
Arena angulosa	43.30	44.20	0.90
Conglomerado muy duro	44.20	65.20	21.00
Arena gruesa	65.20	72.30	7.10
Conglomerado arcilloso	72.30	87.90	15.60
Arena media	87.90	90.50	2.60
Conglomerado y bolones	90.50	93.50	3.00

POZO S.A.S. Nº 409
 SONDAJE Nº 2
 EMPRESA NACIONAL DE MINERIA
 HACIENDA COLMO

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Ripio grueso y arcilla	0.00	2.30	2.30
Ripio grueso y arena	2.30	9.50	7.20
Conglomerado gris	9.50	27.50	18.00
Ripio grueso y arena	27.50	30.50	3.00
Conglomerado duro	30.50	32.10	1.60
Ripio grueso y arena	32.10	36.00	3.90
Conglomerado duro y bolones	36.00	47.40	11.40
Ripio y Arena	47.40	53.20	5.80
Conglomerado amarillo	53.20	56.50	3.30

POZO S.A.S. Nº 420
 SONDAJE Nº 3
 EMPRESA NACIONAL DE MINERIA
 HACIENDA COLMO

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena y Ripio	0.00	2.40	2.40
Arena y Ripio y Bolones	2.40	8.60	6.20
Conglomerado negro	8.60	23.00	14.40
Conglomerado	23.00	25.30	2.30
Ripio y arena	25.30	27.00	1.70
Conglomerado	27.00	29.80	2.80
Ripio grueso	29.80	30.60	0.80
Conglomerado duro	30.60	37.10	6.50
Arena gruesa	37.10	39.00	1.90
Conglomerado	39.00	53.30	14.30

POZO S.A.S. Nº 849

MAUCO Nº 1

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Ripio 60%, Bolones 20%, Grava y Arena 20%	0.00	15.00	15.00

POZO S.A.S. Nº 859

EL COLMO Nº 1

Ripio 60%, Bolones 20%, Arena y Grava 20%	0.00	12.00	12.00
---	------	-------	-------

POZO S.A.S. Nº 897

EL COLMO Nº 2

Tierra vegetal	0.00	1.00	1.00
Ripio 60%, Bolones 20%, Arena y Grava 20%	1.00	9.00	8.00

POZO S.A.S. Nº 862

CON-CON Nº 1

Tierra vegetal	0.00	1.00	1.00
Ripio 60%, Arena 30%, Bolones 10%	1.00	10.00	9.00
Arcilla Gris 100 %	10.00	28.00	18.00
Bolones 20%, Ripio 60%, Arena 10%, Arcilla Intercalada 10%	28.00	50.00	22.00

POZO S.A.S. Nº 871

CON-CON Nº 2

Tierra vegetal con abundante arena	0.00	1.00	1.00
Ripio 60%, Arena 30%, Bolones 10%	1.00	10.00	9.00
Arcilla gris 100%	10.00	26.00	16.00
Ripio 60%, Arena 10%, Bolones 20%, Arcilla intercalada 10%	26.00	36.50	10.50

POZO S.A.S. N° 882

CON-CON N° 3

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Tierra vegetal con 80% de arena eólica	0.00	1.00	1.00
Ripio 70%, Arena 30%	1.00	7.50	6.50
Arcilla Gris 100%	7.50	40.50	33.00
Ripio 60%, Bolones 20%, Arena y Grava 20%. Presencia de Arcilla intercalada	40.50	48.00	7.50

POZO S.A.S. N° 898

CON-CON N° 4

Tierra vegetal con 80% de arena eólica	0.00	1.00	1.00
Ripio 70%, Arena 30%	1.00	9.00	8.00
Arcilla gris 100%	9.00	41.60	32.60
Ripio 60%, Bolones 20%, Arena y Gra va 20%, Arcilla intercalada	41.60	45.00	3.40

POZO S.A.S. N° 883

CON-CON N° 5

Tierra vegetal	0.00	1.00	1.00
Ripio 60%, Arena 15%, Bolones 25%	1.00	15.80	14.80
Arcilla Gris 100%	15.80	20.00	4.20
Ripio 60%, Arena 15%, Bolones 20%, Arcilla intercalada 5%.	20.00	29.00	9.00

POZO S.A.S. Nº 884

CON-CON Nº 6

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Tierra vegetal con arcilla limosa	0.00	1.50	1.50
Ripio 60%, Arena 10%, Bolones 30%	1.50	11.00	9.50
Arcilla Gris 100%	11.00	12.00	1.00
Ripio 60%, Bolones 30%, Arena Gra va 10%	12.00	23.00	11.00

POZO S.A.S. Nº 885

CON-CON Nº 7

Tierra vegetal	0.00	1.00	1.00
Ripio 60%, Arena 15%, Bolones 25%	1.00	9.70	8.70
Arcilla 100%	9.70	38.30	28.60
Ripio 60%, Arena 20%, Bolones 20% y arcilla intercalada	38.30	49.00	10.70

POZO S.A.S. Nº 893

CON-CON Nº 8

Tierra vegetal	0.00	1.00	1.00
Ripio 60%, Arena 15%, bolones 25%	1.00	8,50	7.50
Arcilla 100%	8.50	34.00	25.50
Ripio 60%, Arena 20%, Bolones 20% y arcilla intercalada	34.00	45.00	11.00

POZO PAR Nº 4 (ENAP)

CON- CON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arenisca arcillosa fina, rojiza a amarillenta, con rodados ocasionales	0.00	4.00	4.00
Arena de grano fino a muy grueso, limpia de matriz arcillosa, en parte con gomerádica, con zonas ricas en restos vegetales. En general buena permeabilidad.	4.00	10.00	6.00
Intercalaciones de arena limpia y arena arcillosa fina.	10.00	13.00	3.00
Arena muy arcillosa, pasando a arcilla arenosa ocre.	13.00	15.00	2.00
Limo azul oscuro, plástico, impermeable	15.00	17.00	2.00
Arena gruesa, con fragmentos angulares de diorita	17.00	18.00	1.00
Diorita gris oscura. Basamento.	18.00	19.00	1.00

POZO PAR Nº 5 (ENAP)

CON-CON

Arcilla arenosa parda-rojiza.	0.00	2.00	2.00
Arena grano medio a grueso, en parte limpia, en parte arcillosa	2.00	3.00	1.00
Arena gruesa, muy arcillosa, parda rojiza, con restos vegetales.	3.00	6.00	3.00
Arena gruesa a conglomerado fino, blanda mal clasificada, con zonas porosas, color pardo rojizo.	6.00	9.00	3.00
Arena gruesa, con intercalaciones de arcilla verdosa con restos vegetales. Rodados ocasionales.	9.00	13.00	4.00
Arcilla arenosa gris, con lentes de arena gruesa, limpia.	13.00	17.00	4.00
Arena gruesa, aparentemente limpia, con rodados ocasionales y pocas guías de arcilla	17.00	27.00	10.00
Arena gruesa arcillosa	27.00	28.00	1.00
Arena gruesa, con fragmentos angulares de roca y pocas guías de arcilla. Posiblemente porosa.	28.00	34.00	6.00

POZO PAR Nº 1. (ENAP)

CON - CON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena muy fina y arcillosa, con abundante materia orgánica vegetal	0.00	3.00	3.00
Arena fina con frecuentes rodados y fuerte cementación ferruginosa. Algo porosa	3.00	4.00	1.00
Arena grano medio a grueso, ferruginosa, con abundantes restos vegetales	4.00	5.00	1.00
Rodados en una matriz de arcilla negra, rica en restos vegetales.	5.00	6.00	1.00
Arenisca de grano fino a medio, roja, bien clasificada, porosa, buena permeabilidad, cemento ferruginoso	6.00	9.00	3.00
Arenisca roja, fina, gradualmente más arcillosa hacia abajo, y cambiando a color amarillo ocre.	9.00	14.00	5.00
Arcilla arenosa gris, plástica.	14.00	17.00	3.00
Arcilla arenosa verde, plástica, con frecuentes fragmentos blancos de ceolita. Aparentemente una toba alterada.	17.00	24.00	7.00
Arena ceolítica blanca con matriz de arcilla verde claro.	24.00	28.00	4.00
Arena gruesa, con ceolita, cuarzo y fragmentos angulares de granito. Posiblemente se alcanzó el basamento	28.00	30.00	2.00

POZO PAR Nº 3 (ENAP)

CON-CON

Lodo orgánico, negro.	0.00	3.00	3.00
Lodo orgánico y arena arcillosa roja, fina.	3.00	5.00	2.00
Arenisca arcillosa muy fina amarillo-rojiza y arenisca fina negra, con abundante materia orgánica.	5.00	7.00	2.00
Arena arcillosa gruesa, con abundantes restos vegetales.	7.00	12.00	5.00
Arcilla arenosa roja, pasando hacia la base a arcilla tobácea amarillo-verdosa.	12.00	15.00	3.00

POZO PAR Nº 6 (ENAP)

CON- CON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena y grava	0.00	1.00	1.00
Arcilla arenosa, con frecuentes rodados	1.00	7.00	6.00
Arcilla arenosa con abundantes restos vegetales.	7.00	8.00	1.00
Alternación de bancos de arcilla arenosa y arena gruesa, porosa.	8.00	31.00	23.00
Arena gruesa y fragmentos de diorita	31.00	32.00	1.00
Diorita (Basamento)	32.00	36.00	4.00

POZO PAR Nº 7 (ENAP)

CON-CON

Arcilla y grava	0.00	1.00	1.00
Arcilla con rodados	1.00	8.00	7.00
Arena arcillosa, gruesa	8.00	9.00	1.00
Arcilla negra, arenosa	9.00	10.00	1.00
Alternaciones de arena gruesa, generalmente arcillosa y arcilla arenosa. Bancos aislados de arena limpia en 14 y 16 m.	10.00	16.50	6.50
Arcilla amarillo verdosa clara, plástica (posiblemente tobácea).	16.50	19.00	2.50

POZO PAR Nº 8 (ENAP)

CON-CON

Arena gruesa derivada del granito, angular, mala clasificación, sin arcilla	0.00	3.00	3.00
Arena gruesa a gravilla de fragmentos de granito. Sin arcilla.	3.00	5.00	2.00
Grava angular y arcilla ploma	5.00	6.00	1.00
Arena gruesa a grava fina, angular, en general limpia. Pocas guías de arcilla ploma	6.00	12.00	6.00
Arena gruesa, angular, limpia.	12.00	17.00	5.00

POZO PAC Nº 1 (ENAP)

CON-CON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Grava fina y arena	0.00	1.00	1.00
Grava fina, hasta 2 cm.	1.00	5.00	4.00
Grava hasta 4 cm.	5.00	6.00	1.00
Arena gruesa a gravilla 0,5 cm.	6.00	7.00	1.00
Grava fina, hasta 2 cm. y arena gruesa	7.00	8.00	1.00
Grava hasta 2 cm. y poca arena gruesa	8.00	12.00	14.00
Grava y arcilla plástica. Techo arcilla más o menos 12,60 m.	12.00	13.00	1.00
Arcilla parda oscura, de textura muy fina, con inclusiones ocasionales de grava. Presenta pocas zonas de arcilla arenosa laminada. Es plástica y con fuerte olor a materia orgánica descompuesta.	13.00	18.00	5.00

POZO PAC Nº 2 (ENAP)

CON-CON

Arena y grava	0.00	2.00	2.00
Grava 3-5 cms. y arena gruesa	2.00	11,50	9.50
Arcilla plástica ploma, oscura, con materia orgánica	11.50	14.00	2.50

POZO PAC Nº 4 (ENAP)

CON-CON

Grava de 2 a 3 cm.	0.00	1.00	1.00
Grava de 2 a 4 cm.	1.00	2.00	1.00
Grava de 4 a 5 cm.	2.00	6.00	4.00
Arena gruesa a grava muy fina	6.00	7.00	1.00
Grava de 2 a 3 cm. y poca arena gruesa	7.00	9.00	2.00
Arena muy gruesa a gravilla (0,5 cm.)	9.00	11.00	2.00

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Grava sin arena. Poca arcilla parda grisácea. Techo de la arcilla más o menos 11,8 m.	11.00	12.00	1.00
Arcilla plástica parda grisácea.	12.00	15.00	3.00

POZO PAC Nº 8 (ENAP)

CON-CON

Tierra vegetal y arcilla arenosa	0.00	1.00	1.00
Arena gruesa y grava hasta 3 cm.	1.00	3.00	2.00
Grava de 3 - 4 cm..	3.00	4.00	1.00
Grava de 4 - 6 cm.	4.00	6.00	2.00
Arena gruesa	6.00	8.50	2.50
Arena gruesa y algo de grava	8.50	11.50	10.00
Arcilla gris negruzca, plástica	11.50	15.00	3.50

POZO PAC Nº 9 (ENAP)

CON-CON

Tierra vegetal	0.00	1.50	1.50
Grava de 2 - 3 cm.	1.50	3.00	1.50
Grava hasta 5 cm. y algo de arena gruesa	3.00	8.00	5.00
Arena gruesa, angular, limpia y poca grava	8.00	9.00	1.00
Arcilla gris oscura, con pocas inclusiones de grava.	9.00	11.00	2.00

POZO PAC Nº 10 (ENAP)

CON-CON

Arcilla parda y tierra vegetal	0.00	1.00	1.00
Grava hasta 4 cm.	1.00	2.00	1.00
Grava de 4 - 5 cm. y arena gruesa	2.00	6.00	4.00
Arena muy gruesa. Poca grava	6.00	12.00	6.00
Arcilla plástica parda, con rodados incluídos en la parte superior	12.00	15.00	3.00

POZO PAC Nº 12 (ENAP)
CON-CON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena fina	0.00	1.10	1.10
Ripio buena calidad	1.10	8.00	6.90
Arcilla parda oscura	8.00	adelante	

POZO PAC Nº 13 (ENAP)
CON-CON

Arena fina	0.00	2.00	2.00
Ripio buena calidad	2.00	8.50	6.50
Arcilla oscura	8.50	adelante	

POZO PAC Nº 14 (ENAP)
CON-CON

Arena fina	0.00	0.40	0.40
Ripio muy buena calidad	0.40	7.00	6.60
Arcilla parda oscura	7.00	adelante	

POZO PAC Nº 15 (ENAP)
CON-CON

Arena fina	0.00	1.00	1.00
Ripio buena calidad	1.00	9.00	8.00
Arcilla parda oscura	9.00	adelante	

POZO PAC Nº 16 (ENAP)
CON-CON

Arena fina	0.00	2.00	2.00
Ripio fino, material vegetal	2.00	8.00	6.00
Arcilla parda oscura	8.00	adelante	

POZO PAC Nº 17 (ENAP)
CON-CON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena fina	0.00	2.50	2.50
Ripio fino material vegetal	2.50	7.50	5.00
Arcilla parda oscura	7.50	adelante	

POZO PAC Nº 18 (ENAP)
CON-CON

Arena fina	0.00	3.00	3.00
Ripio mala calidad	3.00	8.00	5.00
Arcilla parda oscura	8.00	adelante	

POZO PAC Nº 20 (ENAP)
CON-CON

Arena fina	0.00	2.00	2.00
Ripio buena calidad	2.00	8.00	6.00
Arcilla parda oscura	8.00	adelante	

POZO PAC Nº IV (ENAP)
CON-CON

Limo con restos vegetales	0.00	1.00	1.00
Grava 1-2 cm., limo y arena	1.00	2.00	1.00
Grava 2-3 cm. y arena gruesa	2.00	4.00	2.00
Grava 3-5 cm.	4.00	5.00	1.00
Arena muy gruesa y poca grava 3-4 cm.	5.00	8.00	3.00
Arena muy gruesa	8.00	9.00	1.00
Arena muy gruesa y grava 2-3 cm.	9.00	11.50	2.50
Arcilla plástica con pocos rodados	11,50	15.00	3.50

POZO PAC Nº VII (ENAP)

CON-CON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Arena gruesa y grava 3-4 cm.	0.00	1.00	1.00
Grava 3-4 cm. y arena gruesa	1.00	3.00	2.00
Arena gruesa y grava 2 - 3 cm.	3.00	4.00	1.00
Grava 1-2 cm. y poca arena gruesa	4.00	9.00	5.00
Arena muy gruesa a gravilla fina, limpia	9.00	12.00	3.00
Arcilla plástica con pocos rodados.	12.00	15.00	3.00

POZO PAC Nº X (ENAP)

CON-CON

Arena gruesa y grava 1-2 cm	0.00	1.00	1.00
Grava 2-3 cm. Pocos restos vegetales	1.00	4.00	3.00
Grava 3-4 cm.	4.00	5.00	1.00
Grava 4-5 cm.	5.00	6.00	1.00
Grava hasta 6 cm.	6.00	7.00	1.00
Grava hasta 4 cm.	7.00	8.00	1.00
Arena gruesa. Poca grava hasta 1 cm.	8.00	9.00	1.00
Arena gruesa y grava fina	9.00	11.50	2.50
Arcilla arenosa gris	11.50	12.00	0.50
Arcilla gris con restos vegetales y rodados ocasionales. Fragmentos de madera	12.00	14.00	2.00
Arcillagris oscura, con gastrópodos.	14.00	15.00	1.00

POZO PAC Nº XIII (ENAP)

CON-CON

Tierra vegetal y grava	0.00	1.00	1.00
Grava 2-3 cm.	1.00	4.00	3.00
Grava 3-5 cm. y poca arena gruesa	4.00	6.00	2.00
Arena muy gruesa a gravilla, limpia	6.00	12.50	6.50
Arcilla gris con bastantes inclusiones de grava	12.50	15.00	2.50

POZO D.O.S. N 1
CON-CON

	<u>DE</u>	<u>A</u>	<u>POTENCIA</u>
Ripio grueso arena	0.00	7.00	7.00
Material descompuesto (fango)	7.00	30.00	23.00
Ripio grueso arena	30.00	32.00	2.00
Bolones grandes arena	32.00	36.00	4.00
Arena gruesa, ripio delgado y bolones	36.00	44.00	8.00
Ripio grueso, arena gruesa, bolones	44.00	50.00	6.00
Bolones grandes poca arena	50.00	54.00	4.00
Arcilla con arena	54.00	57.00	3.00
Arena gruesa, y bolones	57.00	63.00	6.00
Arena gruesa y poca arcilla	63.00	66.00	3.00
Ranurado desde 29.97 hasta 54.0 m.			

POZO D.O.S. Nº 2
CON-CON

Perforado hasta 57.0 m.
Sin perfil estratigráfico
No se habilitó

POZO D.O.S. Nº 3
CON-CON

Perforado hasta 38.60
Sin perfil estratigráfico
Ranurado desde 31.0 a 38.6

POZO D.O.S. Nº 4
CON-CON

Perforado hasta 38.0
Sin perfil estratigráfico
Ranurado desde 30.31 a 36.0 m.



A N E X O III

POZO	Ca	Mg	Na	K	Co ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	N	pH	Dureza Total	Dureza Bicarbonácea	T.S.D. Evaporación	Conductancia específica	Turbiedad	Fecha	Observaciones
1.- CON-CON Nº 3	103	16,7	70,0	1,9	0,0	226,4	150,8	62,1	12,4	7,8	325,5	185,5	650,0	911,0	2,0	29/9/70	Por bombeo
2.- CON-CON Nº 3	103,4	37,0	60,0	-	0,0	191,0	139,0	172,9	--	7,8	410,12	155,3	570,0	820,0	2,0	6/7/70	Por bombeo
3.- CON-CON Nº 3	101,7	18,1	71	2,0	0,0	224,6	150,8	60,1	24,8	7,3	328,1	183,8	610,0	903,0	2,0	4/8/70	Surgiendo
4.- CON-CON Nº 5 -A	173,9	50,7	210,0	2,7	0,0	285,6	575,9	56,8	--	7,7	642,7	233,8	1.627,0	270,0	9,0	4/5/71	Por bombeo Pozo Nº
5.- CON-CON Nº 7	116,2	17,0	61,0	2,4	0,0	213,6	173,8	84,5	--	7,6	356,7	174,9	729,0	1.035,0	3,0	2/11/70	Por bombeo
6.- CON-CON Nº 8	92,2	17,0	42,0	1,8	9,0	250,2	62,6	63,9	--	8,2	297,4	222,9	419,0	594,0	5,0	17/11/70	Por bombeo
7.- ENAMI Nº 1	142,7	21,3	38,8	7,0	0,0	288,6	53,0	209,9	--	7,1	443,2	236,4	655,0	960,0	3,0	21/4/71	Por bombeo
8.- Nº 860	98,8	17,5	6,4	2,7	0,0	260,6	43,0	56,8	--	7,8	318,6	213,3	421,0	600,0	3,0	29/4/71	Por bombeo
9.- C- 11 (ENAP)	96,2	19,5	48,3	7,8	0,0	311,2	78,2	67,9	--	8,1	316,7	253,0	548,0	750,0	4,0	7/1/71	Por bombeo
10.- CON-CON 3'	1.560,0	282,0	6.600,0	236,0	4,4	113,5	13.000,0	1.760,0	19,0	8,3	5.120,0	93,0	25.000,0	40.300,0	--	12/8/71	Contaminada por agua de mar
11.- CON-CON 3-A	96,0	9,7	71,0	1,9	0,0	172,0	145,0	71,1	2,5	7,8	280,0	141,0	650,0	1.045,0	--	30/8/71	Por bombeo
12.- CON-CON 5'	28,0	6,8	220,0	6,0	0,0	153,0	233,0	80,5	2,5	7,6			690,0	1.170,0	--	30/8/71	Por bombeo
13.- CON-CON 6	96,0	7,3	23,0	1,0	0,0	165,0	27,0	132,0	1,0	7,5	272,0	135,0	407,0	684,0	--	30/8/71	Por bombeo
14.- CON-CON 7-A	80,0	6,8	81,0	2,0	0,0	109,0	165,0	66,3	0,0	7,4	228,0	84,0	504,0	993,0	--	30/8/71	Por bombeo
15.- CON-CON 7'	139,0	6,8	380,0	7,6	0,0	212,0	553,0	231,5	0,0	7,5	376,0	173,0	1.590,0	3.140,0	--	30/8/71	Por bombeo
16.- CON-CON 8-A	99,3	11,7	58,0	1,9	0,0	214,0	104,0	79,3	0,0	7,7	296,0	179,0	520,0	976,0	--	30/8/71	Por bombeo
17.- CON-CON 8'	149,0	20,4	44,0	1,9	0,0	226,0	54,8	256,0	0,0	7,6	467,0	185,0	776,0	1.155,0	--	30/8/71	Por bombeo
18.- CON-CON 9	91,4	7,8	25,0	1,8	0,0	214,0	29,1	78,5	1,5	7,7	260,0	185,0	404,0	677,0	--	30/8/71	Por bombeo
19.- CON-CON 9'	229,0	35,9	84,0	2,2	0,0	299,0	110,0	423,0	0,0	7,8	720,0	244,0	1.195,0	1.715,0	--	30/8/71	Por bombeo

N o t a : Los análisis del 1 al 9 fueron efectuados por el Laboratorio de la Sección Ingeniería Sanitaria de la U. de Chile.
Los análisis del 10 al 19 fueron efectuados por CORFO.

FE DE ERRATA

<u>PAGINA</u>	<u>LINEA</u>	<u>DICE</u>	<u>DEBE DECIR</u>
1	3	provincia	Provincia
1	4	departamento	Departamento
8	penúltima	(acuifero confinado)	al acuifero confinado
14	15	sub áerea	sub-aérea
34	11	excluyendo	incluyendo
35	5	%NA	% Na
