

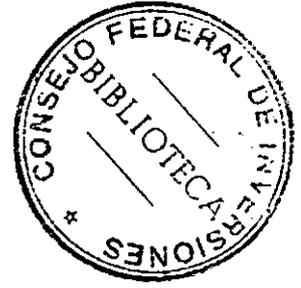
41112

X12

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

34548

AUTORIDADES



. Consejo Federal de Inversiones.

Secretario General: Ing. Juan José CIACERA

. Servicios Públicos Sociedad del Estado

Presidente: C.P.N. Mario ARAMBURU

1735

I



I N D I C E

-- SINTESIS	1
1-INTRODUCCION	5
2-GENERALIDADES.AREA DE ESTUDIO	9
3-ANTECEDENTES	14
4-METODOLOGIA	27
4.1 Generación de información primaria	29
4.2 Procedimiento de análisis	42
5-CARACTERIZACION GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA	
5.1 Geología	49
5.2 Geomorfología	57
6-CARACTERIZACION CLIMATICA	61
7-HIDROGEOLOGIA	74
8-HIDRODINAMICA	85
9-HIDROQUIMICA	90
10-HIDRAULICA	101
11-RESERVAS DE AGUAS SUBTERRANEAS.BALANCE HIDROLOGICO	120
12-BATERIA DE BOMBEO PAMPA DE LA COMPAÑIA	
12.1 Ubicación y construcción	126
12.2 Diseño de las perforaciones	129
13-CONDICIONES DE EXPLOTACION	134
13.1 Producción individual	135
13.2 Cuantificación de la demanda.Volúmenes ofertados	146
13.3 Alternativas de manejo propuestas	147

A N E X O S

- . Descripciones litológicas
- . Croquis de pozos
- . Análisis químicos
- . Planillas de ensayos hidráulicos
- . Curvas de ensayos hidráulicos
- . Planillas y curvas geoeléctricas

SINTESIS. Geohidrología del área Pampa de la Compañía.-

- El esquema hidrogeológico comienza con un piso o basamento conformado por el Grupo Bahía Laura de comportamiento acuífugo, seguido del "Complejo Acuitardo - Acuícludo" que contiene algunos niveles acuíferos de carácter confinado, pasando hacia arriba al "Acuífero Semiconfinado" (ambos en la Fm. Patagonia) y culminando en el "Acuífero Freático" alojado en los rodados que cubren la pampa.-
- Los estudios se centraron en la unidad "Acuífero Semiconfinado" dado el pobre rendimiento hidráulico y la inaptitud del agua para consumo de los horizontes acuíferos confinados que se intercalan en el "Complejo Acuitardo - Acuícludo". El "Acuífero Freático", si bien posee aguas de buena calidad, comprende un reducido espesor que dificulta su aprovechamiento.-
- El "Perfil Hidrogeológico Simplificado" de toda la región estudiada prioriza la infiltración de agua en la zona de la pampa, con un escurrimiento subterráneo que deriva en el afloramiento de manantiales y un efímero escurrimiento superficial en los cañadones, con un lento flujo subterráneo y predominante evapotranspiración hacia la costa, donde se ubica la interfase entre agua continental y marina.-
- La construcción de perforaciones permite definir para el "Acuífero Semiconfinado" sedimentos de carácter samítico, en especial arenas finas y medianas, con importante proporción de limos y delgadas intercalaciones de arcillas, que en conjunto alcanzan 40-50 metros de interés productivo.-

- La recarga para esta unidad (y para todo el sistema) es autóctona directa, con una importante efectividad de las precipitaciones al favorecerse la infiltración por la horizontalidad del relieve y el carácter esquelético con textura gruesa de los suelos.-
- El escurrimiento subterráneo predominante se cumple en sentido noroeste - sudoeste, con un gradiente aproximado de $4 \cdot 10^{-3}$, situándose los niveles piezométricos entre 8 y 14 m.b.b.p., sin mayores oscilaciones al atenuarse la incidencia de las precipitaciones por la homogeneidad y extensión del área de la pampa.-
- Los tenores salinos del espesor semiconfinado son muy bajos con valorizaciones de residuo seco entre 280 y 400 ppm, cloruros 30-100, sulfatos 10-100, fluoruros 0,2-1,0, y arsénico entre 0,01 y 0,04.- Los valores quedan en todos los casos comprendidos dentro de las normas fijadas por S.N.A.P. para aguas de consumo humano.-
- El comportamiento hidráulico queda expresado en una transmisibilidad de 40 m²/día y un almacenamiento de $3,5 \cdot 10^{-4}$, con una permeabilidad general de $6 \cdot 10^{-2}$ m/día.

. Batería de Bombeo Pampa de la Compañía.

- Según los resultados de las investigaciones geohidrológicas se construyó una batería de bombeo compuesta por 7 perforaciones de explotación, a la cual se agregan 3 pozos preexistentes.-
- La profundidad de los pozos construidos es en general de 50

metros, con cañería prolongación de filtros de acero negro común en \emptyset 8" y filtros de acero galvanizado, ranura continua con 1,00 mm de abertura en \emptyset 8". El prefiltro es de grava seleccionada de tamaño uniforme comprendido entre 1,44 a 2,40 mm.

- La producción individual de las perforaciones es en promedio de 12 m³/hora, manteniendo el nivel dinámico por encima de la cañería filtro, lo que determina un caudal característico en el orden de 1,2 m³/h.m.-
- La producción conjunta máxima de la batería es de 2.800 m³/día, recomendándose una explotación de 18 horas diarias con un volumen total de 2.000 m³/día.-
- Se proponen alternativas de manejo con operación conjunta para obtener 1.160 m³/día o bien alternando el funcionamiento de los pozos con un esquema para el verano de 1.392 m³/día y otro para el invierno de 928 m³/día.
- Los volúmenes explotados tienen asegurada su reposición anual por medio de la recarga natural, siendo la producción de la batería aproximadamente un 10% de las reservas generatrices sin afectarse las reservas de tipo geológico.-
- Se destaca que la explotación continuada de todos los pozos durante las 24 horas del día en largos períodos conducirá irremediablemente al deterioro de la fuente con disminución de los caudales individuales de los pozos, creciente salinización del agua bombeada y propagación del área deprimida que afectará también el rendimiento de los manantiales productivos situados en los cañadones de la Compañía, Sam y Pa raguay.-

. Oferta y demanda. Cuantificación.

- La composición de la oferta de agua está dada por el aporte de los manantiales con un volumen promedio de 1.200 m³/día, más el caudal de la batería de bombeo (para 18 horas de explotación) igual a 2.000 m³/día, determinan una disponibilidad de agua apta para el consumo humano de 3.200 m³/día, - sin contar el aporte de 240 m³/día producidos por el pozo - de gran diámetro ubicado en el Camping Municipal.-
- Se establece una demanda de 350 litros de agua por día y por habitante para la localidad (muy superior a los 220 fijados por la O.M.S.), que deriva en 2.100 m³/día al considerar una población total de 6.000 personas. El consumo de las pesquerías se establece en 120 m³/día, agregándose 80 m³/día para - diversos usos.-
- Al oponer los 3.200 m³/día de la oferta con la demanda para uso humano de 2.100 m³/día, surge un saldo de 1.100 m³/día disponibles para cubrir el futuro crecimiento demográfico o bien para atender programas inmediatos de desarrollo industrial.-

1. INTRODUCCION

En el marco de la cooperación técnica vigente entre el Consejo Federal de Inversiones y la empresa Servicios Públicos Sociedad del Estado, como continuación de estudios similares - realizados en Pico Truncado, Caleta Olivia y Las Heras, se aborda en el presente informe técnico la definición de las condiciones geohidrológicas de los alrededores de la localidad -- de Puerto San Julián más las características de la batería de bombeo Pampa de la Compañía N°1 para provisión de agua a dicha localidad, construida a partir de los resultados obtenidos.

Las actividades del equipo de trabajo C.F.I.-S.P.S.E. en la zona datan del año 1983 cuando se realizó una prospección - geoelectrica expeditiva en Pampa de la Compañía, pero la continuidad de los estudios de aguas subterráneas se vió interrumpida al prioritarse la evaluación de alternativas para abastecimiento desde los ríos Santa Cruz o Chico, mediante el tendido de un acueducto, precisamente por recomendación de un trabajo paralelo contratado por el C.F.I.

Finalmente, ante la magnitud del proyecto (modificado por S.P.S.E.) que incluye una extensión de 126 km. acueducto, una producción máxima de $5.400 \text{ m}^3/\text{día}$ y un costo a diciembre de -- 1988 de U\$S 50.000.000 (inabordable para la economía provin---cial y nacional), se retomó el estudio de fuentes subterráneas tendiente a resolver el déficit en el suministro de agua a San Julián, que ya adquiere postergación de carácter histórico.

En efecto, a la escasez natural de fuentes de agua en la zona se sumó una serie de indefiniciones respecto a cual debiera ser la alternativa de provisión segura y acorde con las necesidades elementales de la población, que incluyera un saldo disponible para el potencial desarrollo industrial del lugar. Así, se sucedieron numerosos planes y proyectos que aportaron soluciones transitorias (pozos en la zona costera) o insufi---

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

cientes (captación de manantiales), todas con importantes inversiones en obras que renovaban las expectativas nunca conformadas de la población, y posponían los posibles planes de asentamientos industriales en San Julián.

Si bien se entiende que no existen "soluciones definitivas" cuando se formulan proyecciones de consumo a largo plazo, en especial sostenidas por un supuesto y ambicioso desarrollo industrial, debe afirmarse con absoluta certeza que la disponibilidad de agua en la zona de Pampa de la Compañía es suficiente para la actual provisión a San Julián, e incluso puede atenderse el consumo futuro con la construcción de una nueva batería de bombeo, recurriendo recién a otras alternativas más costosas (desalación de agua o construcción de acueductos al río Santa Cruz) cuando se alcance el límite máximo de explotación de agua subterránea y sea realidad la instalación de un polo industrial de magnitud.

Tal como se expresa en el capítulo correspondiente, el aporte sumado de los manantiales y de la batería de bombeo n°1 cubre las necesidades actuales de abastecimiento de agua a San Julián, con un saldo disponible para uso industrial no existiendo objeciones técnicas en cuanto a la fuente para duplicar dicha dotación.

Debe destacarse que es imprescindible la adopción de nuevas y permanentes medidas de control y eficiencia en los sistemas de conducción, almacenamiento y distribución de agua en la localidad, como asimismo en la operación y mantenimiento de la batería de bombeo que agrega una nueva condición al actual servicio, con la atención de pozos, líneas eléctricas y equipos de bombeo.

Finalmente, y en cuanto a la realización de los estudios y a la confección del presente informe, se señala que la pro-

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES.

gramación, ejecución y dirección de los trabajos estuvo a cargo del Lic. Ricardo GONZALEZ ARZAC (C.F.I.) y del Lic. José -- Luis DIAZ (S.P.S.E.) quienes compartieron la responsabilidad de los estudios previos con el Téc. Mario ALMAGRO (S.P.S.E.), a partir de los cuales se evaluaron las condiciones hidrogeológicas iniciales y se definieron las características constructivas y de diseño de la Bateria de Bombeo Pampa de la Compañía.

Posteriormente, el Lic. Oscar CABRERA (S.P.S.E.) se incorpora para el control técnico de los trabajos de perforación --- hasta la finalización del estudio, agregándose los Lic. Raúl PEREZ SPINA y José BARBAGALLO con los técnicos Luis ROSSI y Daniel RAMIREZ (todos del C.F.I.) en las pruebas de bombeo finales de la Bateria. El Téc. ALMAGRO participó plenamente en los citados trabajos con el aporte del Téc. Sergio ALBORNOZ (S.P.S.E.) en las tareas de censo de fuentes y muestreo hidroquímico.

Como tareas específicas asumidas por el C.F.I. se realizó la medición e interpretación de sondeos geoeléctricos a cargo de los Lic. Boris CALVETTY AMBONI y Alicia RAPACCINI, mientras que la caracterización geológica-geomorfológica se efectuó mediante la contratación de los Lic. Marcelo CABALLE y José PANZA, y el estudio climatológico fue responsabilidad de la Téc. Met. Graciela CASTRO.

El equipo de trabajo conformado para el estudio contó con la colaboración permanente del Lic. Fernando STOCKLI y del Técnico Ricardo GUINSBURG de la oficina técnica de S.P.S.E. de la zona norte provincial, incorporándose la Anal. Melba OTERO y la Ing. Susana MINATTI (ambas de S.P.S.E.) en la evaluación de resultados.

Si bien el contenido del informe es compartido por todo el equipo técnico debe señalarse que la elaboración hidroestratigráfica corresponde a GONZALEZ ARZAC, DIAZ, CALVETTY AMBONI

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

y CABRERA; la hidrodinámica e hidroquímica a BARBAGALLO, PEREZ SPINA, GONZALEZ ARZAC, OTERO, MINATTI, RAMIREZ y ROSSI; la hidráulica a PEREZ SPINA; y las recomendaciones para operación y manejo de la batería de bombeo a GONZALEZ ARZAC Y ALMAGRO.

En las tareas generales de apoyo técnico participó la -- Sta. Alba VILLAR (C.F.I.) y en la confección de dibujos y cartografía básica los Sres. Alejandro GALIMBERTI (C.F.I.) y Julio INFANTE (S.P.S.E.).

El ordenamiento y redacción final del informe estuvo a cargo de GONZALEZ ARZAC con la colaboración de PEREZ SPINA, agregándose RAMIREZ para el armado y compaginación de los ejemplares.

La totalidad de los pozos de reconocimiento, de observación y de bombeo fueron construidos por el Destacamento Perforaciones del Batallón de Ingenieros 601 del Ejército Argentino, contratado por S.P.S.E.

Se destaca la colaboración prestada por la Municipalidad de Puerto San Julián y del Distrito Energía local de S.P.S.E. durante la ejecución de los estudios y la construcción de los pozos de explotación.

2. GENERALIDADES. AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Puerto San Julian se ubica a los 49°18' de latitud sur y 67°42' de longitud oeste y se encuentra asentada sobre el litoral atlántico en la bahía de igual nombre, - próximo al límite sudeste del departamento Magallanes.

La prolífica historia de la zona se remonta al 21 de -- marzo de 1520 cuando la expedición de Hernando de Magallanes avistó la bahía en el día de San Julian de Cesárea, y re--- suelve penetrar en ella para pasar el invierno. Durante su - estadia se celebra la primer misa en el continente america no (1 de abril de 1520) sobre la actual playa de la locali-- dad, produciéndose además los primeros contactos con los po- bladores indígenas de la zona, que son denominados "Patagoni" por los tripulantes de la expedición, de donde luego deriva el toponimo Patagonia con el que se conoce hoy la extensa re- gión sur de nuestro país.

El primer asentamiento poblacional permanente se produ- ce el 1 de abril de 1780, cuando Antonio de Viedma toma pose- sión de la bahía para erigir la "Nueva Colonia de Floridablan- ca", cuarta fundación patagónica luego de San José (Penínsu- la de Valdés), Fuerte del Río Negro (actuales Viedma y Pata- gones) y Puerto Deseado.

Además de las referencias citadas, quizás deba mencionar se otro aspecto histórico: las constantes referencias al tema de la falta de agua que contienen los documentos de esa época. Por ejemplo, las instrucciones a Viedma ordenaban reconocer - desde el Golfo San Jorge hasta el cabo de Vírgenes y formar - un provisional establecimiento en el mejor puerto y terreno - que se descubra respecto a que en San Julián hay duda por la noticia de los que de esta Provincia han estado a cargar sal no encontrando agua dulce en todas las inmediaciones de aquel puerto .

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Luego el Diario de Vidma dice para los días 31 de marzo, 1, 2 y 3 de abril "... se presentaron los indios en la playa, con los dos caciques... para llevar a Goycoechea al nacimiento del agua;... y que les enseñó el nacimiento del agua, que les parecía distante de la playa de 2 1/2 a 3 leguas: pero que era muy buena y permanente,... A media legua de la playa entramos en una cañada bien ancha... A un cuarto de legua más llegamos a la toldería de los indios... a la media legua hallamos un buen arroyo... Esta cañada se ensancha aquí como cosa de una legua... Andando como otra media legua, se vuelve a estrechar la cañada, y el arroyo corre con mayor velocidad... A cosa de otra media legua, encontramos con el manantial que brota por dos partes, en igual altura,..."

Estas pocas menciones, repetidas luego en otros documentos, demuestran la falta de agua en el litoral costero, y su presencia hacia el interior del territorio donde afloran numerosos manantiales. Paradójicamente se sucedió durante decenas de años la ejecución de pozos perforados y excavados en los alrededores de San Julián, que incluso se prolongan hasta los orígenes del presente estudio.

En cuanto a las condiciones actuales puede generalizarse para San Julián una población total de 5.000 habitantes, que dependen de una economía fundamentalmente ganadera (ovina), con una restringida actividad pesquera de aparente crecimiento a corto plazo. Por medio de la ruta nacional n°3 se vincula hacia el norte con Caleta Olivia y Comodoro Rivadavia (Chubut), y hacia el sur con Comandante Luis Piedrabuena y Río Gallegos, mientras que por la ruta provincial n° 521 se accede a Gobernador Gregores.

A las características fisiográficas del área de estudio se las generaliza formando parte del paisaje de mesetas típi

cas patagónicas, las que se elevan hacia el oeste de la ciudad, hasta alturas que sobrepasan los 300 metros sobre el nivel del mar.

El sector más oriental de la región considerada para el presente estudio posee características debidas a la acción del mar, siendo los accidentes costeros más sobresalientes la bahía de San Julián y el Cabo Curioso.

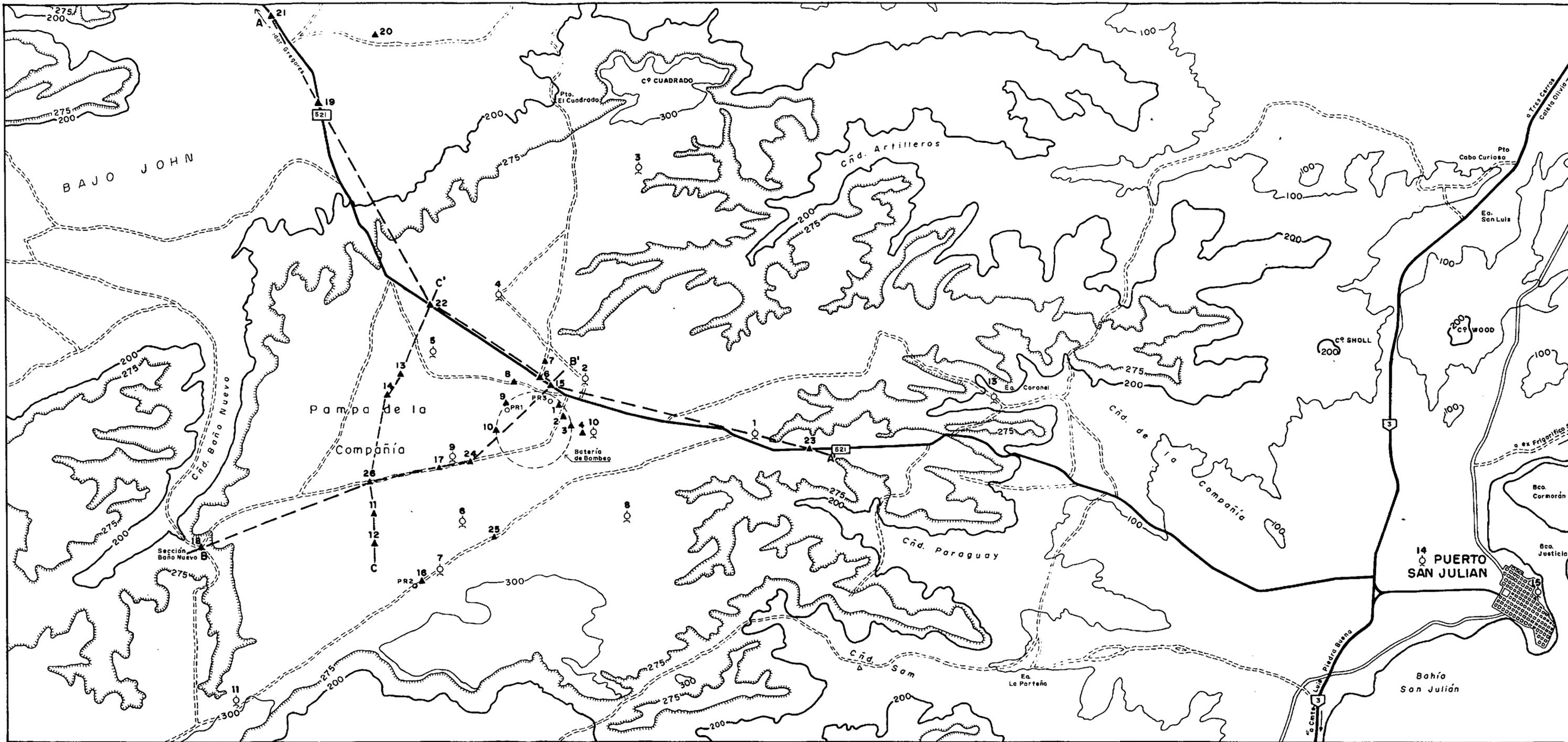
Las costas alternan tramos de acantilados abruptos que alcanzan los 40 metros de altura, con tramos bajos de playas de rodados y arenas y barrancas de hasta 10 metros de altura. También se encuentran terrazas marinas y cordones litorales antiguos y actuales.

En el centro y oeste, el relieve es predominantemente mesetiforme, distinguiéndose varios niveles de mesetas.

El nivel más alto está representado por relictos muy disectados, la loma Zapatero y el cerro Cuadrado, desarrollados periféricamente respecto al nivel intermedio, llamado Pampa de la Compañía (con altura media de 250 m.s.n.m.) que es la planicie de mayor desarrollo. Hay otros niveles menos importantes en las cercanías del cabo Curioso y al sur de la bahía de San Julián (de unos 100 m.s.n.m.).

Estas mesetas están limitadas al sur por el Gran Bajo de San Julián, enorme depresión que en su parte más profunda llega hasta 105 metros bajo el nivel del mar. Por el este la Pampa de la Compañía fue disectada por la acción de los efímeros cursos que generaron los cañadones Sam, Paraguay y de la Compañía.

El límite nororiental lo define el cañadón de los Artilleros, que drena las aguas de las ocasionales lluvias hacia la cuenca endorreica del Salital del Cabo Curioso, situado -



REFERENCIAS

- Zona amonazada
- Ruta: 1) Nacional 2) Provincial
- Pavimento
- Camino
- Huella
- Límite de la terraza Pampa de la Compañía
- Curva de nivel y su cota
- Molino n° 6
- Pozo de reconocimiento n° 3
- Manantial 32
- Sondeo eléctrico vertical n° 25
- Sección geoelectrico

BASE PLANIMETRICA: Obtenida a partir de las cartas topográficas I.G.M. escala 1:100.000, fotografías I.G.M. aprox. escala 1:60.000 e imágenes Landsat - CNIE.
 BASE ALTIMETRICA: Obtenida a partir de las cartas topográficas I.G.M. escala 1:100.000.



PROVINCIA DE SANTA CRUZ

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
 SERVICIOS PUBLICOS SOCIEDAD DEL ESTADO

PROVISION DE AGUA A SAN JULIAN
 ESTUDIO HIDROGEOLOGICO
 EN PAMPA DE LA COMPAÑIA

Expte. N°
1213

AREA DE ESTUDIO

Preparó: GONZALEZ ARZAC, Ricardo
 Dibujo: MANNINO, Edgardo
 Fecha: Octubre 1988

ESCALA: MAPA N°
 aprox. 1:82.000 1

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

a pocos kilómetros al oeste del cabo de igual nombre.

Al noroeste se halla el Bajo John, otra cuenca cerrada, al que llega el cañadón del Baño Nuevo que con sus ramificaciones define el límite occidental de la Pampa de la Compañía.

3. ANTECEDENTES

Se agrega en este capítulo la consideración de los trabajos que anteceden al presente informe, todos vinculados con la provisión de agua a San Julián, incluyéndose fragmentos de su contenido y luego comentarios respecto a las recomendaciones formuladas por los autores o bien a los resultados alcanzados.

Los informes considerados son los de WICHMAN (1922), VILELA y BOJANICH (1957), ERROTABEREA (1983), y SALSO (1978-1984) propiciados respectivamente por la Dirección de Minas, Dirección Nacional de Minería, el Consejo Federal de Inversiones y el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas.

WICHMANN, Ricardo. 1922. Observaciones geológicas en el Gran Bajo de San Julián y sus alrededores (Territorio de Santa Cruz). Estudios efectuados con el objeto de proveer agua potable al puerto de San Julián. Ministerio de Agricultura de la Nación. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología. Boletín N°30. Serie B (Geología).

El autor incluye una descripción del relieve de la zona, con la reseña de las formaciones geológicas encontradas en la región y una completa nómina de las especies fósiles contenidas en ellas, con las respectivas referencias bibliográficas que anteceden al presente estudio.

El capítulo "Hidrogeología" contiene la evaluación de resultados correspondientes a cuatro perforaciones construidas en la zona costera, todas con aguas de altos contenidos salinos, concluyendo que "...no hay probabilidad alguna de encontrar por medio de perforaciones agua potable para el pueblo de San Julián dentro del radio que debe tomarse en consideración

para este fin".

Luego señala "... No queda entonces otro remedio para resolver este problema que recurrir a la utilización de la napa freática de la pampa alta que se eleva más al interior en la región costanera de la Patagonia... donde hay un vasto campo de infiltración no cortado, en el cual las precipitaciones se pueden reunir en una capa acuífera bastante poderosa, existiendo una distribución favorable de capas permeables e impermeables. Tales condiciones se observan precisamente en la meseta de cerca de 280-300 metros de altura, que se extiende en vasta escala al oeste de San Julián...".

Finalmente, WICHMAN describe brevemente los manantiales que afloran en los cañadones circundantes a la Pampa de la Compañía, e incluye las descripciones litológicas de las muestras obtenidas en las perforaciones y análisis químicos de muestras de agua de varias fuentes.

La lectura del informe de WICHMAN brinda una conclusión trascendente, dada especialmente por su recomendación de dirigir los planes de provisión a la Pampa de la Compañía ante la inexistencia de fuentes de agua apta en los alrededores de San Julián. Y sin dudas la trascendencia citada se obtiene al observar que tal recomendación data del año 1922, a pesar de lo cual nunca, hasta la iniciación de estos trabajos, se decidió atender la alternativa sugerida, e incluso se propiciaron emprendimientos que luego de numerosas inversiones no resolvieron el problema de abastecimiento.

VILELA, César R. y BOJANICH, Esteban. 1957. Informe sobre Provisión de agua a San Julián y Las Heras. - Dirección Nacional de Minería. Ministerio de Comercio e Industria.

El capítulo referido a la localidad de San Julián contiene una descripción general de la zona, y una enunciación de -- propuestas de solución para el abastecimiento de agua.

Se comentan los resultados de las perforaciones realizadas a principios de siglo en los alrededores de la ciudad, y -- en coincidencia con WICHMANN, recomiendan "...recurrir a la utilización de la capa freática de la pampa alta"...aprovechando..."estos enormes campos de infiltración, donde las precipitaciones, ya se trate de lluvia o de nieve, se pueda acumular en esa capa acuífera bastante poderosa que se asienta sobre es -- tratos impermeables, formados por tobas como una masa de sedimentos muy compactos y de espesores de 7 a 12 metros".

Los autores proponen, además del cañadón de la Compañía, -- el aprovechamiento de los manantiales que afloran en los cañadones San y Paraguay, y esbozan como idea captar agua de los -- subálveos con la construcción de pantallas impermeables que -- concentren el flujo subterráneo.

El informe referido, si bien es sólo descriptivo, retoma las recomendaciones de WICHMAN formuladas en el año 1922 orientando las alternativas de solución hacia la captación de manantiales y del acuífero contenido en Pampa de la Compañía. Seguramente este trabajo orientó las tareas desarrolladas por el -- INCYTH a principios de la década del 80, con la captación de -- manantiales en los citados cañadones, y un intento, sin resultados, para la contención del escurrimiento subterráneo en los subálveos.

ERROTABEREA, Néstor J. 1983. Estudio de prefactibilidad de provisión de agua a Puerto San Julián, provincia de Santa Cruz. Consejo Federal de In---

versiones. Informe Final.

A partir de una solicitud de cooperación técnica formulada por la provincia de Santa Cruz, el Consejo Federal de Inversiones contrató al Ing. Néstor ERROTABEREA para la ejecución del estudio citado, mediante el cual se pretendía obtener una valoración sobre las posibilidades de abastecimiento de agua a Puerto San Julián, a nivel de prefactibilidad y, aparentemente, con selección de alternativas.

El autor elabora el trabajo según el siguiente orden:

1. Objetivo del estudio.
2. Esquema de tareas.
3. Consumos de agua potable.
4. Fuentes de abastecimiento.
5. Planteo de alternativas
6. Tratamiento de aguas no potables.
7. Costos unitarios de producción.
8. Consideraciones sanitarias sobre la zona.
9. Evaluación técnico-económica de alternativas. Recomendaciones.
10. Conclusión final.

La síntesis del contenido para cada punto es:

1. Objetivo: estudio de prefactibilidad para provisión de agua a la población con su crecimiento vegetativo y migratorio, más el abastecimiento a futuras radicaciones industriales.

2. Esquema: ERROTABEREA desagrega el estudio en la definición de la demanda futura y de las fuentes de abastecimiento. Para el primer caso contempla el consumo humano e industrial actual, su crecimiento y proyección futura, mientras que para las fuentes plantea el análisis de las aguas subterráneas y su

perforaciones, potables y no potables, los procesos de tratamiento y desalación, las conducciones y el almacenamiento.

3. Consumos: se analizan los datos de población actual y se define su crecimiento para treinta años. En cuanto a la dotación se enumeran las fuentes actuales de provisión (manantiales) citándose los trabajos para nuevas captaciones que realizaba S.P.S.E. en esa fecha.

Tal vez la conclusión más importante de este punto sea... "Por ello, es que consideramos que la fuente de provisión de agua actual es más que suficiente para cubrir las necesidades de la población actual y futura"...

Luego se evalúa el consumo de futuras industrias, y el establecimiento de nuevos habitantes ocupados en esas actividades, para finalmente definir la demanda futura. En ella se concluye que la población total para el año 2013 será de 9.000 habitantes (crecimiento de la actual más la surgida de los asentamientos industriales) estando cubierta la demanda de agua con las fuentes descritas (manantiales) por lo cual este estudio queda restringido a abastecer las supuestas industrias a instalar en la zona, con un consumo proyectado a treinta años de $2.730 \text{ m}^3/\text{día}$.

4. Fuentes de Abastecimiento: entre las superficiales identifica el mar y los ríos Chico y Santa Cruz. En este punto ERROTABEREA señala que "...no dudamos que la alternativa valedera en cuanto a provisión con agua superficial, es la que tiene como fuente el Río Chico..."

El análisis de las fuentes subterráneas queda restringido a las aguas superficiales (cañadones y pozos abiertos como el caso del Swift) y aguas profundas ubicadas en la zona costera con altos contenidos salinos.

5. Planteo de alternativas: en cuanto a las fuentes superficiales y luego de analizar especialmente las distintas longitudes de acueductos, el autor concluye que existe... "una sola alternativa valedera para proveer de agua a San Julián mediante acueducto. Esta Alternativa es, Río Chico-San Julián, con toma de agua en cercanías del puente sobre R.N.3."

Al considerar las fuentes de aguas saladas, se describen los mecanismos de potabilización mediante ósmosis inversa y evaporación a baja temperatura, a partir del agua de mar, con comparación de costos de implantación.

6. Tratamiento de aguas no potables: de acuerdo a la selección de la fuente del río Chico como la más favorable, se describen las condiciones de la obra de toma, las cañerías de aducción y de impulsión, planta potabilizadora y aforo. También se enuncian las especificaciones del dispersor, decantador y filtros, con los mecanismos de desinfección, almacenamiento y provisión de energía.

Luego se aborda la consideración del acueducto y el costo de conducción; equipamiento electromecánico; consumos; materiales de conductos; excavaciones; estaciones de bombeo; costos de cañerías, estaciones elevadoras, energía, mantenimiento, excavación y potabilización.

La segunda parte del capítulo trata la potabilización de aguas saladas (subterráneas costeras y mar) analizando costos y mecanismos mediante ósmosis inversa y destilación a baja temperatura.

7. Costos unitarios de producción: se oponen las tres alternativas anteriores refiriendo la comparación al costo del metro cúbico de agua para anualidades de 20, 30 y 40 años. Los valores obtenidos son:

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- Acueducto Río Chico-San Julián: \$ 86.377 (2.730 m³/día).
- Desalación por ósmosis inversa: \$ 56.382 (1.200 m³/día)
- Desalación por destilación: \$ 44.462 (1.000 m³/día).

8. Consideraciones sanitarias sobre la zona: a pesar del título de este capítulo, en él se realiza un análisis de la toma sobre el río Santa Cruz y acueducto a San Julián, con similar esquema que para el caso del río Chico. Se rescata el costo unitario de \$ 91.673 para el metro cúbico de agua en esta alternativa.

9. Evaluación técnico-económica de alternativas. Recomendaciones: ERROTABEREA enumera las alternativas seleccionadas (captación en río Chico, desalación de agua subterránea costera, y captación en río Santa Cruz), describiendo brevemente sus características y costos totales para un período de cuarenta años, para concluir que la desalación de agua subterránea ... "es la más conveniente desde el punto de vista económico del proyecto..." aunque la captación en el río Santa Cruz ... "pasaría a ser la más conveniente si por alguna razón no conocida al presente, los cañadones que suministran agua a la población existente de San Julián dejaran de ser suficientes para ello".

10. Conclusión final: en este caso se opta por transcribir textualmente el último capítulo en forma completa

"En el punto anterior hemos llegado a concluir que la instalación más conveniente es la correspondiente al sistema de desalación, pero hemos desarrollado todo el estudio técnico-económico en base al de Ósmosis Inversa, por la razón explicada del atraso en recibir los datos correspondientes al de Destilación a Baja Temperatura.

"Posteriormente, y como hemos alcanzado a
"desarrollar el punto 7, en que compara--
"mos los Costos Unitarios de Producción
"de las tres alternativas elegidas tenía--
"mos:

"(7.2.) Alt. I. Acueducto desde Río Chico	
"	86.377\$/m ³
"(7.3.) Alt. II. Desalación p/Osmosis Inv.	
"	56.382\$/m ³
"(7.4.) Alt. III. Desalación por Evapora-- "ción	
	44.462\$/m ³

"y si además, comparamos las ventajas y -
"desventajas expuestas en el punto 62.3.1.
"para Osmosis Inversa y en el punto --
"6.2.3.2. para Destilación a Baja Temperara
"tura, llegamos a la conclusión definiti--
"va y a la recomendación de la instala---
"ción más conveniente a la constituida --
"por DESALACION POR DESTILACION A BAJA --
"TEMPERATURA"



Indudablemente la evaluación de este informe y la formu-
lación de conclusiones ofrece algunas dificultades, en espe---
cial al ponderar que el C.F.I. es responsable tanto del traba-
jo de ERROTABEREA como del presente estudio.

Pero, estrictamente, no pueden soslayarse algunas omisio-
nes e imprecisiones contenidas en el trabajo como son:

- los volúmenes de producción indicados para algunos de los manantiales son excesivos, lo que induce erróneamente a afirmar que con ellos se cubren las necesidades de la población

actual y futura. Seguramente el dato de origen sea responsabilidad de S.P.S.E., pero se entiende que debiera haberse realizado su verificación.

- igual condición corresponde a los pozos Swift, con el agregado de las especiales condiciones hidrogeológicas de la zona.

- en la enunciación de fuentes subterráneas se omite la alternativa de producción a partir de perforaciones en la zona de Pampa de la Compañía, justamente el área estudiada en este trabajo.

- en el planteo de alternativas el autor define como única valedera mediante acueducto la opción Río Chico, para después en la evaluación técnico-económica inclinarse por la del Río Santa Cruz, y en la conclusión final retoma la primera, pero en definitiva recomendar la desalación por destilación a baja temperatura.

- la oposición de los costos por metro cúbico de agua para las tres alternativas seleccionadas en el capítulo 7 se efectúan sobre volúmenes de producción notablemente distintos, lo que invalida la comparación.

- igualmente en el capítulo 3 se define una necesidad a treinta años de $2.730 \text{ m}^3/\text{día}$, pero las evaluaciones para desalación se hacen a $1.200 \text{ m}^3/\text{día}$ (ósmosis inversa) y a $1.000 \text{ m}^3/\text{día}$ (para destilación).

- por último en la conclusión final se recomienda la desalación por destilación a baja temperatura de aguas subterráneas costeras a pesar de no contar con los datos correspondientes a este proceso según lo señala en ese punto el mismo autor. En este caso además se desconocen las características hidrogeológicas de la fuente a explotar, y aún en el caso de que fue---

ran favorables no se evalúan ni se incluyen entre los costos - las perforaciones, equipos de bombeo y consumo eléctrico que - podrían modificar la conclusión económica final, y por ende -- también la recomendación.

Dadas las imprecisiones del informe, y ante la urgencia en resolver el problema de provisión de agua a San Julián, la Gerencia de Estudios y Proyectos del S.P.S.E. retoma el trabajo resultando finalmente un proyecto de acueducto que partiría de la planta potabilizadora ubicada sobre el río Santa Cruz, - en Comandante Luis Piedrabuena, (en construcción para abasteci- miento a esa localidad y Puerto Santa Cruz), atravesaría el --- Gran Bajo de San Julián y culminaría en las cisternas de alma- cenamiento situadas en el acceso a San Julián, con un recorri- do total de 126 kilómetros.

El proyecto contempla la utilización de cañería de \emptyset 400 mm, con un caudal de diseño de $5.389 \text{ m}^3/\text{día}$, impulsado por dos equipos de bombeo de $180 \text{ m}^3/\text{h}$ y 100 HP cada uno. El costo esti- mado para la obra es de U\$S 50.000.000 (a valores de diciembre de 1988) e incluye la ampliación modular de la planta potabili- zadora, el movimiento de suelos (245.000 m^3) para la coloca- ción de la cañería, y la totalidad de los materiales.

La confrontación entre el costo y el volumen producido - indujo a abandonar temporariamente el proyecto de abasteci- miento mediante fuentes superficiales, e impulsar la prospec- ción hidrogeológica cuyos resultados se incluyen en este infor- me.

SALSO, Jorge H. 1984. Estudio hidrogeológico de Puerto San Ju- lián, provincia de Santa Cruz. Secretaría de Recursos Hídricos, Instituto Nacional de Cien- cia y Técnica Hídricas, Centro de Hidrología

Aplicada. Informe final.

SALSO, Jorge H. 1978. Estudio hidrogeológico de Puerto San Julián, provincia de Santa Cruz. Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas. Informe preliminar.

Estos trabajos surgieron como consecuencia de acuerdos entre el INCYTH con la empresa provincial Servicios Públicos S.E. en el primer caso, y con la Municipalidad de San Julián en el segundo.

El estudio correspondiente al año 1978 contiene datos generales de la geología de la zona, una caracterización climática somera, y la descripción de los recursos de agua disponibles citándose los manantiales que afloran en los cañadones y los acuíferos subterráneos en los alrededores de San Julián. A continuación se describen los trabajos de perforación realizados al efecto en la zona urbana, los perfiles litológicos, los ensayos y parámetros hidráulicos, observaciones con el acuífero en reposo y los efectos de las mareas sobre él, el almacenamiento de ribera, y definiciones hidroquímicas.

El trabajo del año 1984 incluye una introducción donde se vincula el informe a los trabajos de captación de manantiales ejecutados por INCYTH y SPSE, luego se analizan las posibilidades de abastecimiento por distintas fuentes, y la descripción del denominado acuífero "Pampa de la Compañía".

En el análisis de posibles fuentes de provisión SALSO señala:

- Aguas superficiales: ríos Chico y Santa Cruz, con obras de magnitud e importantes inversiones permanentes para bombeo y potabilización.
- Desalación de agua de mar: apéndice del Sr. KLEIN no inclu-

do en la copia disponible.

- Utilización del recurso subterráneo: se comparte el contenido del trabajo de WICHMANN, y se induce el estudio de las zonas terrazadas aledañas a San Julián.

Luego el autor describe el Acuífero Pampa de la Compañía, con los rasgos fisiográficos; la conformación sedimentológica; el regimen climático y balance; los aspectos hidrodinámicos generales con las condiciones de recarga, almacenamiento y des--carga; los manantiales y su producción y la calidad química de las aguas.

En las conclusiones se define un almacenamiento de 10.000 m³/día para el acuífero, con explotación basada en perforaciones y manantiales; recomendaciones para la captación en Cañadón Artilleros y modificaciones en Cañadón Sam.

La evaluación de este importante antecedente ofrece una particular condición, dado que incluye elementos de juicio de carácter hidrogeológico pero se obvian dos elementos trascendentes sin explicación razonable:

- no brinda información conforme a obra de las numero---sas captaciones de manantiales realizadas en los cañadones Paraguay y de la Compañía, como tampoco datos individuales sobre las condiciones productivas e hidroquímicas.

- no precisa datos sobre las perforaciones de explora---ción y explotación construidas en la terraza Pampa de la Compañía que en este informe denominados "Gorri" (empresa cons---tructora de dos pozos de bombeo y uno de observación) y pozos de bombeo 1,2 y 3 ejecutados por el Batallón de Ingenieros 601 (que construyera también las perforaciones para este estudio),

e incluso se omiten los datos hidrolitológicos, hidráulicos e hidroquímicos de ellos.

No obstante lo anterior, y si bien se sostienen diferencias en cuanto al balance hídrico, los aspectos geomorfológicos (morfogenéticos) y algunas condiciones hidrodinámicas, se entiende que los trabajos realizan un importante aporte para el conocimiento hidrogeológico de la zona, que se constituyó en la principal referencia para el presente estudio. Se destaca la evaluación hidráulica del acuífero costero, y su vinculación con el régimen de mareas, aunque queda pendiente la determinación de las condiciones de recarga.

4. METODOLOGIA

En este capítulo se consignan brevemente las pautas metodológicas seleccionadas y adoptadas durante la ejecución del estudio geohidrológico, con la finalidad de transmitir el esquema de trabajo utilizado según los antecedentes disponibles y los objetivos perseguidos.

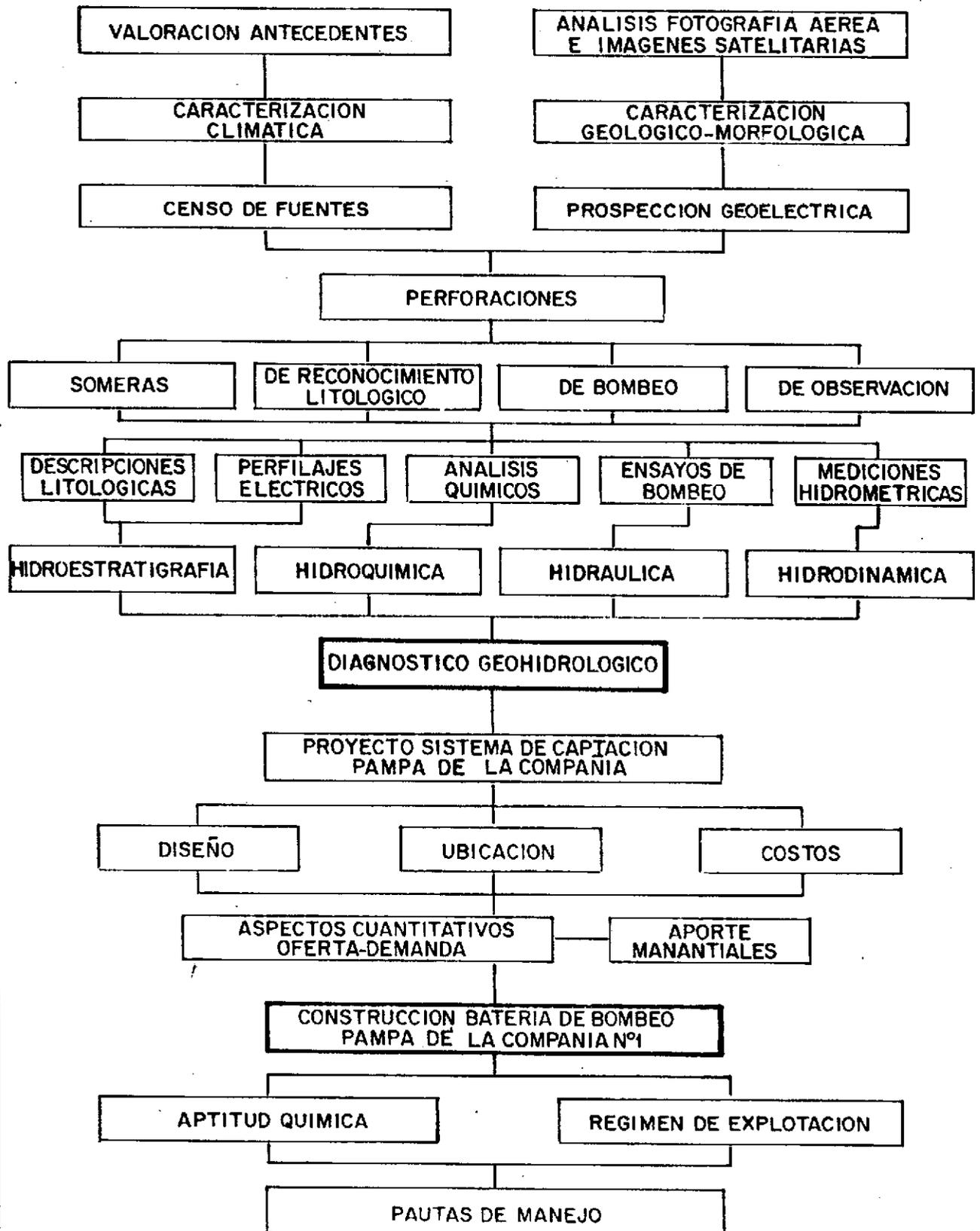
El planteo inicial consistió en lograr la cuantificación de la disponibilidad de agua subterránea en Pampa de la Compañía para abastecimiento domiciliario, con el proyecto de obras de captación, en función de dicha disponibilidad, y la respectiva compatibilización con el aporte de los manantiales que actualmente proveen de agua a San Julián. El objetivo posterior incluyó la supervisión de la construcción de la batería de bombeo, la definición de las condiciones de explotación y las pautas de manejo del sistema, para finalmente ponderar el crecimiento de la demanda y las perspectivas para su atención futura.

Al igual que en otros emprendimientos conjuntos entre el C.F.I. y Servicios Públicos S.E. el tratamiento metodológico apunta a lograr el análisis y la síntesis de todos los fenómenos geohidrológicos, buscando la convergencia de evidencias y valorando los aspectos fundamentales que componen la disciplina tales como la hidroestratigrafía, la hidrodinámica, la hidroquímica y la hidráulica.

Por otra parte y a partir de la premisa que un programa de estudio práctico debe necesariamente responder a una estrategia metodológica conceptual, se señala que en esta presentación no se persiguen fines teóricos, tratando de establecer y mantener un adecuado balance entre el grado de detalle del análisis y el límite que debe tener éste, teniendo en cuenta que el presente habrá de servir como un antecedente, en otros, para la acción de los organismos públicos pro-

ESTUDIO GEOHIDROLOGICO PARA LA PROVISION DE AGUA A SAN JULIAN-PROVINCIA DE SANTA CRUZ

SECUENCIA DE TRABAJO



vinciales.

En función de lo anterior, se ha tratado de proporcionar una base de procedimiento para homologar la información existente y someter los problemas a una consideración homogénea y sistemática.

En concordancia con lo expuesto se desagregarán los distintos aspectos considerados para su tratamiento en dos niveles, el primero con la descripción de las tareas que llevan a la obtención de datos primarios, los que junto a los antecedentes preexistentes se evalúan mediante distintos procedimientos de análisis.

4.1. Generación de información primaria

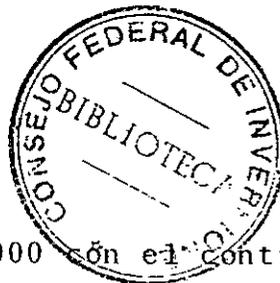
Según los objetivos del trabajo y los particulares resultados de la recopilación y evaluación de los antecedentes específicos, surgió la necesidad de extremar los estudios de campo como única fuente de datos disponibles para la elaboración del informe técnico, ejecutando las tareas entre los meses de noviembre de 1986 y junio de 1988 con breves interrupciones en los períodos invernales.

La desagregación temática se efectúa a continuación, resumiéndose las principales tareas efectuadas:

4.1.1. Mapa base. Nivelación

Dada la extensión del área de estudio y el nivel de detalle pretendido fue necesario confeccionar una base planimétrica a una escala acorde con los objetivos del trabajo..

La definición planimétrica se compuso a partir de la hoja topográfica del I.G.M escala 1: 100.000, los fotogramas - -



I.G.M. escala aproximada 1:60.000 con el control de la imagen satelitaria Landsat-CNIE. El producto de esta combinación fue un mapa de escala aproximada 1:60.000 donde se volcó la información producida, para finalmente reducir la base a escala aproximada 1:82.000 que se presenta en este informe.

La nivelación altimétrica de los puntos de interés fue realizada por S.P.S.E, utilizando como referencia el punto fijo de Y.P.F. 904 de cota 292,82 metros sobre el nivel del mar. Este trabajo comprendió el acotamiento de los sondeos eléctricos verticales, perforaciones (de observación, reconocimiento y bombeo), molinos, manantiales, y la posible traza del acueducto a construir.

4.1.2. Relevamiento geológico-geomorfológico.

La falta de antecedentes sobre una caracterización geológica de detalle para la zona de estudio, como así también la carencia de una descripción de los procesos generadores del paisaje, motivó impulsar la contratación de los expertos Caballé y Pauza con el fin de realizar un relevamiento geológico-geomorfológico detallado del área de interés y sus zonas de influencia.

El objetivo inicial consistió en lograr el reconocimiento y definición de las condiciones geológicas regionales y geomorfológicas que sirvieran de base a los trabajos de índole geohidrológica, incluyendo la descripción de las unidades aflorantes en el área con sus relaciones estratigráficas y estructurales, más la enunciación de los procesos que llevan a la actual condición fisiográfica.

La escala de trabajo utilizada fue 1:70.000 produciendo se un mapa geológico definitivo que se incluye en este informe, junto con la síntesis del informe que se presentara oportunamente.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

4.1.3. Clima

La información existente referida a este aspecto y en especial a precipitaciones, es variada. El Servicio Meteorológico Nacional instaló una estación meteorológica sinóptica y climática en Puerto San Julián en el año 1903, que fue cambiada de lugar en varias ocasiones según el siguiente orden:

- . desde 1903 en 49°18'S y 67°43'O - 26 m.s.n.m.
- . desde 1976 en 49°19'S y 67°47'O - 52 m.s.n.m.
- . desde 1982 en 49°19'S y 67°45'O - 61 m.s.n.m.
- . desde 1988 en 49°19'S y 67°47'O - 62 m.s.n.m.

Las estadísticas climatológicas de esta estación, que opera como Aero desde 1945, comprenden los períodos 1941-1960 y 1971-1980.

Aparte de la anterior se dispone de información pluviométrica de varias estancias cuyos datos fueron recopilados por INTA Santa Cruz. A saber:

- . Ea. Cerro Guacho. 1949-1963
- . Ea. Sarita. 1963-1968.
- . Ea. Mulak Aike. 1940-1962.
- . Ea. La Colmena. 1917-1973 (con interrupciones en --- 1966 y 1967).
- . Ea. Los Machos. 1930-1969.
- . Ea. Cerro Bombero. 1930-1969.
- . Ea. Cañadón Pardo. 1932-1963

Si bien la información referida a precipitaciones es abundante, se decidió instalar un pluviómetro en la zona de Pampa de la Compañía con la finalidad de oponer los datos diarios de esta nueva estación con los que resultaran del Aero, situado en la zona distal de los cañadones, y por ende a menor altura y más cercano a la posible influencia oceánica.

La instalación del pluviómetro tipo "B" se realizó el 30 de octubre de 1987, en la estancia Ganadera Coronel, a 16 km al oste-noroeste de San Julián y a 290,78 m.s.n.m. Se tomaron datos diarios de precipitación con una observación a las 9 horas de cada día desde el 1 de noviembre de 1987 hasta la actualidad, siendo observador el señor Lucas Bezmalio vic, administrador de la estancia mencionada.

4.1.4. Prospección Geoeléctrica.

Su objetivo fue la definición de las características resistivas que manifiesta el depósito sedimentario de Pampa de la Compañía con la consecuente delimitación del espesor de la cobertura de rodados, las condiciones salientes de los sedimentos que componen la Formación Patagonia, y la definición del techo del Grupo Bahía Laura como base del sistema general.

Con la experiencia y los resultados de las mediciones efectuadas en el valle del río Deseado y en Meseta Espinosa se midieron en Pampa de la Compañía un total de 26 sondeos eléctricos verticales (SEV) programados en tres campañas distintas.

La primera, en mayo de 1984, con 14 SEV de no más de 1.000 metros de longitud derivó en la confección de un primer informe (Calvetty-Rapaccini, 1984) que permitió caracterizar eléctricamente los 150 metros superiores de la zona central de la Pampa. Como para esa fecha la única información disponible sobre la zona prospectada era la proporcionada por las perforaciones realizadas por S.P.S.E., con el asesoramiento del INCYTH, las variaciones de la resistividad se interpretaron considerando únicamente las descripciones litológicas disponibles.

En las secciones elaboradas se diferenciaron cuatro horizontes de resistividad decreciente con la profundidad, lo -

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

que es coherente con la disminución del tamaño medio de los clastos, desde las gravas de la capa superficial hasta las pe^litas del miembro inferior de la Formación Patagónia.

Ninguno de estos SEV (1 a 14) tiene la longitud suficiente para determinar en este sector la profundidad del complejo piroclástico-volcánico del Grupo Bahía Laura sobre el que apoya la Formación Patagonia, por lo cual en abril de 1987 se midieron cuatro SEV de 2.000 metros de largo, máxima longitud utilizada en la metodología habitual del C.F.I. Dos de ellos se midieron cerca de las perforaciones de reconocimiento PR1 y PR2 sin resultado favorable en cuanto a permitir un cálculo de la profundidad del basamento porfírico, pero útiles para la posterior correlación entre datos del relevamiento hidrogeológico y la resistividad, tanto más cuanto en el pozo PR2 se dispone de la variación vertical de la resistividad obtenida con sondeo de inducción.

En función de las curvas obtenidas se midió un tercer SEV en el Cañadón Baño Nuevo, no sólo buscando la ventaja favorable de la diferencia topográfica sino también para evitar el efecto del resistivo manto superficial de rodados presente en la meseta. Se obtuvo así un sondeo con el extremo final ascendente (SEV 18) indicativo de haber superado las capas más conductivas del piso de la Formación Patagonia, circunstancia que también se observa en el SEV 17 aunque con menor evidencia, en un sondeo por otra parte defectuoso dadas heterogeneidades superficiales no identificadas.

De acuerdo a estos resultados, en marzo de 1988 se midieron los últimos 8 SEV distribuidos entre la meseta y el Bajo John. Los SEV sobre Pampa de la Compañía tuvieron que medirse con una longitud de 3.000 metros para lograr una penetración suficiente para la determinación de la profundidad del basamento porfírico, longitud conseguida con cierta dificultad por las limitaciones instrumentales..

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

La ubicación de todos los SEV numerados del 1 al 26 está dada en el mapa n°1, en el que se han marcado también las líneas geoelectricas correspondientes a las secciones elaboradas (A-A', B-B' y C-C').

La totalidad de las mediciones de campo se efectuaron mediante el dispositivo tetraelectródico de Schlumberger (Orellana, 1982), y con un instrumento compuesto por las siguientes unidades:

- Milivoltímetro Geoelec MUD 01, alcance 2000 mV en dos rangos resolución de 0,1 mV y precisión del 1%.
- Milivoltímetro Holubiki, alcance 2000 mV en tres rangos, resolución 0,01 mV y precisión 1%.
- Miliamperímetro Geoelec AD 01, alcance 10 A en tres rangos, resolución 0,1 mA y precisión 1%.
- Convertidor Geoelec, CC-CC, potencia máxima 250 W, entrada 12-14 V, salida variable de 20 V a 400 V.

Las planillas incluidas en los anexos de este informe, muestran en un cuadro los valores de la corriente eléctrica I, en mA, la diferencia de potencial V, en mV, y la resistividad aparente δa , en Ωm , obtenidos para los valores de AB/2 elegidos.

La fórmula de cálculo es:

$$\delta a = \frac{\pi}{4MN} (AB^2 - MN^2) \frac{V}{I}$$

donde AB y MN son las distancias entre electrodos de corriente y electrodos de potencial, respectivamente.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Los valores de ρ_a así obtenidos se graficaron en función de $AB/2$, en el sistema de coordenadas cartesianas logarítmicas dibujado al efecto en cada planilla (puntos circunscriptos por círculos pequeños). Uniendo con líneas continuas los puntos correspondientes a cada valor de MN se obtienen tres o cuatro tramos, ligeramente desplazados, de la curva de resistividad aparente de campo.

Corrigiendo estos desplazamientos, dejando fijo el último tramo, queda dibujada una curva continua que es utilizada para el cálculo de la resistividad del término, y que denominamos curva de resistividad aparente de cálculo.

4.1.5. Perforaciones

Debido a la existencia en Pampa de la Compañía de pozos de diversa condición (de bombeo y de observación) pero sin información antecedente ordenada, se planteó junto a la ejecución de nuevos pozos la evaluación de las perforaciones existentes mediante distintas maniobras y criterios de estudio.

En cuanto a las perforaciones realizadas para este trabajo se estableció como finalidad principal conocer la constitución litológica del paquete sedimentario de interés, el espesor de las unidades que lo componen, la posición del basamento jurásico (en su condición de piso del sistema), la posición de los niveles de agua, y a través de ensayos de bombeo, la definición de los aspectos hidráulicos. De esta forma se practican pozos definidos como de reconocimiento y de bombeo.

Las perforaciones de reconocimiento fueron ejecutadas con el fin de obtener datos de tipo hidrolitológico, según los siguientes objetivos:

- definición de las características litológicas de la sección perforada;

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- delimitación de espesores acuíferos potenciales;
- situación del basamento hidrogeológico;
- asignación de las formaciones geológicas presentes;
- correspondencia con los cortes geoelectríficos preliminares;
- definición de la geometría y distribución areal de los acuíferos detectados; e
- instalación definitiva de puntos de muestreo químico y medición de niveles hidrométricos.

En total se perforaron 506 metros distribuidos en 3 pozos, correspondiendo al P.R.1 201 metros, al P.R.2 255 metros y al P.R.3. 50 metros, en todos los casos construidos mediante rotación con inyección bentonítica, en diámetro 7 7/8 pulgadas y entubamiento variable, ya que al P.R.1 se le colocó PVC reforzado de 4 pulgadas de diámetro, al P.R.2 cañería de hierro galvanizado de 3 pulgadas, mientras que el P.R.3 no fue entubado.

La ubicación de los pozos es coincidente, a fin de correlacionar los resultados, con distintos sondeos eléctricos verticales situándose el P.R.1 en el SEV 9, el P.R.2 en el SEV 16 y el P.R.3 en las inmediaciones de los SEV 15 y 6. Con doble propósito el P.R.1 se situó cercano a uno de los pozos de bombeo preexistentes (designado como P.B.3) con el fin de reconocer el perfil litológico del sector, y a la vez dejarlo instalado como pozo de observación para un futuro ensayo de bombeo, obteniéndose de esta manera un dato de importancia para el diagnóstico de las perforaciones existentes.

El P.R.2 se construyó hacia el sur, en el borde de la pampa cercano al cañadón Baño Nuevo, tal que brinde elementos de juicio sobre la continuidad areal de las condiciones definidas en el primer pozo.

En cuanto al denominado P.R.3., debe señalarse que la intención original fue la de construir un pozo de bombeo, pero -

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ante la predominancia de sedimentos pelíticos en todo el espesor se descartó proseguir el trabajo. A pesar de esto puede extraerse como conclusión más importante la variación lateral en un corto trecho de los sedimentos que componen el paquete de interés hidrogeológico.

El propósito de los pozos de bombeo fue establecer mediante ensayos hidráulicos los parámetros físicos de los acuíferos detectados. Su emplazamiento se fijó en función de los resultados preliminares de la prospección geoelectrica y de las perforaciones de reconocimiento.

Según este esquema se ejecutó el primer pozo de bombeo identificado como P.B.4 (continuando con la numeración correlativa de los tres pozos existentes), instalándose un entubamiento preliminar a 93 metros de profundidad final. La posición del nivel piezométrico, la reducida producción y los elevados contenidos químicos (en especial fluoruros) llevaron a descartar el aprovechamiento del acuífero situado a dicha profundidad.

A continuación se construyó en el mismo punto un pozo de bombeo con una profundidad final de 50 metros (inicialmente llamado P.B.4. bis) con la intención de evaluar el acuífero existente a esa profundidad, detectado en base al perfil litológico del P.B.4. y su correspondiente perfilaje eléctrico.

Con los resultados obtenidos se definió el diseño y ubicación de la futura batería de bombeo Pampa de la Compañía, ejecutándose sucesivamente los pozos de bombeo 5,6,7,8,9 y 10, cuyos resultados (en especial los hidráulicos) brindaron abundante información al diagnóstico geohidrológico elaborado previamente.

Todos los pozos de bombeo fueron construidos mediante rotación, con inyección bentonítica, en un diámetro de 12 3/4 pulgadas, entubándose con cañería ciega de acero negro común y filtros de acero galvanizado, reforzados, ranura continua de 1 milímetro de abertura, todo con un diámetro de 8 pulgadas. El pre-filtro es de grava seleccionada de diámetro comprendido entre -

1,44 y 2,40 milímetros (n° 12 Norma Iram 1545).

Acompañando a algunos de los pozos de bombeo se construyeron pozos de observación con la finalidad de utilizarlos durante los ensayos hidráulicos para registrar la posición de los niveles de agua. Se entubaron con cañería de PVC, e idéntico diseño que los pozos de bombeo, situándose dos de ellos en el P.B.4. (uno de 93 metros y otro de 50 metros) y uno en el P.B.6.

Por último deben mencionarse las perforaciones someras destinadas a evaluar la sección superior de la columna sedimentaria (expresamente el manto de gravas y arenas que conforman la planicie mesetiforme), aunque con el avance de los trabajos se descartó este objetivo al comprobar las favorables condiciones de la porción inferior, donde se centraron las investigaciones.

Concluidos los trabajos de perforación, y previo a la colocación de los entubamientos, se midieron perfilajes eléctricos de inducción con el registro del potencial espontáneo, resistividad y conductividad. En los primeros pozos se contrató a empresas particulares vinculadas con la actividad petrolífera, midiendo Dresser Atlas en el P.R.1, The Go en el P.R. 2 y Welex en el P.B.4., para luego continuar en el resto de los pozos con mediciones propias utilizando un perfilador manual de registro por puntós.

4.1.6. Ensayos hidráulicos

Con el propósito de establecer los parámetros hidráulicos se ejecutaron ensayos de bombeo a caudal constante (de duración comprendida entre 16 y 28 horas), pruebas de recuperación, ensayos escalonados con distintos regímenes de bombeo, y ensayos de permeabilidad a carga variable.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Los aforos se realizaron en los pozos de bombeo que componen la batería, utilizando electrobomba centrífuga sumergible accionada por grupo electrógeno, con el siguiente esquema de trabajo:

- . Con medición de descensos y ascensos de los niveles
 - P.B. 4 (con pozos de observación 1 y 2) 1000'
 - P.B. 6 (con pozo de observación 1) 1680'
 - P.B. 3 (preexistente) (con pozo de observación 1) 1500'
 - P.B.10 1620'

- . Con medición de recuperación
 - P.B. 5 1140'
 - P.B. 8 1380'
 - P.B.9 1440'

- . Sin ensayos
 - P.B.1 (preexistente con arrastre de arena)
 - P.B.2 (preexistente con cañería filtro rota)
 - P.B.7

En cuanto a los ensayos a caudal variable se realizaron a tres regímenes de bombeo, crecientes, con o sin recuperación intermedia, destinados a conocer la respuesta del acuífero a diferentes condiciones de extracción y la posterior confección de la curva característica del pozo. Este ensayo se realizó en todos los pozos que componen la batería Pampa de la Compañía n°1.

Para la ejecución de pruebas de permeabilidad a carga variable (Gilg Gavard) se seleccionaron puntos con distinto grado de representatividad, como el P.S.1 (freático), el P.B.1 y P.B.3 (preexistentes con filtros enfrentados a los tres niveles acuíferos) y el grupo de pozos de la nueva batería (P.B.4, 5,6,8 y 9).

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

La calidad de la información recabada no es homogénea pues las condiciones de trabajo variaban constantemente, obligando a la adecuación de las pruebas según las circunstancias. En casos las condiciones climáticas imperantes en el área de trabajo (sin ningún tipo de infraestructura vial o edificación) fueron decisivas en la programación y duración de los ensayos ; también la restricción se debió a las posibilidades del adecuado funcionamiento del grupo electrógeno (única fuente de energía eléctrica), del rendimiento de las electrobombas y de las complicaciones operativas para la instalación de éstas en cada pozo de explotación.

Con todo la información resultante pudo ser usada en la aplicación de los métodos para cuantificar los parámetros hidráulicos y arribar a un diagnóstico generalizado para el acuífero a explotar en la Pampa de la Compañía.

4.1.7. Registros hidrométricos periódicos.

Inicialmente se pretendió definir una red monitora de observación hidrométrica, pero la baja densidad de puntos en el ámbito de la Pampa de la Compañía más las dificultades surgidas para efectuar las mediciones (que obligaban a desarmar los molinos), indujeron a abandonar la idea original al anteponer el concepto hidrodinámico regional de clara resolución y medir periódicamente los niveles de agua en los pozos que se fueran construyendo.

Se cuenta con mediciones correspondientes a abril de 1987 y abril de 1988 (que permiten oponer la variación anual), agosto y septiembre de 1987 (luego de la concentración invernal de precipitaciones) y marzo de 1988 (con posterioridad a la sequía estival).

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

4.1.8. Ensayos de laboratorio.

4.1.8.1. Análisis granulométricos

Las muestras de sedimento obtenidas durante la ejecución de las perforaciones, luego de efectuada su descripción macroscópica, fueron seleccionadas según su representatividad para la práctica de análisis granulométricos mediante tamizado.

A tal fin se instaló un laboratorio de campaña en San Julián, donde se realizaron los ensayos con 7 fracciones (una para sefitas y las restantes para samitas hasta el límite con --- las pelitas) para luego proceder a calcular los coeficientes de uniformidad y diámetros efectivos de las partículas constituyentes, y finalmente definir las pautas constructivas de las obras de captación futuras.

4.1.8.2. Análisis químicos

Complementariamente con la determinación de la conductividad específica en el campo se extrajeron muestras de agua para análisis químicos de todos los puntos de interés, que incluyen molinos, manantiales y pozos de reconocimiento, de observación y de bombeo.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de S.P.S.E. y en los laboratorios privados Geoagro S.R.L y Argentaguas --- S.R.L. contratados por el C.F.I., efectuándose la determinación de la conductividad específica, pH, sólidos disueltos totales, alcalinidad total, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, calcio, magnesio, fluor, arsénico (hasta aquí determinaciones comunes a los tres laboratorios), bicarbonatos, carbonatos, sodio, nitritos, potasio, sílice y vanadio (éstas solo en los laboratorios privados). En casos se agregó amonio, fosfatos y materia orgánica a los fines indicativos.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

La evaluación de los resultados permite tipificar químicamente las aguas, verificar zonaciones laterales y verticales, y establecer su aptitud potencial para consumo humano.

4.2. Procedimiento de análisis

La información generada durante los trabajos de campo -- fue tratada mediante una base de análisis geohidrológica convencional, extremando su evaluación dada la falta de antecedentes generales, y adoptando los métodos más adecuados a fin de obtener un diagnóstico ajustado y preciso acorde con los objetivos del estudio.

4.2.1. Clima. Balance hidrológico.

El análisis se basa en cálculos computacionales de promedios de precipitación con su correspondiente graficación, tomando los datos de la estación Aero San Julián del S.M.N y de los registros de las estancias seleccionadas. Con los datos del S.M.N se graficaron datos de temperatura y vientos.

Para el cálculo del balance hidrológico medio se utilizaron los datos medios de precipitación de San Julián y de Evapotranspiración Potencial, según el procedimiento de Thornthwaite y Mather, para los períodos 1941-1960 y 1971-1980.

4.2.2. Geoeléctrica.

Siguiendo la metodología adoptada por CFI, las curvas de resistividad aparente son analizadas aplicando el método de Zohdy (1974) utilizando un programa para computadora, en lenguaje Fortran, del mismo autor (Zohdy, 1973), el que proporciona para cada SEV un corte geoelectrico consistente en un modelo de capas horizontales y paralelas de espesores y resistividades definidas.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Estos cortes se correlacionan luego en secciones geoe-léctricas, para lo cual puede ser necesario modificar los --- procedimientos efectuados en forma controlada, aplicando un - programa interactivo basado en el programa APASEV propuesto - por DIAZ et. al (1984).

Los cortes geoelectrónicos definitivamente adoptados se - dibujaron con las planillas bilogarítmicas mediante curvas de resistividad verdadera conformadas por tramos rectos parale- los a los ejes coordenados.

El hecho que estos cortes se obtienen en forma controla da queda demostrado por la satisfactoria coincidencia entre - la curva de resistividad aparente obtenida por cálculo para - cada corte (curva dibujada en los gráficos) y la curva de re- sistividad aparente de campo (descrita en el punto 4.1.4.)

Definidos los cortes geoelectrónicos y correlacionándolos según las líneas o perfiles A-A', B-B' y C-C', se construye- ron sendas secciones geoelectrónicas en las que se diferencian las resistividades en cuatro horizontes y un sustrato resisti vo.

Los límites entre rangos se definieron en base a claros contrastes de la resistividad, la que disminuye de valor con la profundidad, salvo delgadas intercalaciones, siempre más con- ductoras, que se observan generalmente en el tercer horizonte.

En los SEV suficientemente largos de la meseta y en los medidos en el Bajo John y Cañadón Baño Nuevo se destaca el - mencionado sustrato, asociado con un aumento de la resistivi- dad, y cuya profundidad es coherente con la de las rocas por- fíricas del Grupo Bahía Laura.

La necesaria diferencia entre las escalas horizontal y vertical adoptadas introducen una deformación $EV/EH = 30$.

En las secciones geoelectricas se diferencian cinco rangos de resistividad (en ohmios-metro) a fin de simplificar su correlación con el modelo hidroestratigráfico:

- . $\delta > 100$
- .30 $< \delta < 100$
- .10 $< \delta < 30$
- . $\delta < 10$
- . sustrato resistivo (basamento hidrogeológico).

4.2.3. Hidrogeología.

El conocimiento hidrogeológico de la región plantea la necesidad de precisar las características estratigráficas y estructurales del medio físico, en función de definir su geometría y aptitud para recibir, almacenar y transmitir el agua subterránea.

Para alcanzar esta definición se utilizaron como elementos de juicio las condiciones geológicas-geomorfológicas, los resultados de la interpretación geoelectrica, y la descripción de las muestras litológicas de las perforaciones ajustadas con los perfilajes eléctricos.

El producto de estas evidencias se resume en un cuadro que contiene un esquema hidrogeológico, con la asignación de los valores resistivos característicos de cada unidad, su litología, y su correspondencia con las entidades geológicas descriptivas para la zona.

Este cuadro representa sólo las condiciones observadas en Pampa de la Compañía (que es la zona donde se centraron los estudios), por lo cual se elaboró para el conjunto de la región un perfil hidrogeológico simplificado tal que contribuya a la comprensión del funcionamiento de la fase subterránea, su comportamiento, y vinculación con el ciclo hidrológico general.

4.2.4. Hidrodinámica.

Con las limitaciones en cuanto a densidad de registros - señaladas en el capítulo correspondiente, se planteó la defini -
ción de la hidrodinámica a partir de observaciones directas - -
vinculadas con la morfología de la zona y el afloramiento de -
manantiales tal que permiten caracterizar el movimiento del --
agua subterránea con un patrón regional.

El análisis de los niveles medidos en la batería de bom -
beo permite formular algunas conclusiones de carácter local, -
y ponderar la variación en algunos puntos para un ciclo hidro -
lógico completo.

Por lo tanto los elementos de juicio tratados en este ca -
pítulo son:

- configuración morfológica de la pampa y de los cañadones que la disectan;
- observación directa de los afloramientos de agua (manantia---
les);
- geometría del espesor de rodados que cubre la pampa y disposi -
ción de los horizontes sautíticos y pelíticos de la Fm. Pata -
gonia; y
- evaluación de los registros hidrométricos medidos en la bate -
ria de bombeo.

4.2.5. Hidroquímica

La evaluación de los resultados químicos conducente a la formulación de una caracterización hidroquímica se efectuó en base a distintos procedimientos de análisis.

En primer lugar se realizó la oposición directa de los -

tenores determinados para las distintas muestras, procedentes de los pozos de reconocimiento, observación y bombeo, los molinos distribuidos en el área general de trabajo, y los manantiales. Posteriormente se incluye en la oposición la clasificación y tipificación de las distintas familias de agua, obtenidas a partir de los métodos de Piper y Schoeller-Berkaloff.

Se agregan además las evidencias que resultan del tratamiento dado a la información en los capítulos Hidrogeología, y en especial Hidrodinámica.

En el primer caso se diferencian las distintas procedencias, tanto del acuífero freático como del semiconfinado, y puntualmente uno de los niveles confinados profundos; mientras que para el segundo se contemplan las condiciones de recarga, conducción y descarga, más algunos elementos morfológicos y morfodinámicos.

Se destaca una comparación entre los tenores salinos en distintos niveles de profundidad, que junto a los rendimientos hidráulicos, condicionaron el diseño de la batería de bombeo - Pampa de la Compañía captando únicamente la unidad semiconfinada en oposición a los pozos previos a este estudio que incluían también niveles más profundos.

Finalmente, y restringido al área de la pampa, se evaluaron los tenores salinos en función de su aptitud para el consumo humano, según las normas fijadas por el Servicio Nacional de Agua Potable (S.N.A.P.).

4.2.6. Hidráulica.

Como se señalara, la información generada comprende:

- Ensayos de bombeo a caudal constante, con registro de los niveles dinámicos durante el descenso y la recuperación en

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

los pozos de bombeo, y en los de observación cuando se contaba con ellos (PB 3, PB 4 y PB 6).

- Ensayos a caudal constante hasta alcanzar niveles dinámicos prácticamente estables, para medir la recuperación en los pozos de bombeo (PB 3, PB 5, PB 6, PB 8, PB 9 y PB 10).
- Ensayos de bombeo con distintos caudales, en tiempos cortos con registros de los descensos (PB 3, PB 4, PB 5, PB 6, PB 7, PB 8, PB 9 y PB 10).
- Ensayos de permeabilidad a carga variable (PB 1, PB 3, PB 5, PB 6, PB 8 y PB 9; P01 del PB4 y Pozo Somero 1).

En cuanto a la interpretación de la información se aplicaron los siguientes métodos:

- - De Recuperación de Theis, único método que puede utilizarse cuando no se cuenta con pozo de observación. De todos modos se aplicó también en algunos ensayos en los que se manejaron los otros métodos con el fin de comparar el ajuste entre ellos.
- - De Thiem, Theis, Chow y Jacob aplicados cuando se contó con datos de pozos de observación.
- - De Gilg-Gavard para obtener un valor de permeabilidad en el paquete de sedimentos que se enfrentan a los filtros.

El procesamiento indicado permitió determinar los parámetros transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento, efectuando además la evaluación individual de las captaciones y su eficiencia, para finalmente ponderar los regímenes de producción.

4.2.7. Reservas de aguas subterráneas.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Con el diagnóstico geohidrológico definido, se abordó la cuantificación de las reservas generatrices y geológicas contenidas en el espesor de interés, para luego efectuar la oposición - entre ellas y los volúmenes de agua explotados por la batería de bombeo Pampa de la Compañía.-

La estimación de las reservas está directamente relacionada con la definición del balance hidrológico, que queda reducido a pocos términos dadas las particulares características fisiográficas del área de estudio. No obstante lo cual, y como sucede generalmente, el cálculo de la evapotranspiración ofrece un cúmulo de dificultades, aumentadas en caso de tratarse de regiones áridas con gran deficiencia de agua, como la situación que nos ocupa.-

Para el cálculo del balance, no quedó otro camino que - adoptar el método de Thorntwaite-Mather a pesar de la invalidez inicial de este procedimiento impuesta por el propio Thorntwaite, tomando los excesos de agua cuantificados para los meses de invierno y obviando los acontecimientos climáticos estivales.-

Con este mecanismo se obtuvo un valor correspondiente a las reservas generatrices, considerado mínimo y muy conservador, que puede oponerse al caudal anual explotado por el campo de bombeo construido.-

Se destaca que a pesar de la estricta condición cuantitativa intrínseca de este tema, debió recurrirse a un modelo especialmente cualitativo que permitiera concluir la evaluación de las reservas, a partir de las características morfológicas, geológicas, dinámicas y químicas observadas en la Pampa de la Compañía, para recién después intentar ofrecer algunas valorizaciones.

5. CARACTERIZACION GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA

En este capítulo se realiza una síntesis del trabajo denominado "Estudio geológico-geomorfológico en el área de Pampa de la Compañía - Puerto San Julián - Santa Cruz" efectuado por los Lic. José Luis PANZA y Marcelo CABALLE, contratados al efecto por el C.F.I.

Esta investigación tuvo como objetivo principal el reconocimiento y definición de las condiciones geológicas regionales y geomorfológicas que sirvieran de base a los trabajos hidrogeológicos.

Primeramente se efectúa una descripción de las distintas unidades aflorantes en la comarca y sus relaciones estratigráfico-estructurales, y posteriormente un análisis desde el punto de vista geomorfológico, cuya síntesis es la siguiente:

5.1. Geología

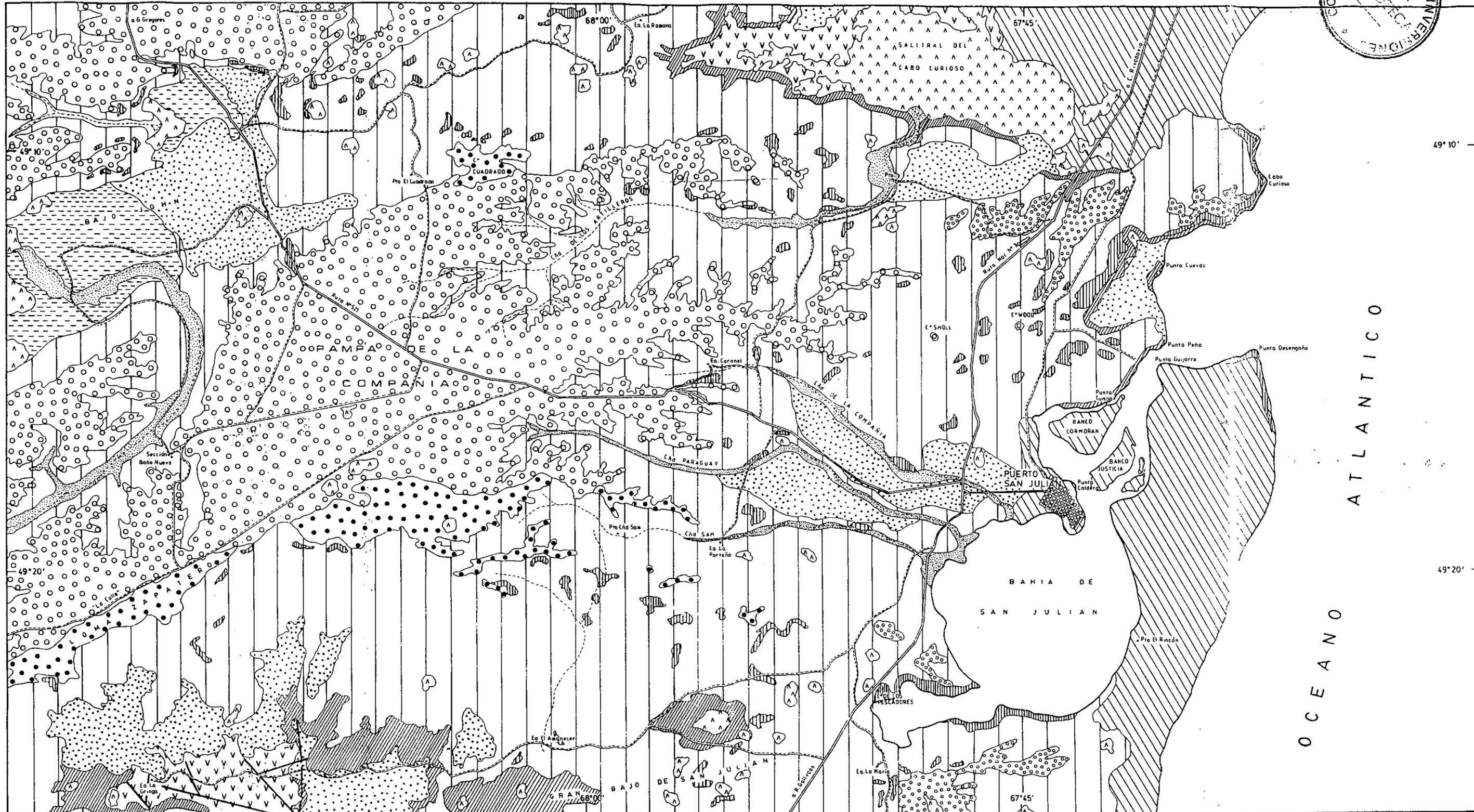
Las rocas más antiguas expuestas corresponden al complejo piroclástico-volcánico-sedimentario representado por el Grupo Bahía Laura (Lesta y Ferello, 1972). Esta entidad, asignada en base a su contenido fosilífero y a dataciones radimétricas, al lapso Mesojurásico (Dogger) Superior-Suprajurásico (Malm) - inferior, está integrada por las formaciones Chon Aike y La Matilde

Formación Chon Aike (Archangelsky, 1967)

Aflora en los sectores más deprimidos del relieve local, reconociéndose dos grandes áreas de afloramientos: el Gran Bajo de San Julián y el Salitral del Cabo Curioso en sus bordes norte y oeste.

Se trata de una unidad compuesta por rocas piroclásticas principalmente ignimbritas, de composición ácida, bastante por

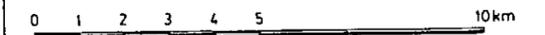
GEOLOGIA DEL AREA PAMPA DE LA COMPAÑIA Y ALREDEDORES. SAN JULIAN. PROVINCIA DE SANTA CRUZ.



PROVINCIA DE SANTA CRUZ	
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES	
PROVISION DE AGUA A PUERTO SAN JULIAN	Expte. N° 1213
REALIZARON: PANZA, José Luis y CABALLE, Marcelo.	
FECHA: Diciembre de 1987.	

REFERENCIAS

	Depósitos recientes indiferenciados.	HOLOCENO	CUARTARIO
	Depósitos aluviales.		
	Depósitos de bajos y salinas.		
	Depósitos marinos y litorales.	PLEISTOCENO SUP- HOLOCENO	
	Depósitos lagunares de antiguas playas.		
	Depósitos de niveles aterrazados.	PLEISTOCENO	
	Formación Pampa de la Compañía.		
	Formación Cordón Alto.	EOCENO SUP - OLIGOCENO SUP	
	Miembro Monte León a-cubierto.		
	Miembro San Julián.		
	G. Bahía Laura.	DOGGER - MALM	
	Fractura.		



tíricas, casi siempre muy alteradas y silicificadas, con una pseudofluidalidad poco marcada y fragmentos pumíceos o fiammes caolinizados.

Subordinadamente presenta lavas de composición riolítica, muy fluidales y poco porfíricas, acompañadas por algunas rocas de naturaleza hipabisal y tobas.

Regionalmente los espesores son muy variables, dado que la Formación está limitada en su base y en su techo por superficies de discordancia muy marcadas (PANZA, 1984). En el área de estudio se considera para la Formación Chon Aike una potencia no superior a los 150 metros.

Formación Matilde (Archangelsky, 1967).

La unidad anterior engrana lateralmente con la Formación La Matilde, que se encuentra restringida al sector sudoccidental de la comarca (estancia La Gringa) en asomos arealmente -- muy reducidos y de escasa significación.

Su litología está representada por tobas y tufitas, de coloraciones blanquecinas, grises y rosadas, en bancos mal definidos que no superan una potencia total de 20-25 metros. Pueden presentar mantos ignimbríticos intercalados de muy escasa potencia.

Formación Patagonia (Zambrano y Urien, 1970)

Mediante una gran discordancia angular se depositaron -- sobre las rocas del Grupo Bahía Laura los sedimentos de la Formación Patagonia, integrada por los miembros San Julián y Monte León. Esta Formación ha sido asignada, por su contenido en mega y microfósiles, al lapso Eoceno superior - Oligoceno superior, pudiendo alcanzar, con dudas, al Mioceno más bajo.

Miembro San Julián

Asuma esencialmente en el borde norte del Gran Bajo San Julián, en la depresión del Salitral del Cabo Curioso y en la franja costera desde Puerto San Julián, por el sur, hasta el Cabo Curioso por el norte.

Está compuesto, en la base, por un conjunto pelítico limo-arcilloso, de coloraciones gris verdosas a gris oscuras, en el que se intercalan bancos de carbón y delgadas capas de areniscas limosas de grano fino a mediano. Hacia arriba siguen numerosos estratos de areniscas de grano fino a mediano (hasta - gruesas), de coloraciones verde oscuras a gris verdosas, que - en muchas ocasiones presentan fósiles marinos e incluso intercalaciones delgadas de coquinas. Culmina con una conspicua alternancia de estratos de coquinas gris amarillentas, con arenis--cas, a veces coquinoídes, de similar coloración.

El espesor de la unidad oscila entre los 5 y 70 metros, - encontrándose los mayores valores parciales en el Cabo Curio--so.

Miembro Monte León

Ocupa gran parte del área estudiada y constituye más del 80% de los afloramientos patagónicos.

Está constituido principalmente por chonitas gris blanquecinas y gris amarillentas, algo arcillosas y a veces arenosas de grano fino. Dentro de estos paquetes choníticos, se -- destacan algunos bancos más oscuros y resistentes, de composición arenosa fina muy tobácea.

En el sector occidental de la comarca, la parte alta -- del Miembro Monte León está compuesta por psamitas finas a medianas, friables de coloración gris azulada a amarillentas, --

con estratificación entrecruzada y en ocasiones por algún delgado estrato de coquinas arenosas.

Dichos horizonates arenosos, integran parte de los niveles productivos de aguas subterráneas en el sector de la Pampa de la Compañía, hecho que se evidencia en las captaciones de los cañadones Paraguay y Sam.

El espesor total se estima en unos 200 metros, no obstante que en la casi totalidad de los asomos se encuentra muy cubierto por depósitos modernos, regolitos y rodados provenientes de la destrucción de los aluviones aterrizados cuartarios. En la parte austral del sector costero la unidad en cuestión forma altos acantilados, cuya altura sobre el nivel de pleamar oscila entre 12 y 15 metros.

Relaciones estratigráficas y ambiente de sedimentación

Una superficie irregular, localmente erosiva pero regionalmente angular, se encuentra en la base de la Formación Patagonia, labrada como consecuencia de la transgresión progresiva del mar patagoniense. En la comarca, la unidad apoya solamente sobre elementos jurásicos del Grupo Bahía Laura.

Con respecto a su techo, está separado de los depósitos aterrizados cuartarios mediante una discordancia erosiva. Con excepción de los niveles inferiores del Miembro San Julián, en los que intervienen mantos carbonosos representativos de condiciones continentales cercanas a la costa o mixtas, el resto de la Formación Patagonia indica un ambiente marino de características neríticas y litorales.

Los niveles superiores demuestran condiciones paulatinamente de menor profundidad, culminando con una sedimentación de características parálidas, durante la regresión del mar y progresiva continentalización.

Las sedimentitas terciarias están cubiertas en discordancia erosiva por las formaciones Cordón Alto (más antigua) y Pampa de la Compañía, referidas al Pleistoceno, que corresponden a niveles de depósitos aterrazados que cubren un amplio sector del área estudiada.

Formación Cordón Alto (Panza y de Barrio, 1986).

Aflora en la Loma del Zapatero y el cerro Cuadrado, así como en unos pocos relictos más que forman pequeñas mesetas sin nombres reconocidos.

En todos los casos se trata de un manto subhorizontal continuo que se dispone siguiendo una suave pendiente regional hacia el este, con un espesor que no excede los 5 a 8 metros.

La litología consiste en un agregado muy poco consolidado de gravas de granulometría muy gruesa a gruesa, en general de esqueleto abierto. Está compuesto por un alto porcentaje de rodados (hasta 70%) en una matriz arenosa fina a mediana, de color gris a gris castaño. Sólo en algunos casos, la parte superior del afloramiento está parcialmente cementada por carbonato de calcio de textura terrosa.

Formación Pampa de la Compañía (Panza y de Barrio, 1986).

Se asigna esta denominación al manto de gravas y arenas que constituyen la planicie mesetiforme de mayor desarrollo de la comarca. Tiene una suave pendiente hacia el este y noreste, con un máximo topográfico de 300 m.s.n.m. y una cota mínima de 225 m.s.n.m.

Al igual que en el caso de la Formación Cordón Alto, es difícil dar una idea exacta de los espesores de la unidad, sin embargo, se han podido medir espesores mínimos que oscilan entre 3 y 5 metros.

Son depósitos usualmente poco consolidados, constituidos por rodados redondeados a subredondeados y esqueleto abierto - con un 60% de fenoclastos (vulcanitas e ignimbritas) inmersos en una matriz arenosa fina a mediana.

Aparte de las unidades descritas se describen a continuación las características generales de los depósitos correspondientes al Pleistoceno superior y Holoceno, que con distinta - naturaleza se distribuyen irregularmente en varios sectores -- del área de estudio.

PLEISTOCENO SUPERIOR-Holoceno

Depósitos de niveles aterrazados.

Se comprende bajo esta denominación a un conjunto de acumulaciones psefítico-psamíticas, que constituyen afloramientos esencialmente planos en sectores orientales de la comarca.

Ocupan posiciones topográficamente bajas, al norte de -- los cerros Sholl y Wood hasta el Cabo Curioso, y al sur de la Bahía de San Julián en los alrededores de la estancia La María.

Depósitos lagunares de antiguas playas.

Estas acumulaciones se han desarrollado en el Bajo John, en el sector noroccidental de la región.

Son depósitos finos (arenas muy finas, limos y limo arcillosos) de color castaño claro y gris castaño, que constituyen restos de antiguas playas de cuerpos de agua interiores.

Depósitos marinos litorales.

Se reconocen a lo largo de todo el sector costero depósitos de terrazas y cordones litorales, originados por procesos

de acreción marina.

Las extensas planicies están constituidas esencialmente por gravas y arenas con numerosos restos de conchillas.

Fundamentalmente por intermedio del análisis de fotografías aéreas, se han podido reconocer diferentes cordones litorales, que demarcan antiguas líneas de costa y se diferencian por la presencia de pequeñas escarpas.

Las potencias observadas en estas acumulaciones varían entre 4 y 10 metros.

HOLOCENO

Depósitos de bajos y salinas.

Las áreas de mayor desarrollo de estas acumulaciones son las correspondientes al Salitral del Cabo Curioso y a la porción oriental del Gran Bajo de San Julián, existiendo otras numerosas de menor significación.

Se encuentran gran cantidad de bajos y lagunas temporarias donde se han depositado limos, limos arcillosos, arcillas y sales evaporíticas conformando costras de espesores reducidos, entre 5 y 10 cm, fundamentalmente de halita y yeso.

En el borde oriental del Salitral del Cabo Curioso, es notable la formación de numerosas estructuras abovedadas de yeso, que ya fueron descriptas por WICHMANN (1922).

Depósitos aluviales.

Se aprecian en los cauces de los principales cursos de agua de la comarca, en especial en los cañadones Baño Nuevo, de La Compañía, Sam, Paraguay y de los Artilleros.

Son acumulaciones de materiales sueltos constituidos por arena fina a gruesa, raramente delgadas capas conglomerádicas intercaladas, mientras que en muchos sectores de las planicies se encuentra material limo-arcilloso generando una delgada capa superficial normalmente resquebrajada por desecación.

Depósitos recientes indiferenciados.

Cubren diversos sectores diseminados a lo largo de toda la zona relevada. Se trata de depósitos inconsolidados de color gris a castaño claro, de naturaleza psamítica por lo general fina a mediana, mezclada con variables proporciones de limos y arcillas y rodados dispersos.

En todos los casos se trata de una capa delgada, formada por materiales procedentes de la destrucción de las unidades más antiguas reconocidas en la zona, con algo de aporte eólico.

5.2. Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico se ha subdividido el área en cuatro sectores, de acuerdo a los procesos actuales y a las formas resultantes:

Sector de relieve mesetiforme

Este paisaje se desarrolla fundamentalmente en el área -- centro occidental de la región.

Se pueden reconocer varios niveles de mesetas: el más elevado actualmente muy disectado, corresponde a la loma Zapatero, cerro Cuadrado y otros innominados; el intermedio, que es el de mayor desarrollo superficial, coincide fundamentalmente con la llamada Pampa de la Compañía, mientras que el de menor altura y desarrollo, se ubica hacia el este en las cercanías del Cabo Curioso y de la estancia La María.

Las mesetas están limitadas por una escarpa de erosión, actualmente muy disectada, presentando en planta un diseño irregular con invaginaciones y apófisis.

Estas planicies, constituidas por un delgado manto de gravas y arenas tienen una suave pendiente regional hacia el este y noreste, siendo interrumpidas por numerosas depresiones, algunas de grandes dimensiones como el Bajo John.

Los depósitos psefíticos correspondientes a las Formaciones Cordón Alto y Pampa de la Compañía, formarían parte de unidades geomórficas del tipo de los pedimentos, más precisamente pedimentos coalescentes que dan origen a extensas llanuras.

De acuerdo a Fidalgo y Riggi (1970) en la dispersión de estos depósitos intervinieron procesos relacionados con pedimentación, acción fluvial y remoción en masa. Sin duda, ha sido de significación en su transporte y depositación, la acción de crecientes laminares producidas en clima árido o semiárido y debidas a precipitaciones esporádicas y copiosas.

Sector modelado por acción fluvial dominante

Se ha subdividido en dos ambientes, según la litología predominante y las características del drenaje.

a. Ambiente de las rocas jurásicas del Grupo Bahía Laura.

Estas rocas constituyen el paisaje más irregular y quebrado de la comarca, observándose sólo en raras ocasiones algunos mantos de ignimbritas que resaltan en el relieve, formando paredones subverticales de unos pocos metros de altura.

Otro rasgo característico de este paisaje, especialmente en el sector de estancia La Gringa, es la presencia de numerosas cavidades y cuevas como consecuencia de la meteorización y

erosión de fragmentos pumíceos.

La red de drenaje no está demasiado desarrollada, presentando un diseño centrípeto con escasos colectores que drenan - sus ocasionales aguas hacia los bajos endorreicos, y en muchos casos suele ser de diseño rectangular, del tipo subsecuente. - Cuando la cobertura cuaternaria es más espesa, el diseño tiende a ser dendrítico.

b. Ambiente de las sedimentitas patagónicas.

El Miembro San Julián de la Formación Patagonia constituye pequeñas mesetas con bardas abruptas verticales generadas - por la presencia de estratos resistentes de coquinas y areniscas coquinoides en la parte más alta de la unidad.

Estas planicies estructurales son típicas en el Gran Bajo de San Julián, especialmente al sur de la estancia La Gringa.

Por su parte, los asomos del Miembro Monte León constituyen los faldeos de las mesetas o "pampas" y están muy cubiertos por regolitos. Las lomadas presentan laderas de pendientes moderadas, y en los aislados casos en que se observa algún estrato más resistente, el mismo se destaca como cornisa. Aquí - es donde la remoción en masa, fundamentalmente caída de bloques, adquiere cierta importancia.

En este ambiente, la red de drenaje presenta un diseño dendrítico bien desarrollado, sin evidencia de ajuste a estructuras.

Sector de depresiones endorreicas.

La entidad morfológica más importante es el Gran Bajo de San Julián, depresión sin desagüe de gran tamaño que inte-

gra sólo su borde septentrional a la región que nos ocupa.

La otra gran depresión es la del Salineral del Cabo Curioso, que es un bajo sin salida cuyo sector más deprimido está ocupado por sales evaporíticas.

Aparte de estas depresiones de importancia mayor, puede apreciarse en toda la comarca numerosas cuencas o bajos de dimensiones más reducidas, por lo común de forma elíptica. Algunos de estos bajos, presentan en sus márgenes orientales acumulaciones de material de origen eólico, producto de la deflación del sedimento fino de sus playas.

La explicación del origen de estos bajos es un tema de discusión aún no totalmente resuelto. Diversos autores (Feru-glio, 1949; Fidalgo y Riggi, 1965; Methol, 1967; Fidalgo, ---- 1973) se inclinaron por la hipótesis del origen múltiple. Al primitivo control estructural-litológico, se agregarían procesos de sublavado de materiales subyacentes (Schiller, 1923) y deflación, que en conjunto generarían el ensanchamiento y profundización de los bajos.

Sector costero

Los rasgos geomorfológicos predominantes en el sector costero de la zona estudiada se deben básicamente a la acción de agentes marinos y se pueden clasificar en dos tipos:

- de acumulación marina, con formación de playas actuales de rodados y arenas, terrazas marinas y cordones litorales (antiguos y actuales); y
- de erosión marina, con generación de costas altas o acantiladas localizadas en la zona del Cabo Curioso, Punta Cuevas, Punta Tumba, Punta Desengaño, etc. Durante la bajamar, además extensas planicies de abrasión o "restingas" constituidas por niveles duros del Miembro San Julián.

6 - CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

En función de los datos existentes se efectuó la clasificación climática de la zona según los siguientes métodos:

. Thornthwaite y Mather

De tipo B₁ d a', o sea Semiárido, Mesotermal, con nulo o pequeño exceso de agua, y concentración estival de la eficiencia térmica menor del 48%.-

. Índice de Martonne

$$I = \frac{P}{T + 10} = \frac{223}{19,3} = 11,6 ; \text{ donde } P \text{ es la cantidad anual}$$

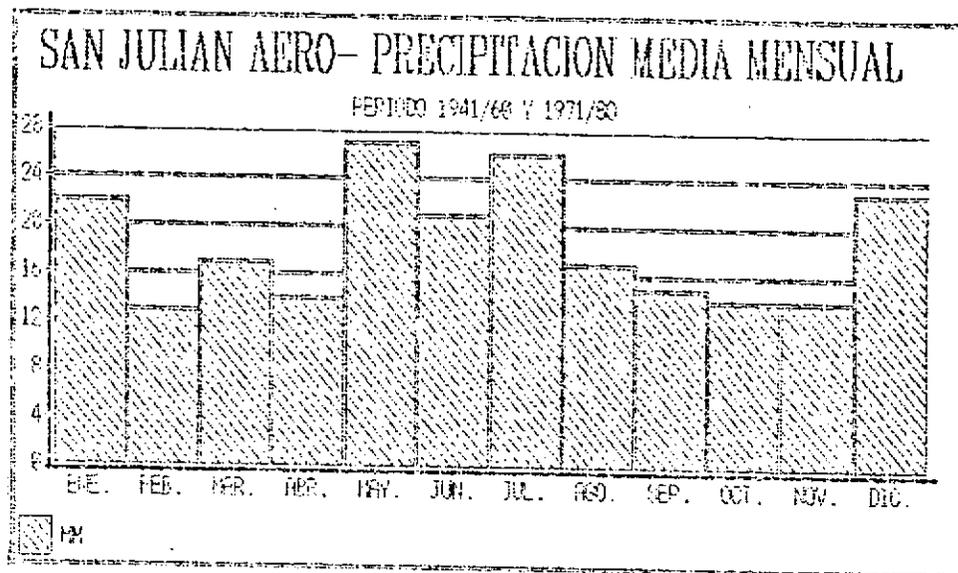
de precipitación, y T es el promedio anual de temperatura.

Según el índice obtenido la clasificación del tipo de clima es: zona de transición, con escorrentías temporales.-

. Índice de Blair

Aparte de las clasificaciones climáticas generales, pueden tratarse individualmente los diversos parámetros con el fin de aportar mayores elementos de juicio a la presente caracterización. Por ello a continuación se consignarán los datos más relevantes de precipitaciones, temperaturas, vientos, humedad relativa, nevadas, heladas y granizo, con algunos comentarios referidos al balance climático medio

Con los datos de precipitaciones recopilados se analizan las condiciones generales, estableciéndose para Puerto San Julián Aero en el periodo 1941-1960 y 1971-1980 una media anual de 223 mm., con dos picos de máximas precipitaciones ubicados por un lado en los meses de mayo, junio y julio, y por el otro en diciembre y enero.-



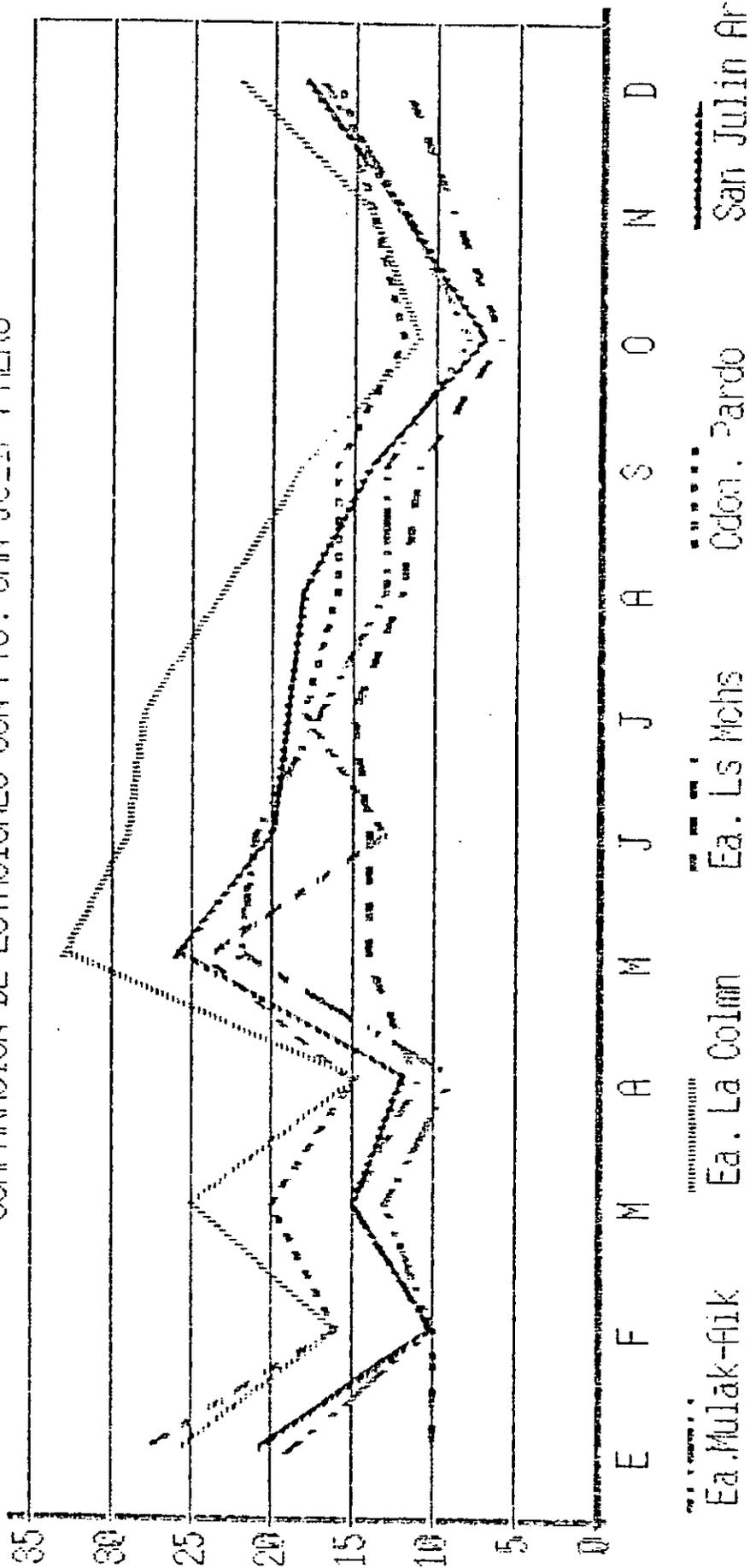
Tomando el periodo 1941-1960, en cuanto a medias mensuales, se observa que mayo es el mes más lluvioso con 26 mm. y octubre el de menor precipitación con sólo 7 mm. Para el lapso 1971-1980 se diferencian los meses de julio con 39 mm. y diciembre con 34 mm.-

La comparación entre Puerto San Julián Aero y las estancias Mulak - Aike, La Colmena, Los Machos y Cañadón Pardo, para el período - 1941 - 1960, muestra un buen ajuste con valores similares, coincidiendo los máximos en los dos períodos citados y mínimos en octubre.-

Los totales anuales se corresponden en general, aunque para Ea. La Colmena son más elevados y para Ea. Los Machos sensiblemente menores, como asimismo la observación de los datos mensuales muestra siempre precipitaciones mayores para la primera y también siempre menores para la segunda.

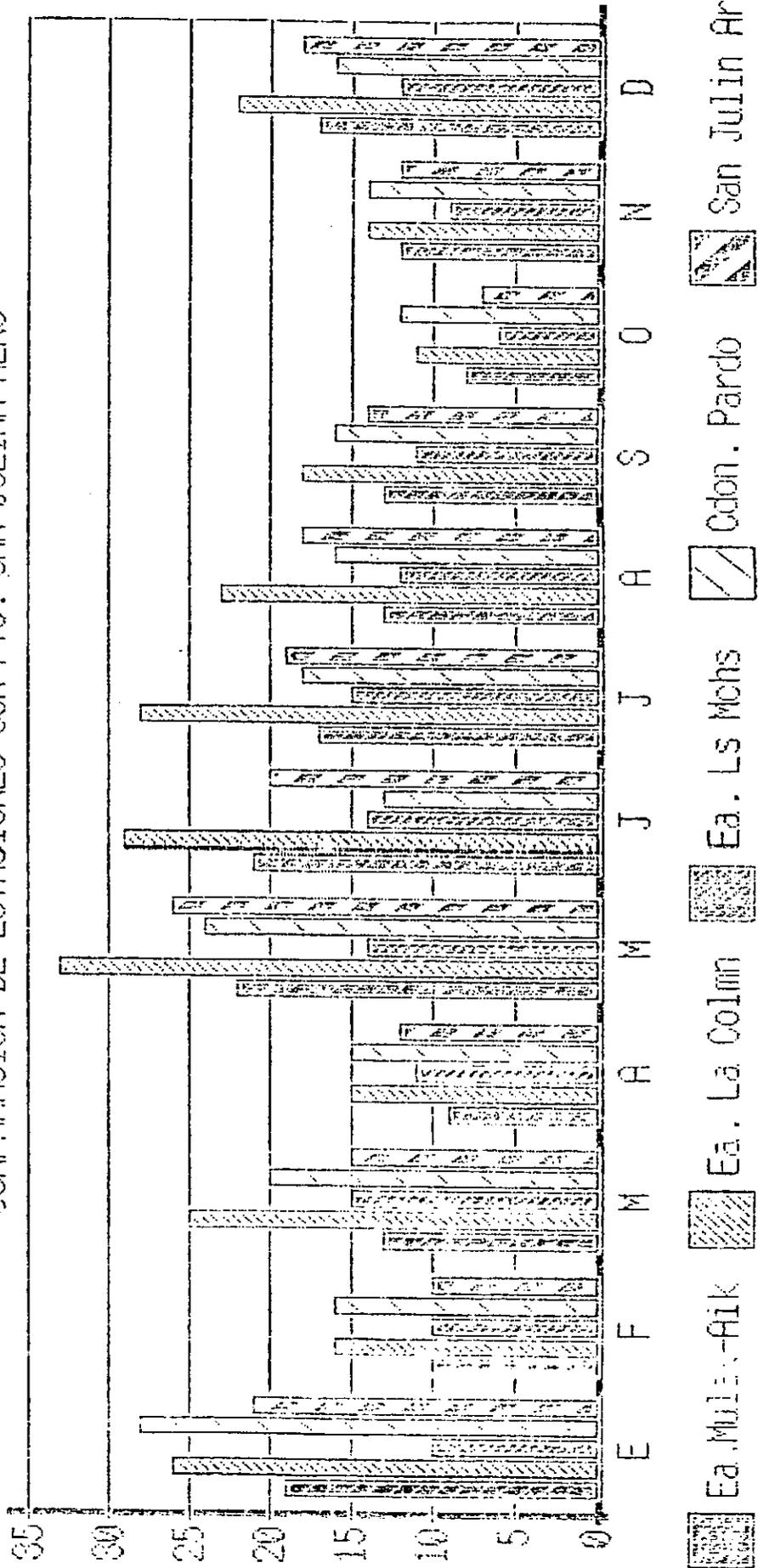
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (1941-1960)

COMPARACION DE ESTACIONES CON PTO. SAN JULIAN AERO



PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (1941-1960)

COMPARACION DE ESTACIONES CON PTO. SAN JULIAN AERO

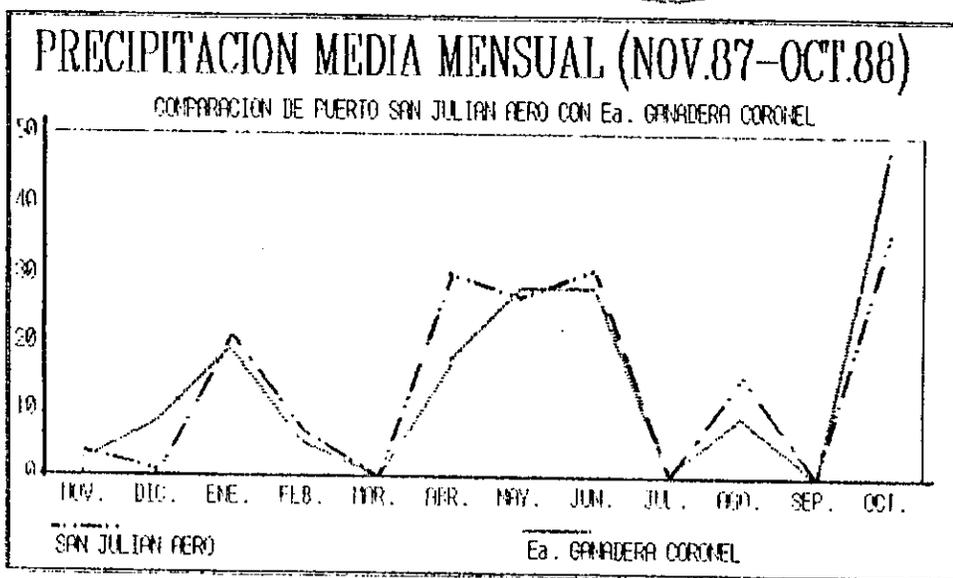


PRECIPITACION MEDIA MENSUAL. Comparación. Periodo 1941-60.-

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
S. Julián	21	10	15	12	26	20	19	18	14	7	12	18	192
Mulak Aike	19	10	13	9	22	21	17	13	13	8	12	17	174
La Colmena	26	16	25	15	33	29	28	23	18	11	14	22	260
Los Machos	10	10	15	11	14	14	15	12	11	6	9	12	139
C. Pardo	28	16	20	15	24	13	18	16	16	12	14	16	208

A pesar de las diferencias apuntadas, puede generalizarse una similar condición climática entre todas las estaciones aunque su situación geográfica no sea coincidente tanto en latitud como en altitud, ratificándose las clasificaciones apuntadas al principio del capítulo.-

También la comparación entre Puerto San Julián Aero y Ea. Ganadera Coronel, para el período noviembre de 1987 y octubre de 1988, -- muestra buena correspondencia general, con precipitaciones levemente superiores para la primera. Seguramente al ampliarse las observaciones pueda realizarse una mejor oposición, y tratar de definir posibles diferencias existentes entre precipitaciones en el ámbito de la pampa -- con las ocurridas en la zona litoral.-



En primera instancia se destaca las diferencias correspondientes al mes de agosto, con valores máximos para San Julián, y a la inversa en diciembre y octubre donde las lluvias son mayores en la estancia. Luego existe buena correspondencia, con un ligero desfasaje para abril donde los registros son menores en la estancia, pero con tendencia creciente hacia los máximos invernales.-

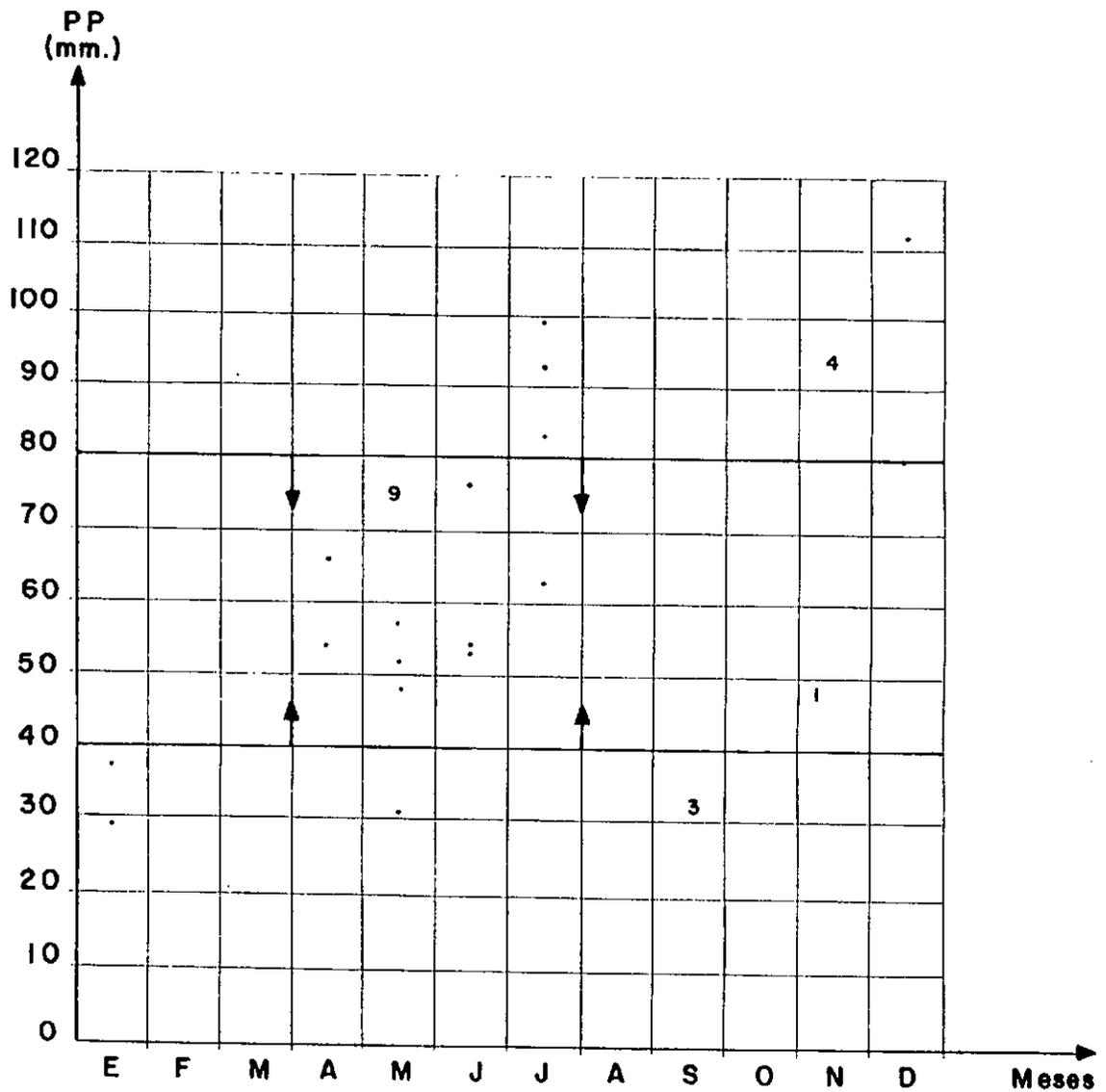
La consideración de otros periodos de registros de lluvias para la estación San Julián Aero permite observar que en el lapso 1971-1980 el valor anual medio fue de 280 mm., mientras que entre 1971-1987 se produce una disminución hasta 253 mm. Si se agregan los valores correspondientes a 1941-1960 puede notarse una clara alterancia de períodos más húmedos dentro de una generalidad que se mantiene en los 200 mm. anuales, sin poder detectar importantes (y persistentes) lapsos de sequía.-

Los registros de temperatura para San Julián en el período 1971-1980 indican una media anual 9,3° C, con una máxima media en enero de 21,1° C y en julio de 5,6° C, y una mínima media en enero de 9,3° C y en junio de -0,6° C. la mínima absoluta se registró el 1-7-72 con - -

Pto. San Julián

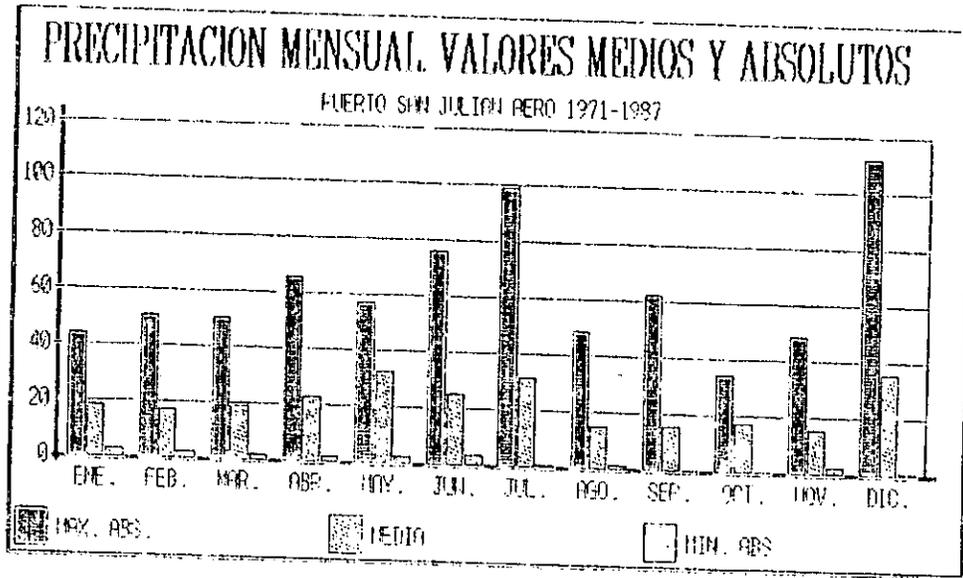
(1971 / 1987)

PRECIPITACIONES MAXIMAS MENSUALES, AÑO POR AÑO

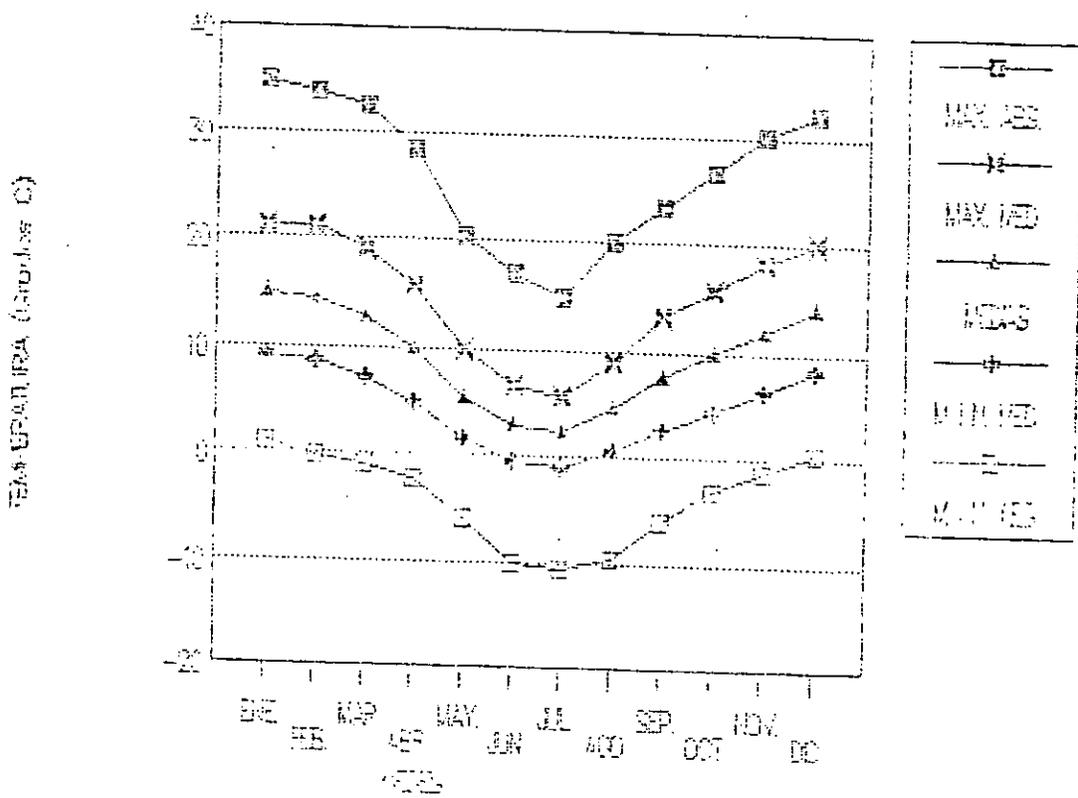


De 17 casos ,10 están entre 40 y 80 mm. y de esos, 9 ocurren entre el 1-4 y el 31-7.-

Hay solo 3 por debajo de 40mm. y 4 entre 80 y 120mm.-



SAN JULIAN AERO-TEMPERATURAS VALORES MEDIOS Y ABSOLUTOS (1971-1980)



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

-10,6° C, mientras que la máxima absoluta es del 1-I-78 con 34,9° C.-

Si bien no se cuenta con registros para la zona de Pampa de la Compañía puede señalarse un indicio indirecto relacionado con el balance hídrico, consistente en un importante volumen de nevadas, que por congelamiento permanece un largo período cubriendo la pampa y un posterior derretimiento paulativo que favorece la infiltración. Seguramente existe una diferencia de temperatura entre la pampa y San Julián debido a la altitud y a la distancia con respecto al mar que es suficiente como para producir el efecto citado.-

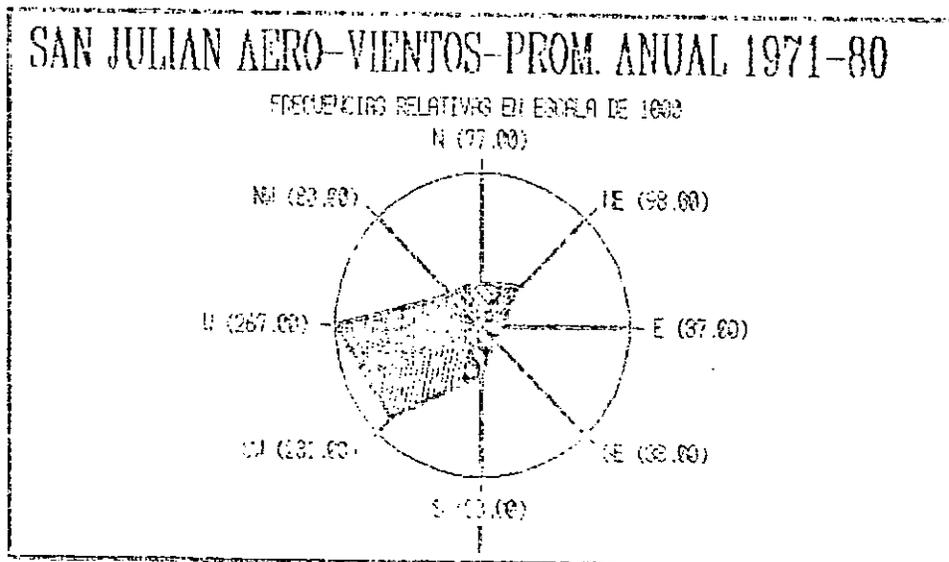
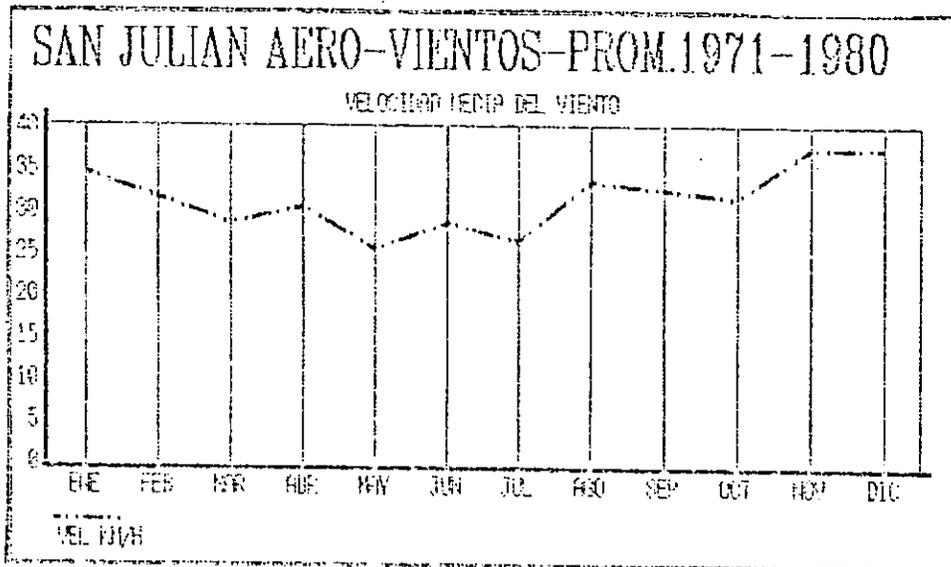
Un elemento de juicio importante para la consideración del balance climático, y por ende del balance hidrológico, surge de la observación de los valores de temperatura media para los meses de invierno (en los cuales ocurren las mayores precipitaciones) viéndose que en junio y julio no se superan los 3° C, y en mayo y agosto rondan los 5° C. Esta situación seguramente disminuye notablemente la acción de la evapotranspiración en ese período, no pudiendo determinarse si los balances expresan cabalmente esta condición descripta.-

Los datos de vientos para el período 1971-1980 permiten establecer una velocidad media anual de 31 Km/h., con máximos de casi 40 Km/h. en los meses de verano y mínimos de 25-28 Km/h. en el invierno.-

En lo referente a la frecuencia relativa anual de los vientos, y considerando una escala en 1000, se destacan los predominantes del oeste con 267 frecuencias y del sudoeste con 231. Los menos habituales son los del sudeste con 33 observaciones y del este con 37, con un promedio anual de calmas de 93.

Para la consideración de los vientos se sostiene que los registros no expresan totalmente la diferencia existente entre los meses de otoño a invierno contra el lapso de fines de primavera y el verano, dado que en este último no se traducen los efectos de las "ráfagas", que en casos superan los 100 Km/h y generan en muchos casos tempestades de pólv.-

Tal vez pueda mejorarse la apreciación del carácter estacional (estival) de los vientos si se analizan las calmas mensuales con



las frecuencias relativas donde muestran para marzo, abril, mayo, junio y julio valores de 108, 112, 154, 141 y 143, mientras que para noviembre y diciembre bajan a 40 y 34 respectivamente.-

Con respecto a la interpretación del balance climático y su vinculación con el balance hidrológico deberá tenerse especial cuidado al considerar la acción predominante del viento en verano (aunque los datos medios no lo expresen claramente); agregando la ponderación de las direcciones más frecuentes y también los elementos de juicio que brindan los valores de humedad relativa.-

Finalmente pueden rescatarse los datos existentes sobre nevadas, heladas, humedad relativa y tensión de vapor.

Con respecto a las nevadas, la estadística permite establecer - un total de 10,9 días con este tipo de precipitación y ocurrencia mayor en junio, julio y agosto que se extiende hasta noviembre. Las heladas también se manifiestan en los mismos meses, aunque con mayor extensión (sólo quedan excluidos diciembre y enero), que alcanzan un número medio de 18 y 20 días en junio y julio.-

Para ambos parámetros debe recordarse que los registros correspondientes a la estación San Julián Aero, que como se señalara presenta condiciones más benignas si se oponen a las de Pampa de la Compañía, donde por ejemplo se observó una persistencia de las heladas durante el invierno mayor a la señalada en las estadísticas, repitiéndose esta característica para las nevadas.-

Por último la humedad relativa manifiesta sus máximos valores en los meses de junio y julio con 70 y 72% respectivamente, los mínimos en noviembre hasta enero con 51%, y un promedio anual de 59%, -mientras que la tensión de vapor media presenta un promedio anual de 6,7 mS, con máximos en verano y mínimos en invierno, como ocurre por ejemplo en febrero con 8,8 mS y en julio y agosto con 5,2 mS.

ESTACION SAN JULIAN AERO		LAT 49 19 S	LONG 67 45 W DE G	ALT 62 METROS	PERIODO 1971/80									
VALORES MEDIOS Y ABSOLUTOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AGO
PRES ATM NIV EST MB		997,6	1000,1	1000,2	1001,0	1001,4	1000,1	1000,5	1000,4	1001,6	1002,1	999,3	999,0	1000,2
TEMP MAX ABSOLUTA C		34,9	34,0	32,6	28,5	20,4	16,9	15,0	19,9	23,4	26,7	30,2	32,3	34,9
OCURRENCIA DIA-AÑO		1 78	16 74	8 78	3 75	1 76	11 77	15 71	20 76	28 71	18 80	20 71	25 78	ENE 78
TEMP MAXIMA	C	21,1	21,0	19,0	15,6	9,9	6,6	5,6	9,0	13,3	15,7	18,2	20,1	14,6
TEMP TERM SECO	C	15,0	14,4	12,8	9,9	5,5	2,9	2,3	4,7	7,6	9,9	12,0	14,2	9,3
DESV D L NORMAL	C													
TEMP TERM HUMEDO	C	10,5	10,5	9,0	6,6	3,6	1,4	0,8	2,5	4,8	6,6	8,2	9,8	6,2
TEMP MINIMA	C	9,3	8,6	7,2	4,8	1,5	-0,6	-1,1	0,5	2,5	4,4	6,4	8,4	4,3
TEMP MIN ABSOLUTA C		0,9	-0,3	-1,0	-2,3	-6,0	-10,0	-10,6	-9,6	-5,8	-3,0	-1,2	0,6	-10,6
OCURRENCIA DIA-AÑO		9 71	9 74	30 74	27 76	21 73	30 72	1 72	1 74	10 75	24 74	2 79	11 71	JUL 72
TEMP PUNTO ROCIO C		3,7	4,5	3,0	1,1	-0,4	-2,3	-2,6	-2,6	-1,4	0,1	1,2	2,7	0,6
TENSION VAPOR MB		8,3	8,8	8,0	6,9	6,2	5,3	5,2	5,2	5,7	6,4	7,0	7,8	6,7
HUMEDAD RELATIVA %		51	55	55	58	68	70	72	61	56	55	51	51	59
VELOC VIENTO KMH		34	31	28	30	25	28	26	33	32	31	37	37	31
PRECIPITACION MM		25	20	19	17	28	23	39	17	15	26	17	34	280
DESV D L NORMAL	MM													
HELIOF EFECT	N HS													
HELIOF RELAT	%													
NUBOSIDAD TOTAL 0-8		5,5	5,1	4,7	4,6	4,3	4,2	4,8	4,5	4,9	5,2	5,4	5,4	4,9

7. HIDROGEOLOGIA

Según lo señalado en el punto correspondiente a Metodología las mayores evidencias para formular el diagnóstico referido a la hidrogeología de la zona Pampa de la Compañía surgen de:

- la definición de los eventos geológicos y geomorfológicos;
- la interpretación de los cortes geoelectricos;
- la descripción de las muestras litológicas obtenidas de las perforaciones de reconocimiento y su ajuste con los perfiles eléctricos, y
- la convergencia de otras evidencias, de tipo hidrométrico e hidroquímico, que permiten confirmar el esquema adoptado.

A fin de facilitar la comprensión del análisis que se realizará a continuación, se estima conveniente presentar el "Esquema Hidrogeológico de Pampa de la Compañía" donde se resumen las condiciones comprobadas para la zona de interés.

En primer término, la caracterización geológica geomorfológica del área define una secuencia integrada por las porfiritas del Grupo Bahía Laura, sobre las cuales se apoyan en discordancia angular los sedimentos de la Formación Patagonia con sus miembros San Julián y Monte León, culminando en discordancia erosiva con los depósitos terrazados que conforman el relieve mesetiforme de la Pampa de la Compañía. Según las condiciones litológicas de estas unidades es dable esperar un comportamiento acuífugo del Grupo Bahía Laura y la presencia de espesores acuíferos en las formaciones sedimentarias superiores, cuya respuesta debe ser precisada a partir de diferentes métodos de prospección y evaluación.

Más compleja resulta la interpretación de la prospec---

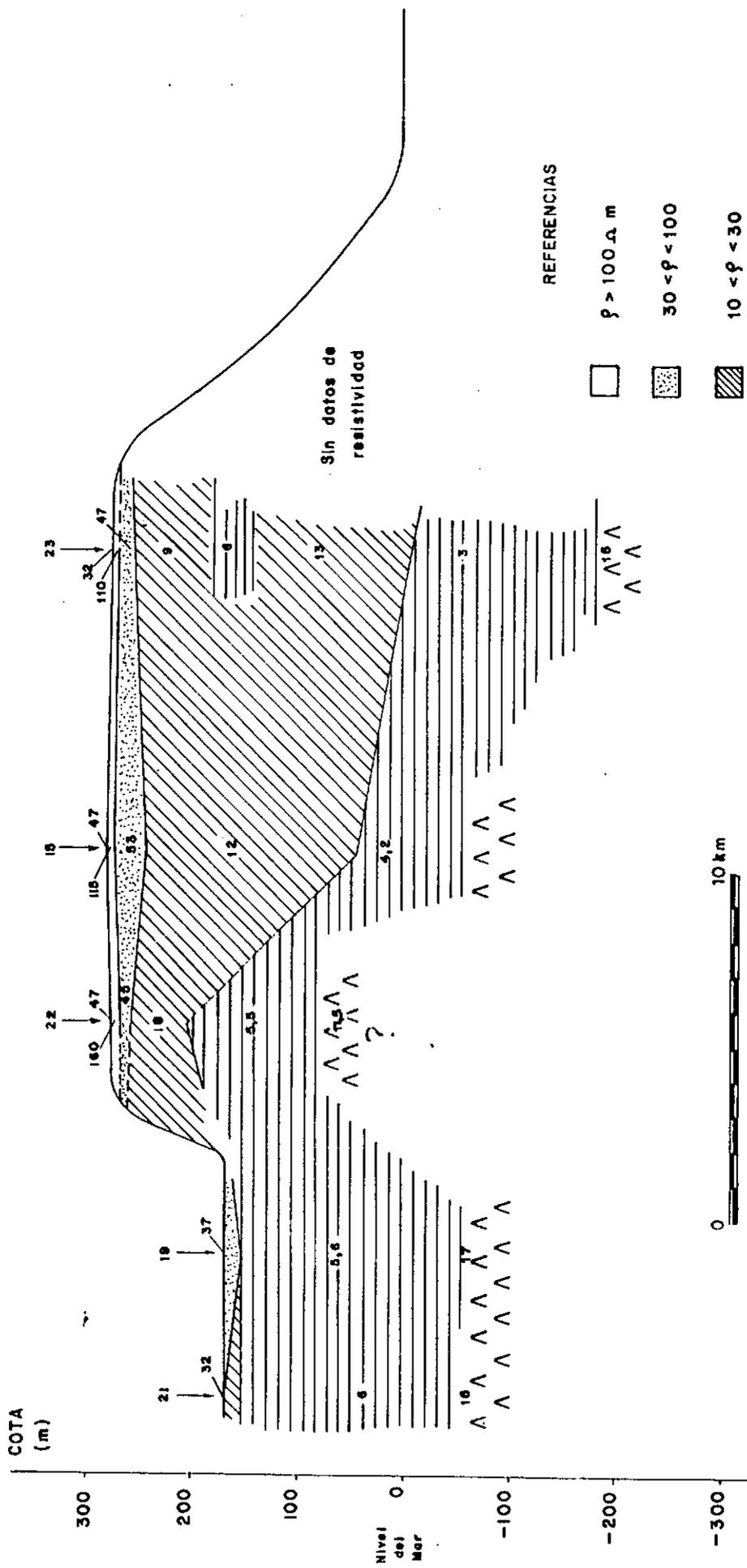
ción geoelectrica. Así de las 26 curvas de resistividad aparente obtenidas, las medidas en la meseta se caracterizan por un máximo en el primer tramo de la curva, que en la mayor parte de los casos presenta valores superiores a los 100 ohmios-metro. A partir de lo cual la resistividad disminuye a valores del orden de los 10 ohmios-metro y cuando la curva es suficientemente larga, el último tramo es notoriamente ascendente (SEV 17, 22, 23, 24, 25 y 26).

Analizadas las curvas obtenidas, los cortes geoelectricos correspondientes y comparados éstos con las descripciones litológicas de las perforaciones de exploración y los perfilajes de pozo disponibles queda en evidencia que: a) el máximo de las curvas obedece a que el manto de gravas y arenas de los Rodados Patagónicos (Formación Pampa de la Compañía) responde como una capa o conjunto de capas de relativamente alta resistividad, variable en un amplio rango debido a la heterogeneidad granulométrica de los rodados y a la de su matriz, entre arenosa y arcillosa, en proporciones también variables.

Como la determinación de las variaciones de espesor del manto de rodados no es un objetivo primordial en las secciones geoelectricas, sólo quedará representado por una capa de resistividades superiores a 100 ohmios metro.

b) Por debajo de esta capa, la disminución de la resistividad es notoria, debido a intercalaciones de samitas y pelitas, en capas de poco espesor, imposibles de separar y diferenciar en base a los SEV, e incluso a las descripciones litológicas, pero, claramente discernibles en los perfilajes eléctricos de los pozos PR1 y PR 2. Constituyen el sector más heterogéneo del perfil no superando los 40 metros de profundidad. En las secciones geoelectricas probablemente coincide con el horizonte de resistividades comprendidas entre 30 y 100 ohmios metro, constituyendo el techo de la Formación Patagonia.

SECCIÓN GEOELÉCTRICA AA'



Sin datos de resistividad

REFERENCIAS

-  $\rho > 100 \Omega \cdot m$
-  $30 < \rho < 100$
-  $10 < \rho < 30$
-  $\rho < 10 \Omega \cdot m$
-  Sustrato resistivo (Basamento hidrogeológico)





c) Por debajo de esta zona de transición, (en cuanto a resistividad se refiere), la resistividad disminuye a valores que sólo en tramos de reducido espesor, y muy discontinuos, supera los 20 ohmio /metro. Esta zona, que completaría la Fm. Patagonia fue dividida en las secciones geoelectricas en 2 subzonas, la superior con resistividades comprendidas entre 10 y 30 ohmios metro y la inferior con resistividades menores que 10 ohmios-metro, aunque en la primera y cerca de su techo, se dan intercalaciones con menos de 10 ohmios-metro las que, por otra parte son observadas también en los registros eléctricos de los pozos PR1 y PR2, entre los 50 y 75 m. de profundidad.

La baja resistividad de la sección anterior, resultado de su constitución pelítica, preponderantemente arcillosa permitiría diferenciar a esta formación de las rocas jurásicas -- del Grupo Bahía Laura que responden a la circulación de la corriente eléctrica con resistencia creciente.

d) Como esta diferenciación es posible solamente en aquellas curvas con tramo final ascendente, la búsqueda de esta característica obligó a prolongar algunos de los SEV hasta los 3.000 metros de extensión, límite de la posibilidades del instrumental disponible. En los 4 SEV medidos en los bajos -- (SEV 18, 19, 20 y 21) este tramo ascendente fue obtenido con extensiones menores tanto por su menor cota como por la ausencia en ellos de la capa de rodados cuya mayor resistividad obliga en los sondeos sobre la meseta, a un alargamiento adicional para superar el mínimo correspondiente a la Fm. Patagonia. Por consiguiente el designado "sustrato resistivo" en las secciones geoelectricas es atribuido a las rocas porfíricas del mencionado Grupo Bahía Laura. De acuerdo con ello, su cota media sería de 50 metros bajo el nivel del mar, con algunas irregularidades relevantes, como las de los SEV 22 y 23, ambos medidos en borde de meseta y objetables desde el punto de vista estructural.-

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Al respecto, cabe observar que es posible que los SEV medidos en los bajos proporcionen resultados más confiables - que los medidos sobre la meseta, en la que las elevadas resistividades de la cubierta de rodados, así como su anisotropía eléctrica, perturban las observaciones proporcionando una indeseable dispersión en los cálculos de profundidad de las capas inferiores.

El análisis particular de las secciones geoelectricas muestra una primera unidad con resistividades mayores a 100 ohmios -metro equiparable con los depósitos de rodados, y tal vez la parte superior más permeable de la Fm. Patagonia, que sólo se presenta en la pampa. Una segunda unidad con valores resistivos entre 30 y 100 ohmios-metro que se constituye en la zona de interés para la explotación de agua, seguida de otra con menores valorizaciones (10-30 ohmios-metro) que paulatinamente pasa a un importante espesor de carácter conductivo, con resistividades menores a 10 y en general con 3 a 5 ohmios - metro.

No hay duda que estas tres entidades representan a la Fm. Patagonia, aunque es difícil identificar el contacto entre sus dos miembros, pudiendo sólo asegurarse que el inferior corresponde en su totalidad al Juliense, el superior al Leonense junto con gran parte de la unidad intermedia.

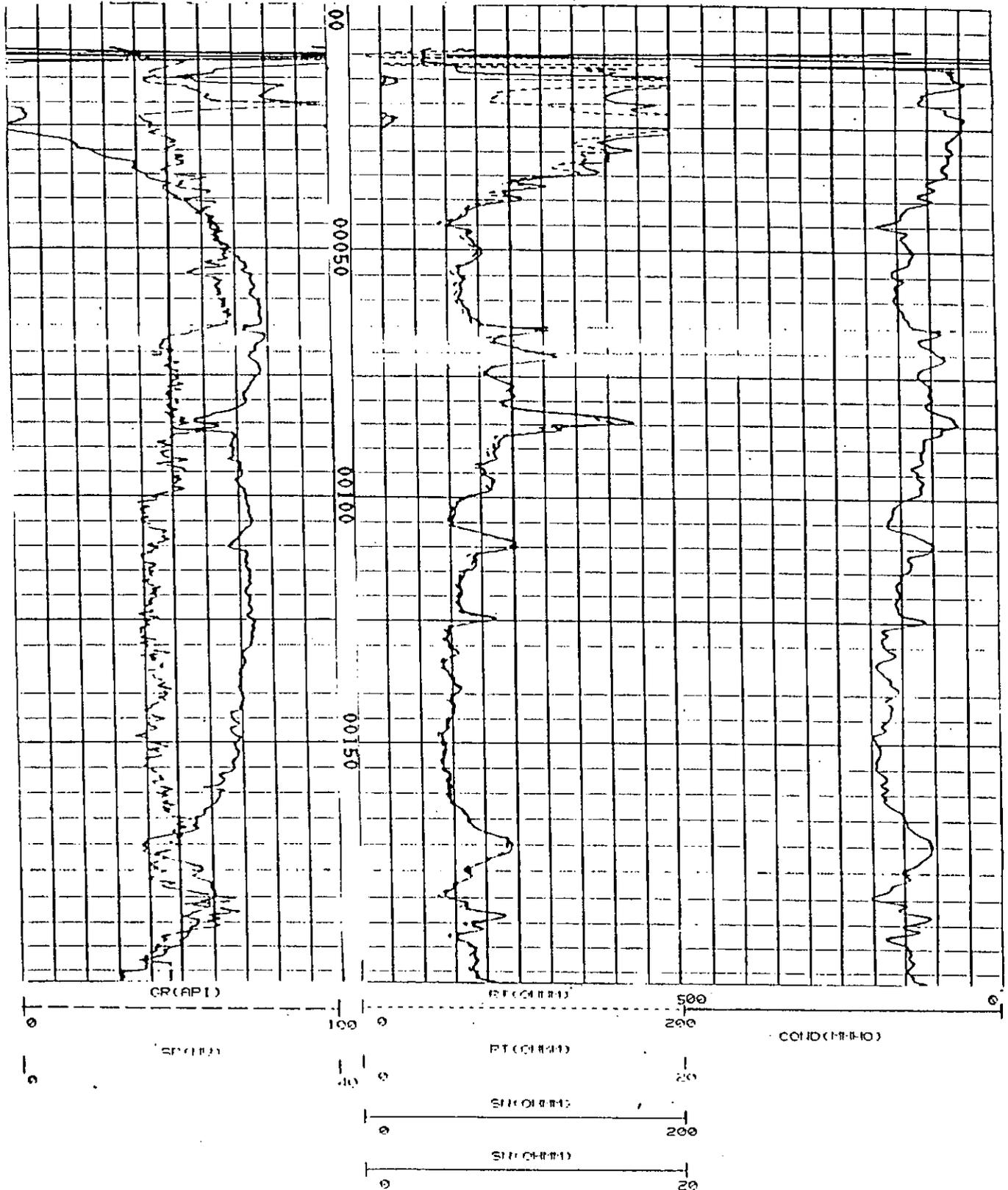
Por último, el sustrato resistivo con más de 10 ohmios metro, reproduce el basamento hidrogeológico conformado por el Grupo Bahía Laura. En general, la posición de esta unidad queda definida a -50 metros bajo el nivel del mar, y si bien las referencias bibliográficas consignan un relieve post-Jurásico muy abrupto, se duda de los resultados que ofrecen los SEV 22 y 24 que sitúan el basamento en posiciones contrapuestas, lejos de la media general.

El tercer elemento de juicio para la definición del es

PERFIL DE INDUCCION

POZO DE RECONOCIMIENTO N° 1
PAMPA DE LA COMPAÑIA - SAN JULIAN

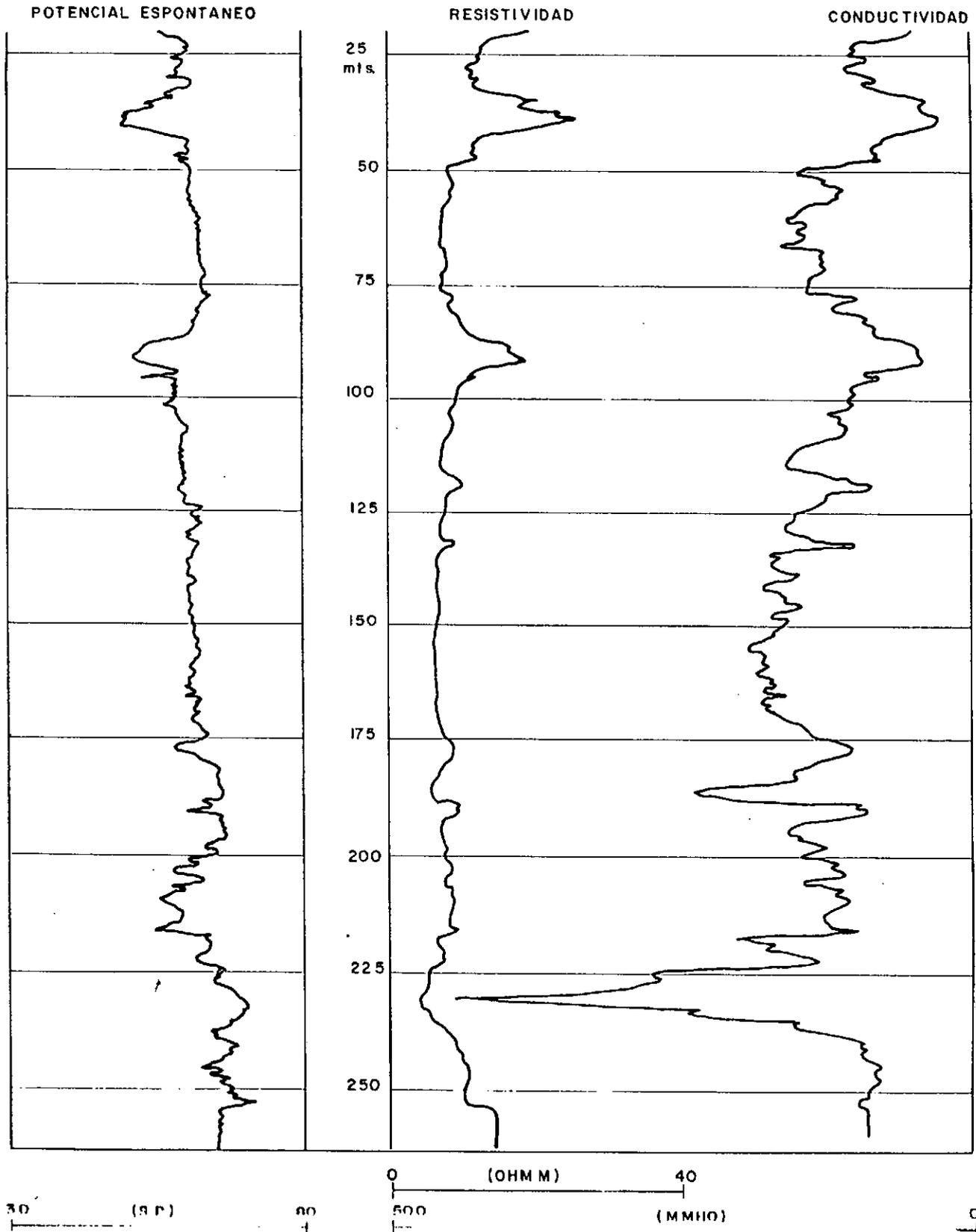
Perfiló: DRESSER ATLAS



ELECTROPERFILAJE - INDUCCION -

PAMPA DE LA COMPAÑIA - POZO P.R.2

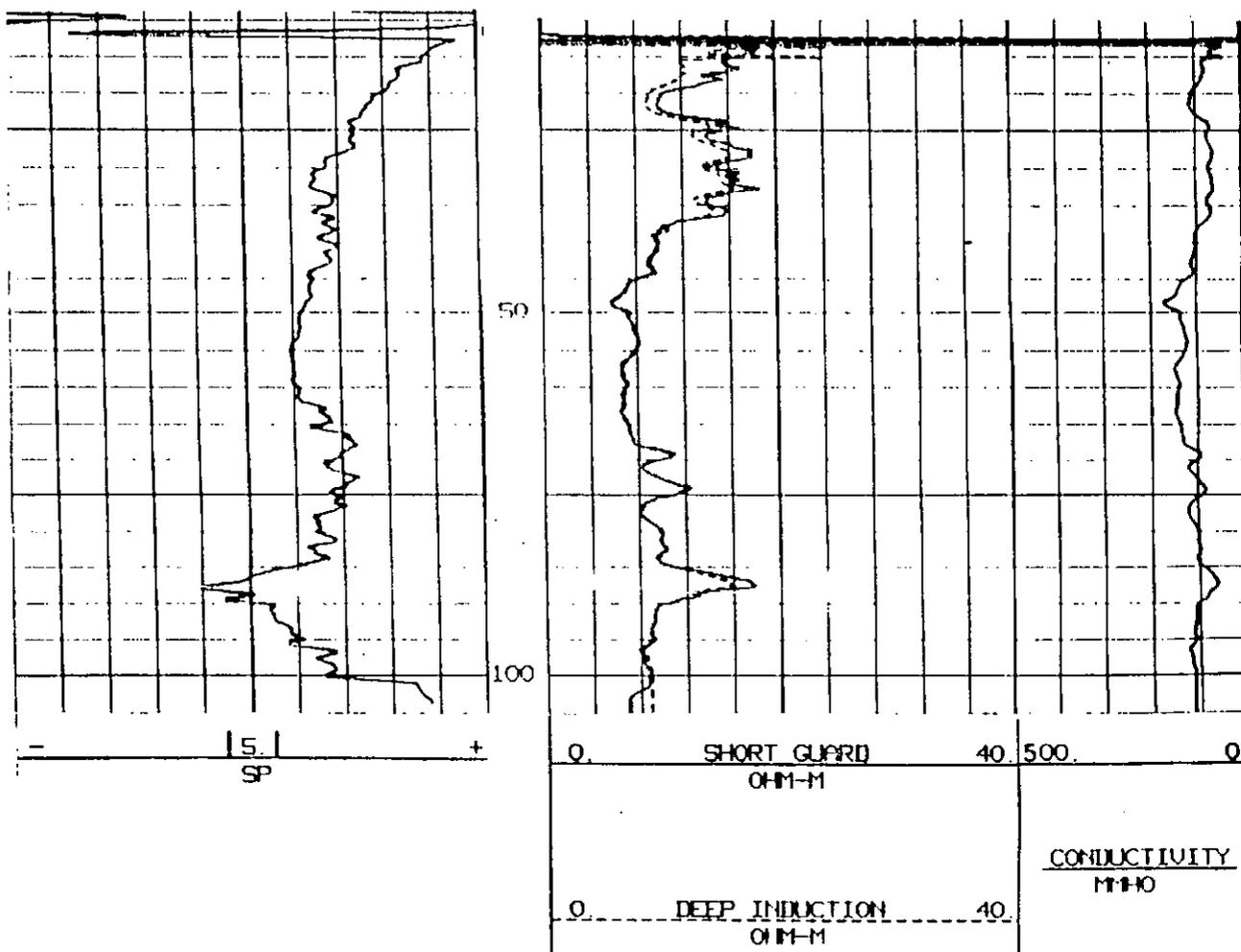
Midió: The Go Company



PERFIL DE INDUCCION

POZO DE BOMBEO N° 4
PAMPA DE LA COMPAÑIA - SAN JULIAN

Perfiló: WELEX



quema hidrogeológico fue la evaluación de la litología obtenida a partir de las muestras extraídas durante la ejecución de las perforaciones, y su ajuste a los perfilajes eléctricos. - Dado el cúmulo de información de este tipo, se entiende que puede restringirse la descripción del modelo analizado al pozode reconocimiento n°2 como ejemplo del procedimiento seguido.

La primer sección corresponde a rodados de 20 a 50 milímetros con matriz variable entre arena gruesa, limos arcillosos, y sábulos, que conforman el Acuífero Freático, con un espesor variable entre 8 y 15 metros. La instalación de cañería de maniobra impide tener el perfilaje eléctrico de este tramo.

Continúan 15 metros de arcillas pardas, limosas, con bancos de mayor consolidación que actúan de límite entre la unidad anterior y el Acuífero Semiconfinado. En casos, este espesor actúa de "piso" en el afloramiento de manantiales en los cañadones que circundan la pampa.

Siguen rodados finos redondeados con matriz arcillosa entre 35 y 37 metros, pasando a sábulos arenosos entre 37 y 41 metros y rodados con arenas gruesas, conchillas y bancos de arcillitas hacia la base. El electroperfilaje representa con claridad esta entidad semiconfinada tanto en la medición de resistividad como de conductividad y potencial espontáneo.

Desde poco antes de los 50 metros hasta los 253 metros (máxima profundidad alcanzada en el P.R.2) se presenta un perfil dominado por arcillas plásticas y limos que determinan el Complejo Acuitardo-Acuícludo, que contiene pequeños espesores de comportamiento acuífero, obviamente confinados, destacándose un banco de arenas y conchillas entre 87 y 93 metros (que derivó en su estudio en particular a través del pozo 4). En partes la arcilla es exclusiva como entre 180-188; 216-220 y 223-233 metros, estando claramente expresado en el perfilaje.

**ESQUEMA HIDROGEOLOGICO
PAMPA DE LA COMPAÑÍA - SAN JULIÁN**

Modelo Geométrico	Litología	Hidrogeología	Unidades Geológicas	Edad	
				CUATERNARIO	TERCIARIO
>100	Gravas arenosas y arcillosas	Acuífero Freático	Depósitos terrazados	Pleistoceno	
30-100	Arenas limoarcillosas y tobáceas con lentes de conchillas arenosas	Acuífero Semiconfinado	Formación Patagonia	Miembro Mte León	Eoceno superior. Oligoceno superior.
				Miembro San Julián	
10-30 <10	Arcillas limosas con bancos de arenas y arcillas plásticas	Complejo Acuitardo - Acuífudo con niveles acuíferos confinados	Grupo Bahía Laura	Malm-Dogger	JURÁSICO
>15	Porfiritas e ignimbritas	Basamento Hidrogeológico - Acuífugo -			

Preparó : R. González Arzac
O. Cabrera.

Igual expresión general surge del perfilaje eléctrico - del pozo de bombeo n°4, que reproduce claramente el Acuífero - Semiconfinado y el Complejo Acuitardo-Acuícludo con el nivel - acuífero de los 85-90 metros, más dos nuevos niveles de igual - condición entre los 65-75 metros que no se observan con claridad en el P.R.2.

La secuencia se repite en el perfilaje del P.R.1, y la - diferencia de escala de resistividad con respecto a los dos - anteriores permite visualizar numerosos niveles acuíferos de - muy poco espesor (y seguramente lenticulares) dentro del Com- - plejo Acuitardo-Acuícludo.

Finalmente, se destaca el diseño de la curva de conducti- - vidad, siempre con tendencia coherente con la de resistividad - y un notable aumento relativo hacia la base que implicaría un - aumento paulatino de la salinidad del agua junto con la pro- - fundidad, tal como se evaluará en el capítulo correspondiente.

Por último debe analizarse la condición hidrogeológica - de carácter zonal, basada en el "Perfil Hidrogeológico Simpli- - ficado" donde se representa para la pampa el esquema ya des- - cripto (acuíferos, acuitardo-acuicludeo y acuífugo) con los ro- - dados y arenas en la sección superior, luego pelitas con len- - tes y bancos más permeables, pelitas exclusivas, y la base por- - fírica. Hacia los cañadones se presentan sólo las fases infe- - riores de la Fm. Patagonia al igual que en la zona de bajos y - del litoral costero.

Este modelo prioriza la infiltración en la zona de la - pampa, con un escurrimiento subterráneo de carácter "local" - que deriva en el afloramiento de manantiales y un efímero es- - currimiento superficial en los cañadones, con dominancia de - un lento flujo subterráneo y predominante evapotranspiración - hacia la costa, donde se presenta la interfase dada por el a- - gua continental y marina con ángulo y posición desconocida.

PERFIL HIDROGEOLOGICO SIMPLIFICADO

PAMPA DE LA COMPAÑIA - SAN JULIAN

Este

Oeste

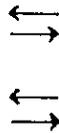
BAJOS Y LITORAL COSTERO

ZONA DE CANAÑONES

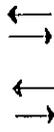
RELIEVE MESETIFORME

RECARGA ————— CONDUCCION ————— DESCARGA

PRECIPITACION
EVAPOTRANSPIRACION



PRECIPITACION
EVAPOTRANSPIRACION

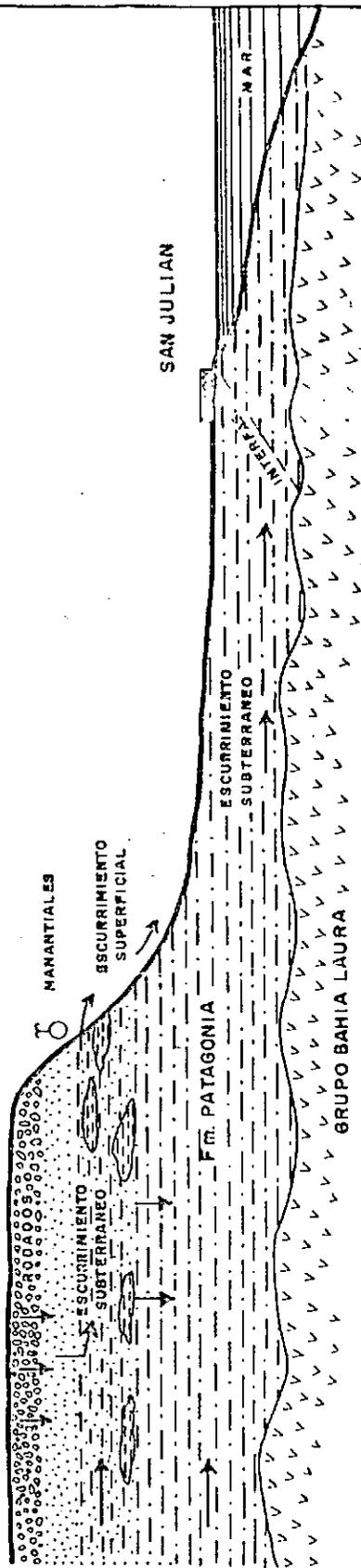


INFILTRACION

ACUIFEROS

ACUITARDO
ACUICLUDO

ACUIFUJO



8. HIDRODINAMICA

La configuración fisiográfica de la pampa contribuye con los primeros indicios referidos a la dinámica subterránea. Se trata de una superficie plana, de cota uniforme (275 m.s.n.m.), con dos reducidas elevaciones relictos de terrazas más antiguas (C° Cuadrado y Loma del Zapatero), y numerosos bajos muy pandos, en general alineados hacia la cabecera de los cañadones.-

Este relieve mesetiforme se encuentra totalmente aislado en su contorno, ya que queda circunscripto por el Gran Bajo de San Julián al sur, el Bajo John al oeste y noroeste, los cañadones Artilleros, de la Compañía, Paraguay y Sam por el este y no reste.-

Por consiguiente, este aislamiento obliga a deducir una recarga estrictamente autóctona directa, sin afluencias superficial ni subterránea de cabeceras, pudiendo sospecharse además - una importante efectividad de las precipitaciones al favorecerse la infiltración por la horizontalidad del relieve y el carácter esquelético de los suelos.-

El escurrimiento superficial queda restringido a la acumulación del agua temporalmente en los pequeños bajos, y sólo - las grandes precipitaciones (muy poco frecuentes) generan cauces efímeros hacia los cañadones donde se insumen rápidamente o bien confluyen en pequeñas lagunas también temporarias.-

En el ámbito de la pampa puede observarse una menor velocidad de infiltración en los pequeños bajos ya mencionados, al verse reducida la permeabilidad por acumulación de sedimentos - finos provenientes del lavado superficial.

La altura uniforme de la pampa, limitada en todo su contorno por la curva de nivel de los 275 metros, deriva en una --

forma topográfica levemente abovedada que tiene su correspondencia con el diseño de la superficie piezométrica, tal como se comprueba al observar manantiales dispersos en todo su perímetro. Así pueden observarse manantiales que afloran en el Cañadón Baño Nuevo y Bajo John (ambos al oeste de la pampa), Gran Bajo de San Julián (al sur), Puesto El Cuadrado (al norte), y todos los cañadones ubicados hacia el este.

Ahora, un nuevo elemento de juicio se suma al considerar la densidad y la magnitud (caudal) de los manantiales, que permite concluir un escurrimiento general predominante en sentido noroeste-sudeste dada la importancia de los afloramientos en los cañadones, junto a las líneas de agua presentes en sus bordes.

El sentido de escurrimiento queda claramente demostrado dado que los manantiales se presentan sólo en la ladera norte de los cañadones Paraguay y Sam y en ambos flancos del cañadón de la Compañía, prueba evidente de la orientación noroeste-sudeste apuntada en el párrafo anterior.

Los manantiales se presentan en distintas posiciones topográficas, algunos en el contacto entre rodados y arcillas verdes que constituyen su piso impermeable, y otros en los niveles arenosos del Patagoniano cuya base la forman horizontes compactos de arcilitas. En la zona de captación de manantiales, donde el cañadón alcanza niveles erosivos más profundos, se destaca el escurrimiento a través de arcilitas fisuradas su prayacentes a arcilitas compactas.

Los niveles piezométricos del acuífero semiconfinado se ubican entre 8 y 14 metros bajo boca de pozo, mientras que los freáticos se sitúan levemente por encima de los 7 y hasta los 6 metros. Las diferencias en ambos casos responden a la configuración morfológica de la superficie del terreno, siendo la variación de los niveles estáticos absolutos en general menor a 1 metro.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

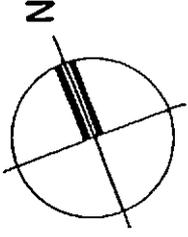
Para el acuífero confinado que se ubica entre los 85 y 95 metros los niveles medidos oscilan entre los 27 y 28 m.b.b.p., no contándose con información de niveles en otros horizontes acuíferos contenidos en el denominado Complejo Acuitardo-Acuicludo.

La restringida información hidrométrica obtenida sólo permite realizar una elaboración puntual correspondiente al mes de abril de 1988, integrando los datos de los pozos que componen la batería de bombeo. Sin embargo, y a pesar de la pobreza de los datos, la graficación permite confirmar la existencia de un escurrimiento general hacia el este, en dirección a las cabeceras de los cañadones Paraguay y de la Compañía, definiendo una capa radial (por lo menos local) en casos convergente (PB1-PB4-PB7) coincidiendo con bajos de la pampa, y en otras divergente (PB6-PB8-PB9). Los gradientes medidos son de $1,3 \times 10^{-3}$ y $3,8 \times 10^{-3}$ respectivamente.

Otra posibilidad de análisis surge de la comparación de los niveles para iguales puntos entre los meses de agosto de 1987 y abril de 1988, y algunas oposiciones en distintos lapsos de tiempo.

Así puede observarse una persistencia general de la profundidad de los niveles de agua, con una reducida variación que queda comprendida entre valores máximos menores a los 20 centímetros (en los pozos de cota mayor) y mínimos rondando los 5 centímetros (para los pozos ubicados en los bajos).

Para los puntos con mayores registros (marzo, junio, agosto y septiembre de 1987 más abril de 1988) puede determinarse que las variaciones no responden a un patrón general de ascenso o descenso sostenido, sino por el contrario las diferencias son aleatorias y responderían a los efectos de las precipitaciones de carácter puntual. Como ejemplo se incluyen los siguientes datos de profundidad de los niveles (en m.b.b.p) para los distintos meses citados:



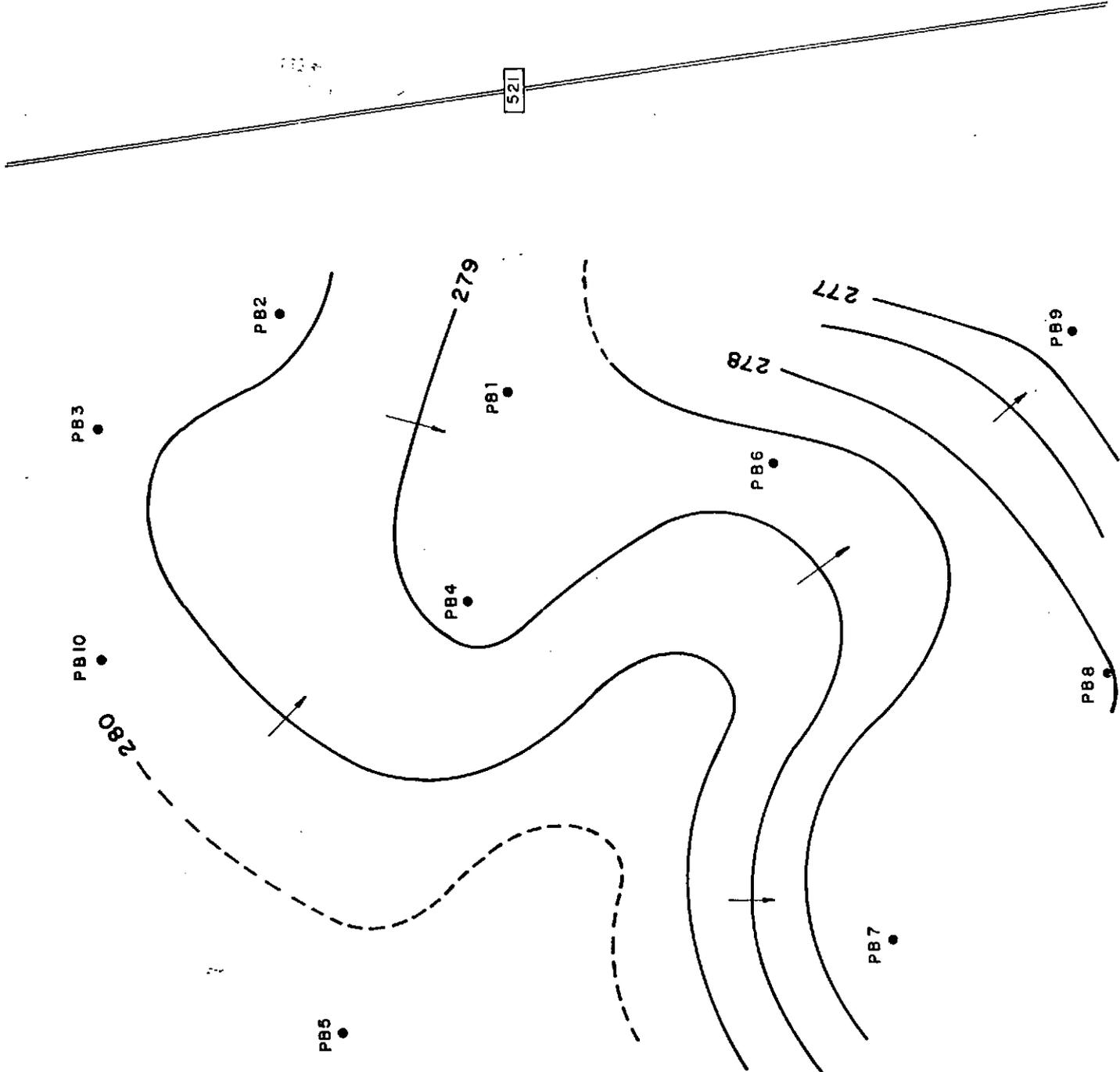
REFERENCIAS

- 277 Línea Isopieciaca
- Dirección de escurrimiento
- PB5 Pozo de Bombeo N.º 5

MAPA ISOPIECICO LOCAL

- ABRIL 1988 -

BATERIA DE BOMBEO
PAMPA DE LA COMPAÑIA



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

	MARZO	JUNIO	AGOSTO	SETIEMBRE	ABRIL
PS1	7,23	7,07	7,10	7,05	7,04
PB1	6,92	6,89	6,88	6,81	6,82
PB2	7,99	8,00	8,07	7,93	7,92
PB3	8,05	8,00	8,07	7,91	7,90

Indudablemente la homogeneidad y extensión del área atenuan las variaciones de los niveles de agua, quedando encubierta la incidencia de las precipitaciones en el ciclo subterráneo.

9. HIDROQUIMICA

A partir de los resultados de los diversos análisis químicos de agua efectuados, más algunos argumentos indirectos que aportan la hidrodinámica y la hidrogeología, pueden generalizarse las condiciones hidroquímicas del área tanto en su carácter regional como local restringido al área de explotación.

La mayoría de las muestras de agua extraídas corresponden al acuífero semiconfinado, como el caso de los pozos de explotación 4 a 10 y gran parte de los molinos, aunque en algunos de ellos se supone que el área filtrante se encuentra enfrentada tanto al freático como al semiconfinado. A pesar de ello la oposición de resultados entre los distintos pozos, e incluso su comparación con los contenidos químicos de los manantiales, permiten generalizar similares condiciones hidroquímicas que por consiguiente no invalidan su tratamiento conjunto.

Así y siempre en el ámbito de la pampa, los tenores salinos son muy bajos con valorizaciones de residuo seco, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, dureza total y alcalinidad total que oscilan entre 280 - 400, 30-100; 10-100; 160-210; 75-175; y 70-170 mg/litro respectivamente.

Para la zona de descarga final del sistema, sin influencia marina, el análisis del molino 14 correspondiente al Club Hípico lleva los contenidos de residuo seco a 4.400, los cloruros a 2.500, los sulfatos a 1300, los bicarbonatos a 100 y la dureza total a 300, siempre expresados en mg/litro.

Este esquema se reproduce al definir las familias de agua, dando un tipo bicarbonatado o bicarbonatado clorurado con variables concentraciones de cationes para el área de la pampa, mientras que la descarga se caracteriza por un tipo -

	P B N°1	P B N°5	P B N°4	P B N°5	P B N°6	P B N°7	P B N°8	P B N°9	P B N°10
Fecha	8-4-88	15-7-88	3-6-87	26-5-88	8-4-88	1-2-88	10-2-88	3-6-88	17-5-88
Conduct. Especif. (mho/cm)	530	378	647	457	499	388	455	457	679
pH	7,9	7,8	7,9	7,7	7,8	7,8	8,0	7,8	7,9
Residuo Seco (mg/l)	286	256	389	234	323	237	258	262	281
Alcalinidad Total (CO ₃ Ca)	155	160	141	141	167	142	151	151	135
Dureza Total (CO ₃ Ca)	148	165	85	105	154	110	168	123	84
Carbonatos (mg/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Bicarbonatos (mg/l)	189	---	164	---	201	172	184	184,2	164
Cloruros (mg/l)	67	76	93	40,5	60	33,4	48	42,2	110
Sulfatos (mg/l)	43	24	24	10,1	18	8,2	8,6	6,7	63
Nitratos (mg/l)	3	---	10	---	2	1	1,5	1,5	0,6
Calcio (mg/l)	79	44	19,6	28	82,6	30	88	32,4	40,8
Magnesio (mg/l)	24	13	8,7	8,5	24,7	8,5	28	10,2	16
Sodio (mg/l)	53	---	96,6	57,5	46	62,1	23	46	111,3
Potasio (mg/l)	16	---	3,5	2,3	11,7	2	2,3	2	4,8
Flúor (mg/l)	1,2	0,02	0,6	1,5	1	0,8	1	1,5	0,5
Arsénico (mg/l)	0,04	---	0,02	0,02	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04
Sílice (mg/l)	16	---	17	10	14	18	12	10	12
Hierro (mg/l)	---	0,1	---	---	---	---	---	---	---
Vanadio (mg/l)	---	---	---	---	0,1	---	0,05	0,05	---
Fosfatos (mg/l)	---	0,07	---	0,39	---	---	---	---	---
Nitritos (mg/l)	0,08	0,02	0,01	0,01	0,02	0,004	0,004	0,03	0,02

netamente clorurado sódico.

En el caso de la muestra obtenida en el extremo oriental del área de estudio, correspondiente al pozo del camping municipal, las condiciones se modifican dando un tipo bicarbonatado clorurado sulfatado sódico producto seguramente de la mezcla de la descarga regional, el agua marina, los efectos de la infiltración pluvial local, y las pérdidas de la red domiciliaria de San Julián.

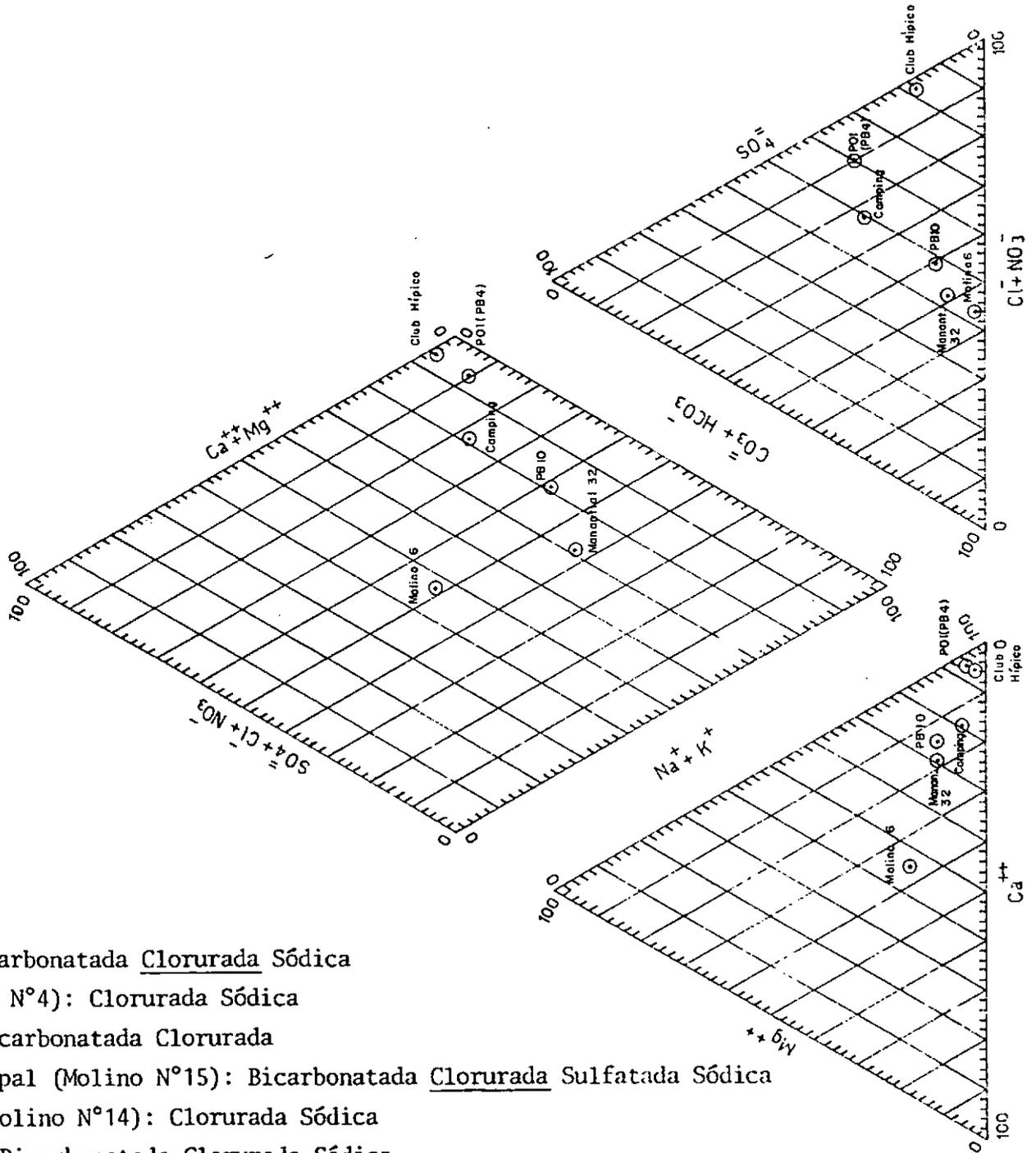
Para facilitar la observación de las situaciones descritas se agrega un gráfico con el diagrama Schoeller-Berkaloff donde se representan distintas fuentes, seleccionándose el pozo de bombeo 10 y el molino 6 como representativos del acuífero semiconfinado; el manantial 32 por la sección superior (ver diferencia en sulfatos y bicarbonatos); el molino del Club Hípico como ejemplo de la descarga del sistema; y el pozo del Camping Municipal como muestra de la situación en el litoral urbano.

El tratamiento de los índices de madurez indica una proporción de los aniones y cationes de las muestras de la pampa en el siguiente orden: CO_3H^- Cl^- SO_4^- y Na^+ Ca^{++} Mg^{++} o Ca^{++} Na^{++} Mg^{++} .

La sumatoria de indicios manifiestan el tipo juvenil de las aguas localizadas en la Pampa de la Compañía, con una adecuada renovabilidad de las reservas generatrices. También la homogeneidad sumada a las bajas concentraciones evidencian claramente un sistema con recarga autóctona, rápida infiltración y circulación local, con un enriquecimiento salino hacia el área de descarga en la zona distal de los cañadones.

La citada homogeneidad química deriva en la imposibilidad de realizar mapas de isotenores y/o de isorelaciones que contengan elementos de juicio trascendentes. No obstante esto, el tratamiento comparativo de los resultados químicos de

LOCALIDAD: San Julian DEPARTAMENTO: Magallanes PROVINCIA: Santa Cruz	DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE AGUAS (PIPER) AREA: ACUIFERO: Semiconfinado y Confinado
--	--



- P.B. N°10: Bicarbonatada Clorurada Sódica
- P.O. N°1 (P.B. N°4): Clorurada Sódica
- Molino N°6: Bicarbonatada Clorurada
- Camping Municipal (Molino N°15): Bicarbonatada Clorurada Sulfatada Sódica
- Club Hípico (Molino N°14): Clorurada Sódica
- Manantial 32: Bicarbonatada Clorurada Sódica

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

las muestras de los pozos de explotación permite formular algunas consideraciones puntuales, en casos de buena resolución, y en otros de carácter absolutamente preliminar.

Por ejemplo, en los pozos situados en posición topográfica mayor se observa un tipo de agua bicarbonatada que pasa a clorurada bicarbonatada hacia los pozos de menor cota, circunstancia seguramente debida a la baja velocidad de escurrimiento subterráneo y a la concentración del flujo en esa zona, más el escurrimiento superficial hacia los bajos con disolución e incorporación de sales previo y durante la infiltración.

Esta condición queda también demostrada al comparar los tenores salinos, comprobándose que los pozos situados en los niveles terrazados más altos poseen menor salinidad (PB8 y PB9), aumentando las concentraciones hacia los bajos.

Los casos extremos son el PB9 y el PB1, donde se ve en este último un incremento de todos los contenidos y en especial de cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, potasio y dureza, producto de la incorporación de sales durante la infiltración y la lenta circulación.

	PB9	PB1
cota (m)	291,82	285,51
cloruros mg/l	42	67
sulfatos mg/l	7	43
calcio mg/l	32	79
magnesio mg/l	10	24
potasio mg/l	2	16
dureza mg/l	123	148

A partir de las ponderaciones anteriores se pueden realizar algunas comparaciones entre las características hidroquímicas generales para las unidades definidas en el esquema hi-

PAMPA DE COMPAÑIA - PUERTO SAN JULIAN

Comparación química entre pozos de distinta profundidad
POZO DE BOMBEO N° 4

	P.O. 1	P.O. 2
Filtros	68-92 mts.	24-49 mts.
p H	9,8	8,1
Conductividad	1069	594
Residuo seco	663 mg/l	354 mg/l
Dureza	28 mg/l	77 mg/l
Alcalinidad	52 mg/l	147 mg/l
Calcio	6,2 mg/l	19,6 mg/l
Magnesio	3,0 mg/l	6,7 mg/l
Sodio	168 mg/l	87,4 mg/l
Potasio	6,6 mg/l	3,9 mg/l
Carbonato	9,9 mg/l	--
Bicarbonato	35 mg/l	171 mg/l
Cloruro	190 mg/l	83 mg/l
Sulfato	132 mg/l	24 mg/l
Nitrato	11 mg/l	9 mg/l
Nitrito	0,01 mg/l	0,01 mg/l
Flúor	8,0 mg/l	1,0 mg/l
Arsénico	0,02 mg/l	0,04 mg/l
Silice	11 mg/l	16 mg/l
Fosfato	2,4 mg/l	2,8 mg/l
Hierro	5,8 mg/l	0,0 mg/l
Manganeso	0,01 mg/l	0,01 mg/l

drogeológico, al contrastar los resultados de los pozos de observación n° 1 y 2 del pozo de bombeo 4.

En efecto, como se señalara en el capítulo correspondiente, durante la ejecución del estudio se realizó una perforación de 95 metros destinada a evaluar la potencialidad y calidad de los niveles acuíferos confinados incluidos en la unidad llamada "Complejo Acuitardo-Acuícludo", que finalmente quedó entubada como pozo de observación a fin de conocer su respuesta durante la ejecución del ensayo de bombeo. Paralelamente se perforó el pozo de observación n° 2, hasta 50 metros, enfrentado a la unidad "Acuífero Semiconfinado". En ambos casos se extrajeron muestras de agua para análisis químicos, incluyéndose los resultados a continuación.

La observación de los datos muestra para el P.O.1 un aumento considerable del pH, la disminución de bicarbonatos, calcio y magnesio, y el consecuente aumento de cloruros, sulfatos, sodio y potasio. También se constata un notable incremento de los tenores de fluor, que pasan de 1,0 a 8,0 mg/l.

Las características citadas, más la excluyente recarga autóctona de estos acuíferos lleva a concluir una ineludible estratificación química vertical en la zona de Pampa de la Compañía, suponiendo contenidos mayores en los niveles acuíferos confinados más profundos, situación que influyó en el diseño de la batería de bombeo construida al agregarse también los pobres rendimientos hidráulicos.

Por último corresponde considerar los contenidos salinos en función de la aptitud del agua para el consumo humano, pudiendo clasificarse al conjunto según las normas del S.N.A.P como "aconsejables", y como "aceptables" al ponderar los tenores de fluor y arsénico, siempre para el área de Pampa de la Compañía.

De esta forma los contenidos en sólidos disueltos tota-

SERVICIO NACIONAL DE AGUA POTABLE

NORMAS DE CALIDAD

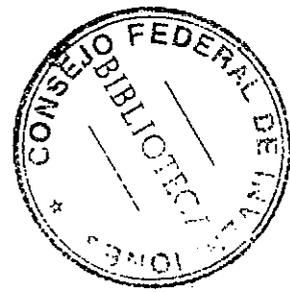
CARACTERES QUIMICOS (mg/l)	VALOR ACONSEJABLE	VALOR ACEPTABLE	VALOR TOLERABLE
Sólidos disueltos totales	50-500	1.000	2.500
Alc. total (carb.)	30-200	400	800
Dureza total (carb.)	30-100	200	400
Cloruros	< 100	250	700
Sulfatos	< 100	200	400
Hierro total	≤ 0,05	0,10	0,20
Manganeso	< 0,01	0,05	0,10
Amonio	≤ 0,05	0,02	0,50
Nitritos	< 0,01	0,10	0,10
Nitratos	< 45	45	-
Fluor	-	0,7-1,2	2
Arsénico	< 0,01	0,01	0,05

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

les son muy inferiores a 400 mg/l, cloruros y sulfatos menores a 100 mg/l, la dureza total levemente superior a 100 mg/l. Con respecto a los oligoelementos fluor y arsénico, el primero presenta concentraciones entre 0,2 y 1,0 mg/l frecuentemente inferiores al mínimo prescripto, observándose una gran disparidad entre los análisis realizados por los distintos laboratorios, siendo los resultados generados por S.P.S.E. menores entre un 20 y 50%. El arsénico manifiesta tenores normales a bajos oscilando de 0,01 a 0,04 mg/l.

CLASIFICACION DE AGUAS (Según diagramas de Piper)

MUESTRA	C L A S I F I C A C I O N		
	Segun concentración de cationes	Segun concentración de aniones	Segun concentración de cationes y aniones
Molino 1	Cálcica Sódica	Bicarbonatada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
Molino 2	Cálcica Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Neutra
Molino 3	Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Neutra
Molino 4	Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Neutra
Molino 5	Cálcica Sódica Magnésica	Bicarbonatada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
Molino 6	Cálcica Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Neutra
Molino 7	Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Alcalinidad Secund. Dureza Permanente
Molino 8	Cálcica Sódica Magnésica	Bicarbonatada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
Molino 9	Cálcica Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
Molino 10	Cálcica Sódica	Bicarbonatada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
Molino 11	Cálcica Sódica Magnésica	Bicarbonatada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
Molino 12	Cálcica Sódica Magnésica	Bicarbonatada Clorurada	Neutra
Molino Gran Cusco Cor.	Sódica	Bicarbonatada	Neutra
Molino 14 Club Hípico	Sódica	Clorurada	Salinidad Secundaria Dureza Permanente
Molino 15 Camping	Sódica	Bicarbonatada Cloru- rada Sulfatada	Salinidad Secundaria Dureza Permanente
PB N° 1	Cálcica Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
PB N° 4	Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Salinidad Secundaria Dureza Permanente
PO N° 1 PB N° 4	Sódica	Clorurada	Salinidad Secundaria Dureza Permanente
PO N° 2 PB N° 4	Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Salinidad Secundaria Dureza Permanente
PB N° 5	Cálcica Sódica	Bicarbonatada	Neutra
PB N° 6 (19-10-87)	Cálcica Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Neutra
PB N° 6 (8-4-88)	Cálcica Sódica Magnésica	Bicarbonatada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
PB N° 6 (6-5-88)	Cálcica Sódica Magnésica	Bicarbonatada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
PB N° 6 (7-5-88)	Cálcica Sódica Magnésica	Bicarbonatada Clorurada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
PO N° 1 PB N° 6	Cálcica Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Neutra
PB N° 7	Cálcica Sódica	Bicarbonatada	Neutra
PB N° 8 (10-2-88)	Cálcica Sódica Magnésica	Bicarbonatada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
PB N° 8 (29-5-88)	Cálcica Sódica Magnésica	Bicarbonatada	Alcalinidad Primaria Dureza Temporal
PB N° 9	Cálcica Sódica	Bicarbonatada	Neutra
PB N° 10	Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Salinidad Secundaria Dureza Permanente
Manantial 32	Sódica	Bicarbonatada Clorurada	Neutra



10. HIDRAULICA

La interpretación de los ensayos hidráulicos permitió de terminar los parámetros transmisividad (T) y coeficiente de almacenamiento (S). Como se ve más adelante, por los métodos en los que se procesan los descensos los valores de transmisividad son bastante coherentes entre sí y, a su vez, más altos que los hallados por el método de Recuperación de Theis. Respecto a los valores del almacenamiento también son homogéneos, con tendencia a ser mayores los obtenidos por el método de Theis.

Teniendo en cuenta todos los resultados, se evalúa asumir una expectativa para el área de Pampa de la Compañía de 40 m²/día para la transmisividad, y de $3,5 \cdot 10^{-4}$ para el coeficiente de almacenamiento.

Por las características hidrolíticas es conveniente establecer un radio de influencia "regional" mayor del que resulta al manejar los valores anteriormente concebidos; se entiende redondearlo en 500 metros para un día de bombeo.

En cuanto a la permeabilidad (K) calculada a partir del método de Gilg-Gavard manifiesta valores que permiten unificar los, para el área en cuestión, en $6 \cdot 10^{-2}$ m/día.

Estas generalizaciones para el acuífero semiconfinado, a las que se arribaron luego de procesar la información de campo por los distintos métodos, detallados en la evaluación individual de los pozos, se acercan mucho a los resultados generalizados oportunamente para el acuífero ensayado y explorado en la Meseta Espinosa (Caleta Olivia); aceptándose, en aquella oportunidad, 25 m²/día para T, $4 \cdot 10^{-4}$ para S, y valores de hasta $5 \cdot 10^{-2}$ m/día para K.

La evaluación individual de las captaciones determina:

a- Pozo de Bombeo N° 1:

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Se trata de un pozo ya existente en el área que se integrará al funcionamiento de la batería. No posee un diseño semejante a los proyectados y construidos en el marco del convenio CFI-SPSE. Por su diseño, de dudosa efectividad (por ejemplo al ser bombeado queda el tramo superior de filtros sobre el nivel dinámico) y por no contarse con ensayos que permitan conocer el comportamiento del acuífero, no se abundará en una detallada evaluación.

Sólo se cuenta con un ensayo escalonado discontinuo, -- con un bombeo de 450 minutos, de los cuales 150 minutos se -- realizaron con una erogación de 8,47 m³/h y el siguiente escalón de 150 minutos también, a 11,42 m³/h. El escalón a menor caudal, 3,60 m³/h, de igual duración que los anteriores, se realizó luego de la recuperación hasta el nivel estático. Este ensayo se utilizó en la evaluación de la eficiencia del pozo y en la construcción de la curva característica, la cual debe tomarse con las limitaciones que implica el hecho de corresponderse los descensos a los caudales, mencionados más -- arriba, en tiempos de 150 minutos, al fin de los cuales no se llegó a la estabilización del nivel dinámico.

Al ver el comportamiento de la curva característica y -- teniendo en cuenta las generalidades del pozo y de las condiciones del acuífero, se entiende que el bombeo de explotación no debe superar los 9,00 m³/h.

h- Pozo de Bombeo N° 2

Como el anterior, ya existía en el lugar. No se trabajó con él pues arrojaba importantes cantidades de arena al ser -- bombeado.

c- Pozo de Bombeo N° 3

Esta es la última de las perforaciones previas a la eje

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

cución del conjunto restante de pozos que conforman la batería, con una distribución orgánica total de diez captaciones para explotación.

También tiene un diseño distinto a los construidos en la última etapa, como se ve en el gráfico correspondiente, pero según la experiencia de los técnicos provinciales, la sección de acuífero captada entre los 57,98 m. y los 78,62 m. (bajo nivel del terreno) hace un muy bajo aporte, por lo que al estar enfrentados los filtros de la parte superior (de 24,93m. a 40,46 m.b.n.t.) a la misma porción del acuífero captada por el resto, se considera puede asimilársele al conjunto formado por los pozos N° 4 al N° 10.

En este caso se cuenta con una perforación de observación ubicada a 33,20 m. de distancia, en la que se midieron los descensos cuando se realizó el ensayo de bombeo de 1500 minutos (en el pozo de observación es válido hasta los 1.440 minutos, por problemas con la sonda).

El ensayo de larga duración a un caudal constante de 20,5 m³/h, produjo una depresión de 19,62 m. que determinó un caudal característico de 1,04 m³/h.m.d.

Como se ve en los gráficos, al manejar la información por los métodos de Jacob y Chow se observa el comportamiento característico de acuífero estratificado, pudiéndose comprobar el cambio de pendiente de las curvas descensos-logaritmo de tiempos que se da a los 30 minutos de comenzado el ensayo. Continuando un ritmo de descenso menor, como una recarga, producida por el arribo del aporte del agua diferida en los niveles de menor permeabilidad, que se extiende hasta los 1.200 minutos de bombeo. Luego hay una tendencia al aumento de la pendiente de la curva que, seguramente, de haber sido el ensayo de mayor duración se hubiera confirmado.

En estas condiciones se considera que el valor de --

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

los parámetros resultantes al tomar una u otra parte de la -- curva no se ajusta exactamente a las posibilidades del acuífero, valor que se halla entre ambas pendientes.

Para este pozo el método de Theis posiblemente dé un valor representativo, pues por el método de Thiem se obtiene -- una transmisividad coincidente con los menores valores, en tanto que por el método de Recuperación de Theis se arriba también a dos tendencias muy distintas.

En el siguiente cuadro se resumen las distintas posibilidades para definir T y S según el comportamiento de los sectores de interés de las curvas.

POZO	BOMBEO N° 3		OBSERVACION N° 3			
TRAMO CURVA	INICIAL	FINAL	INICIAL		FINAL	
PARAMETRO. METODO	T*	T*	T*	S*	T*	S*
Rec. de Theis	6,62	56,27	---	---	---	---
Theis	---	---	41,21	$1,1 \cdot 10^{-3}$	---	---
Thiem	---	32,83	---	---	---	---
Chow	---	---	32,78	$1,5 \cdot 10^{-4}$	50,24	$6,1 \cdot 10^{-4}$
Jacob	---	---	49,23	$6,4 \cdot 10^{-5}$	---	---

T*: transmisividad en $m^2/día$

S*: coeficiente de almacenamiento (adimenc.)

Previamente al bombeo de larga duración se habían llevado a cabo los ensayos escalonados, de tres niveles. Se exigió al pozo, primero, a un caudal de unos 11,80 m³/h durante 200 minutos y luego se pasó a un caudal de 21,53 m³/h durante 300 minutos (se prefirió alargar más el tiempo para tener mayor seguridad en la tendencia de la curva de descensos). Anteriormente se contaba con un escalón de 16,10 m³/h y de 200 minutos de extensión.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Esta perforación ya tenía desde hacía un año y medio un ensayo escalonado a 11,7; 17,7 y 22,1 m³/h y de 180 minutos - de duración cada nivel. Pero, se prefirió repetir el ensayo - para igualar la situación con los demás ensayos y dejar a los anteriores como control.

Con los datos de los dos tipos de bombeos se construyó la curva característica, la cual está controlada por el valor de depresión del bombeo de 1.500 minutos y que, junto con el valor de eficiencia, determina se lo pueda considerar un muy buen pozo. Como se aprecia en el gráfico, los distintos valores tienen un buen ajuste con la curva representativa.

d- Pozo de Bombeo N° 4

Esta perforación cuenta con dos pozos de observación, - uno de ellos (P01) fue construido con un diseño similar al - primer pozo de bombeo, o sea con filtros enfrentados al acuífero confinado situado entre 85 y 95 metros de profundidad -- dentro del Complejo Acuitardo-Acuícludo, mientras que el segundo pozo de observación (P02) cuenta con un diseño idéntico a este pozo de bombeo, dado que el objetivo de su construcción fue su utilización durante los ensayos hidráulicos.

La extensión programada de la prueba no pudo cumplirse por fallas del grupo generador, lo que determinó tener información confiable hasta los 800 minutos de bombeo y, al no haberse podido registrar la recuperación, se imposibilitó obtener un valor de transmisividad por el método de Recuperación de Theis.

Los datos de la depresión de los niveles dinámicos se procesaron por los métodos acostumbrados, observándose que el comportamiento de las curvas generadas para el análisis por los métodos de Jacob y Chow es semejante al resultante del

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ensayo efectuado en el pozo N° 3, con lo que también queda demostrado el acertado criterio de no considerar importante la influencia del tramo de filtros más profundos de este antiguo pozo.

La inflexión de la curva generada también coincide con la del ensayo del pozo N° 3, pero, en este caso, al ser menor el tiempo de bombeo, queda sin precisar el comportamiento del último tramo que permitiría conocer el correcto valor de transmisividad y el concordante de coeficiente de almacenamiento. - Observándose que posiblemente se acerquen más los valores emanados al considerar el primer tramo de la curva (métodos de Jacoby y Chow) que el tramo principal, que define valores muy bajos de T.

Respecto al método de Theis, queda evidenciado lo corto del ensayo al faltarle la tendencia a la estabilización de los niveles dinámicos, y resulte una transmisividad muy baja.

PENDIENTE PARAMETRO METODO	INICIAL		FINAL	
	T*	S*	T*	S*
Theis	12,63	$2 \cdot 10^{-3}$	---	----
Thiem	24,88	---	---	---
Chow	17,80	$1,6 \cdot 10^{-5}$	---	---
Jacob	12,50	$8 \cdot 10^{-5}$	25,28	$2 \cdot 10^{-4}$

T*: transmisividad en $m^2/día$

S*: coeficiente de almacenamiento (adimenc.)

En cuanto al ensayo escalonado, para calcular la eficiencia del pozo y construir la curva característica, tiene un primer nivel de exigencia un poco bajo (2,2 m³/h) y otro, semejante al de bombeo (10,6 m³/h), con una interesante duración como para darle una tendencia adecuada a las extrapolaciones de las curvas. Lamentablemente faltó ejecutar un escalón para conformar una curva característica representativa, la que, de

todos modos, se construyó con una forma, tentativa, que se creó adecuada.

Según se aprecia, en las planillas adjuntas, a un caudal de 10,6 m³/h durante más de 13 horas se produce un descenso de 16,73 m con lo que se obtiene un caudal característico de 0,66 m³/h por metro de depresión, llegando el nivel dinámico hasta los filtros.

e- Pozo de Bombeo N° 5.

En este caso no se cuenta con pozo de observación, realizándose un bombeo durante 19 horas a un caudal de 15,65 m³/h, hasta que se consideró que el nivel dinámico era suficientemente estable para proceder luego a medir la recuperación y poder calcular la transmisividad mediante el método de Recuperación de Theis, el que arrojó un valor para T de 36,18 m²/día.

La depresión, transcurridos 1.140 minutos de bombeo, fue de 12,28 m. por lo que se obtiene un caudal característico de 1,27 m³/h m.d. que, de acuerdo a los valores característicos para el área, es óptimo.

El ensayo escalonado se llevó a cabo a 6,45 m³/h; 9,72 m³/h y 16,00 m³/h (caudal máximo que daba la electrobomba, teniendo una duración de 210 minutos el escalón del medio y de 240 minutos los otros dos, con lo que se consiguió una buena definición en la tendencia de las curvas, pudiéndose considerar buenos valores para el cálculo de la eficiencia. En cuanto a los niveles finales de cada caudal, se usaron para confeccionar la curva característica. En esta última se puede ver la influencia que tiene la duración del bombeo, pues a caudales casi iguales, pero con tiempos de 240 minutos y 1.140 minutos, se pueden construir curvas con pendientes diferentes que en el caso de ser continuadas, según su tendencia, generan expectativas muy distintas en cuanto a la relación de los caudales a -

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

erogar, según las posibilidades de descenso de los niveles en el pozo.

f- Pozo de Explotación N° 6

El ensayo realizado en esta locación fue medido en el pozo de bombeo y en el de observación (a 27,34 m). El bombeo de larga duración se realizó durante 28 horas con un régimen de erogación de 5,00 m³/h que produjo un descenso de 4,04 m, determinando así un caudal específico de 1,23 m³/h m.d.

Seguramente cuando se bombee al pozo como se lo prevé - exigir al entrar la batería en producción, el caudal específico y el valor de transmisividad serán algo menores.

Como se ve en el cuadro en el que se agrupan los valores de los parámetros T y S obtenidos para este ensayo, la transmisividad tiene una gran homogeneidad y prácticamente ocurre lo mismo con el coeficiente de almacenamiento que, menos el valor hallado por el método de Jacob (posee sólo una diferencia de $0,2 \cdot 10^{-4}$ con los otros resultados), es un poco bajo para las expectativas locales y regionales, pero es de un comportamiento coherente respecto al valor de T y a la profundidad del ápice del cono de depresión.

PARAMETRO METODO	T*	S*
Rec. de Theis	33,78	---
Theis	40,62	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Thiem	40,51	---
Chow	41,92	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Jacob	43,91	$8,2 \cdot 10^{-5}$

T*:transmisividad en m²/día

S*:coeficiente de almacenamiento (adimenc.)

En cuanto al ensayo de recuperación aparentemente, de -

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

haberse bombeado a un mayor caudal hubiera podido reconocerse la ingerencia de la anisotropía del acuífero al quedar el trazado de la curva con una forma general en ese *itálica*, pero - en particular con inflexiones sinusoidales.

Para esta perforación se realizaron dos ensayos a caudales constantes de 10,00 m³/h y 15,00 m³/h, con una extensión de 300 minutos cada uno, los cuales al tomarse en cuenta, junto con el ensayo de larga duración a 5 m³/h durante 1.680 minutos, conforman los tres niveles aconsejados para graficar y calcular la eficiencia del pozo y también permiten determinar puntos como para trazar la curva característica.

g- Pozo de Bombeo N° 7

Se trata de una perforación con el diseño semejante a los otros construídos a partir del numerado como PB N° 4.

De este pozo sólo se tiene un ensayo escalonado a tres caudales: 6,42 m³/h; 10,9 m³/h y 17,56 m³/h, con una duración de 180 minutos cada uno. Por lo que se manejó la información en el cálculo del descenso teórico para ser evaluada la eficiencia, como se verá en el apartado correspondiente, con las dudas que quedan al calcularla con un descenso medido en estas condiciones.

Con esta información se construyó la curva característica (para 180 minutos) de la que se desprende que el valor máximo aconsejado en estas condiciones, a erogar, es de 12,25 m³/h.

h- Pozo de Bombeo N° 8.

Para el conocimiento de las características hidráulicas del acuífero y de la perforación no se cuenta con pozo de observación, por lo que se programó un ensayo de Recuperación de Theis para tener alguna información sobre T y S, y otro a

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

caudal escalonado, para poder evaluar la eficiencia y, con los datos de los dos tipos de ensayo, lograr confeccionar una curva característica.

En primer término se llevó a cabo el bombeo de larga duración de 1380 minutos, hasta considerar se mantenía aceptablemente estable el nivel dinámico. Siendo el caudal constante de 12,63 m³/h y la depresión de 9,86 m. con lo que se define un caudal característico de 1,28 m³/h m.d.

En cuanto a los parámetros, luego de una recuperación de 2.900 minutos, se obtuvo un valor de transmisividad de 32,63 m²/día.

El ensayo escalonado se realizó a cuatro caudales distintos, de 4,67 m³/h; 8,78 m³/h; 12,41 m³/h (semejante al caudal del bombeo de larga duración) y 16,0 m³/h. Respecto a los tiempos, si bien no se ajustan a la metodología convencional por ser distintos, se justifican, pues se bombeó en primera instancia durante 6 horas (12,41 m³/h) con lo que se llegó a obtener un bajo ritmo de descensos en el nivel dinámico y por ello una buena definición en la tendencia de la curva en la graficación. Posteriormente al ensayo de recuperación se ejecutó un bombeo con los tres caudales faltantes de los ya mencionados. En primer término, durante 4 horas con una crogación final 4,67 m³/h, se llega a medidas tendientes a la recuperación debidas al irregular funcionamiento del grupo generador (también hay que tener en cuenta que tira arena) y por estarse prácticamente en niveles de estabilización, por lo que se justifica pasar al siguiente caudal (8,78 m³/h), el que al cabo de 180 minutos evidencia haber llegado a un dinámico estable y así decidirse el último escalón, de 16,0 m³/h, que es todo lo que puede elevar la electrobomba, el cual tuvo una duración de 3 horas considerándose daba una información adecuada.

Con todos estos datos, se generó la curva característi-

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ca, pudiéndose apreciar la importancia de los tiempos de bombeo en el control de las pendientes correspondientes a los mayores caudales.

i- Pozo de Bombeo N° 9

Se exigió a 10 m³/h durante 24 horas, alcanzando una depresión de 14,42 m, por lo que queda definido un caudal característico de 0,69 m³/h m.d.. Luego, se procedió a registrar los ascensos del nivel dinámico para arribar a un valor de transmisividad manejando los datos según el método de Recuperación de Theis. Estos registros, recabados por más de 31 horas, permiten definir una T de 14,9m²/día, la cual se considera demasiado baja, no pudiéndose intentar otra posibilidad de evaluación con este método ya que, despreciando los "valores de las colas", el gráfico muestra un excelente ajuste a la recta que determinará la pendiente ($\Delta s'$). Puede considerarse que aún no hay un buen desarrollo de la perforación.

Com bombeos ejecutados en distintos tiempos se obtuvieron los niveles del método para conocer la eficiencia, conformando el ensayo escalonado a caudales de 4,07 m³/h y 13,09 m³/h (en un mismo bombeo) durante 200 minutos cada uno, habiéndose realizado previamente un bombeo de 10,74 m³/h, durante 360 minutos, que se concretó antes del ensayo de larga duración, justamente para determinar un caudal exigente y adecuado para este último.

En el gráfico se trazaron una curva con línea llena y otra con línea discontinua, con lo cual se aprecian las diferentes expectativas según los tiempos de bombeo. Debe tenerse en cuenta la de trazo continuo (1.440 minutos) como más representativa.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

j - Pozo de Bombeo N° 10

Con condiciones semejantes al pozo anterior, se bombeó durante 27 horas a un caudal de 16,4 m³/h produciéndose una depresión de 12,35 m y, por ello, un caudal característico de 1,3 m³/h m.d. (los descensos se registraron para evaluar las posibles anomalías en el comportamiento del acuífero).

Respecto al ensayo escalonado, se lo ejecutó a tres caudales ascendentes (5,31 m³/h; 14,1 m³/h y 17,10 m³/h) y, con el valor del ensayo de larga duración, se conformó la curva característica.

Con una recuperación de 1878 minutos se manejó el único método para conocer T en un pozo de bombeo sin perforaciones de observación, el de Recuperación de Theis, con el que se arribó a una transmisividad de 43,65 m²/día.

Es importante resaltar el hecho de no haberse llegado, con una erogación de 16,4 m³/h, durante un tiempo suficientemente largo, hasta el nivel de los filtros.

Por otra parte, y para el cálculo de la eficiencia se cuenta con información muy disímil que resulta de la calidad y tipo de ensayos; porque se realizaron pruebas con pozos de observación, bombeos de larga duración, sólo recuperaciones, etc. Pero, en todos los casos se consiguió ejecutar bombeos cortos a distintos caudales, los que se han coordinado para conformar ensayos escalonados, con el fin de evaluar la reacción del pozo a las distintas exigencias.

La fórmula de eficiencia del pozo es:

$$ef = \frac{st}{sr} \times 100$$

donde:

ef = eficiencia.
st = descenso teórico
sr = descenso real en el pozo.

El problema se origina en la evaluación de cada término y conseguir que sean resultados comparables, ya que el acuífero y el área de captación son los mismos, y los diseños individuales de los pozos semejantes o equivalentes.

Los descensos teóricos pueden calcularse en los pozos - N°3, N°4 bis y N°6, que cuentan con perforación de observación y así, obtener los datos requeridos (transmisividad, coeficiente de almacenamiento y radio de influencia) para la aplicación de las fórmulas de Thiem o de Theis.

En cuanto a los descensos reales, como ya se ha mencionado, se cuenta con ensayos de distintas duraciones, lo que determina distintas depresiones a semejantes erogaciones (como se aprecia en el análisis de las curvas características de las captaciones, con los dos tipos de información).

Para conocer el descenso teórico, en el acuífero, se manejan las fórmulas mencionadas. Los resultados a que se -- arriba no permiten llegar a un valor representativo de la eficiencia de las tres perforaciones. Sólo en el pozo de bombeo N° 3 da un valor coherente (77,6%), en tanto que los de los pozos N° 4 bis (122%) y N° 6 (100%) no se pueden tener en -- cuenta. Esto ocurre por insuficientes exigencias del acuífero al bombeárselo, produciéndose anomalías en los resultados al ser de gran peso el cambio del movimiento del agua en los niveles productivos, cercanos al pozo; y en el prefiltro de grava.

Entonces, para tener un valor de todas las perforaciones que permita evaluar los posibles cambios de eficiencia futuros, se calcularon los coeficientes de la fórmula básica de descenso en el pozo (Rorabaugh):



$$S_p = B \cdot Q + C \cdot Q^n$$

donde:

- S_p = descenso en el pozo
 B = coeficiente de pérdidas de circulación en la formación.
 C = coeficiente de pérdidas en el pozo.
 Q = caudal bombeado.
 n = potencia que puede variar entre 1 y 3.

que se resuelve de acuerdo a la información emanada en los en sayos escalonados.

Para obtener una respuesta más ajustada de la reacción de los niveles a cada exigencia se buscó, cuando las condicio nes lo permitieron, obtener escalones independientes; efec--- tuándose el bombeo a partir del nivel estático.

En cuanto a la implementación de manejo de los datos, se volcó la información en papel semilogarítmico, ploteándose -- los descensos en la escala lineal y los tiempos en la logarít mica. Comenzando la curva para cada caudal en el mismo punto de la escala de los tiempos (gráfico extenso), lo que permite minimizar los errores en las extrapolaciones.

Para ajustar la fórmula de Rorabaugh, que exige calcu- lar las incógnitas B y C , se seleccionaron en cada caso dos - escalones:

$$S_x = B \cdot Q_x + C \cdot Q_x^n$$

$$S_y = B \cdot Q_y + C \cdot Q_y^n$$

con los que se puede resolver analíticamente el sistema de -- dos ecuaciones, en esta ocasión por el método de igualdad -- y tener un valor para los términos B y C (cuantifican las cau sas de pérdidas en el acuífero y en el pozo respectivamente).

Los cálculos se realizaron dándole prioridad a los dos escalones de mayor caudal, con lo que se acerca más a las posibles condiciones de explotación y, además, se evaluó considerar el valor de $n = 2$.

A partir de este procedimiento se obtuvieron las siguientes ecuaciones de pozo:

Pozo de Bombeo N° 1

$$S_p = (3,3 \cdot 10^{-2}) \cdot Q + (1,3 \cdot 10^{-4}) \cdot Q^2$$

Pozo de Bombeo N° 3

$$S_p = (4,8 \cdot 10^{-2}) \cdot Q + (-1,5 \cdot 10^{-5}) \cdot Q^2$$

Pozo de Bombeo N° 4

$$S_p = (7,5 \cdot 10^{-2}) \cdot Q + (8,6 \cdot 10^{-6}) \cdot Q^2$$

Pozo de Bombeo N° 5

$$S_p = (3,3 \cdot 10^{-2}) \cdot Q + (7,1 \cdot 10^{-5}) \cdot Q^2$$

Pozo de Bombeo N° 6

$$S_p = (1,5 \cdot 10^{-2}) \cdot Q + (5,1 \cdot 10^{-5}) \cdot Q^2$$

Pozo de Bombeo N° 7

$$S_p = (3 \cdot 10^{-2}) \cdot Q + (2,1 \cdot 10^{-5}) \cdot Q^2$$

Pozo de Bombeo N° 8

$$S_p = (-1,3 \cdot 10^{-3}) \cdot Q + (1,4 \cdot 10^{-4}) \cdot Q^2$$

Pozo de Bombeo N°9

$$S_p = (2,9 \cdot 10^{-2}) \cdot Q + (4,5 \cdot 10^{-5}) \cdot Q^2$$

Pozo de Bombeo N°10

$$S_p = (-4,4 \cdot 10^{-2}) \cdot Q + (1,7 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-4}) \cdot Q^2$$

El cálculo de radio de influencia (R) por bombeo fue --
calculado según:

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{S}}$$

de donde:

T = transmisividad

t = tiempo de bombeo (en días).

S = coeficiente de almacenamiento.

Como se aclaró anteriormente sólo los pozos N° 3, N°4 --
bis y N° 6 permiten obtener valores propios de T y S, que a su
vez, según la fórmula empleada, poseen diferencias para un miso
ensayo. Entonces se resolvió considerar los valores de los
distintos ensayos y de los distintos métodos para arribar a un
resultado general para el acuífero en esta zona, pudiéndose --
considerar por lo tanto:

$$\text{Transmisividad (T)} = 40 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\text{Coeficiente de almacenamiento: } 3,5 \cdot 10^{-4}$$

entonces, para un día de bombeo (t) queda definido un radio de
influencia:

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{40 \cdot 1}{3,5 \cdot 10^{-4}}} = 507,1 \text{ m.}$$

Aclarándose que es un valor al que se debe considerar - aumentar, como margen de seguridad, teniendo en cuenta que las heterogeneidades del acuífero pueden llevar el valor del radio de influencia a cifras mayores.

Otra posibilidad de tener una información que permita la comparación entre perforaciones y tener una idea respecto a la permeabilidad en cada punto, se da al llevar a cabo los ensayos de Gilg-Gavard por el método de nivel variable, en este caso, el que se realizó llevando la cañería hasta el borde, a partir de cuando se miden sucesivos descensos anotando los respectivos tiempos (ver planillas). Entonces se aplica la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1,308 \cdot d^2 \cdot \Delta h}{\Delta t \cdot h_m}$$

donde:

K = permeabilidad del acuífero, en centímetros/segundos.

d = diámetro de la cañería, en metros.

Δh = promedio de los descensos en un tiempo Δt , en metros.

Δ = coeficiente definido por fórmula (1)

h_m = promedio de la columna de agua en el tiempo Δt , en metros.

Δt = lapso en el que se toma Δh , en minutos.

(1) El coeficiente Δ se obtiene de resolver la siguiente fórmula (también hay un gramograma para su obtención en fór-

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ma gráfica:

$$A = a (1,032 \cdot \lambda + 30 \cdot d)$$

1 si $\lambda \geq 6$ metros (este caso)

a =

$$0,481 + 0,178 \cdot \lambda - 0,014 \cdot \lambda^2, \text{ si } \lambda < 6 \text{ metros}$$

donde:

λ = longitud del tramo de filtros, en metros.

d = diámetro de la cañería, en metros.

De esta manera se arribó a valores de K, para casi todas las locaciones (faltaron los pozos de bombeo N°7 y N°10), que son:

PB N° 1 =	0,059	m/día
PB N° 3 =	0,052	m/día
PO-PB N°		
4 bis =	0,0015	m/día
PB N° 5 =	0,063	m/día
PB N° 6 =	0,062	m/día
PB N° 8 =	0,061	m/día
PB N° 9 =	0,061	m/día

También se obtuvo un dato del acuífero freático, en el pozo somero N° 1 (PS N°1), el cual no posee filtros sino que está abierto en el fondo, por lo que al ser un "pozo puntual" se aplicó la fórmula:

$$K = \frac{r}{8 \cdot h_m} \cdot \frac{h}{t}$$

siendo r el radio de la tubería, en metros.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

En este caso el valor de la permeabilidad hallado es de 0,54 m/día.

11. RESERVAS DE AGUAS SUBTERRANEAS. BALANCE HIDROLOGICO.

En este capítulo se pretende establecer con la mayor precisión posible los volúmenes de agua almacenados en el espesor de interés, más la cantidad que se incorpora anualmente al ciclo subterráneo, para finalmente oponer esos valores con los caudales explotados por la Bateria de Bombeo Pampa de la Compañía.-

El tratamiento y evaluación del tema obliga a considerar en forma conjunta varios aspectos, ya definidos en los puntos anteriores, y aproximar un cálculo de los volúmenes de agua existentes en el sistema.-

Para una mayor comprensión se definen las reservas de aguas subterráneas como la cantidad de agua disponible para su empleo, que según su posición y origen pueden ser geológicas, generatrices, o de explotación. Las primeras son las comprendidas entre el mínimo valor del nivel piezométrico - medido en la zona y el límite inferior del acuífero; mientras que las generatrices (o reguladoras) son las comprendidas por la máxima fluctuación posible de los niveles piezométricos, medidos durante un largo período de observaciones.

Las reservas de explotación están conformadas por las reservas generatrices y una parte de las geológicas, siendo su estimación y cálculo muy variable y sujeto a distintas condiciones. Se entiende que la utilización indiscriminada de las reservas geológicas para consumo genera, en principio, fenómenos de sobreexplotación (descenso de niveles, salinización) y culmina con la destrucción del recurso.-

Según lo expuesto, a continuación se analizarán las distintas variables que conducen a la estimación de las reservas de agua y su vinculación con la propuesta de explotación formulada más adelante.-

En primer lugar deben recordarse algunas condiciones geohidrológicas del área de la Pampa de la Compañía que dan el marco general a las estimaciones, a saber:

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- del esquema hidrogeológico presentado se considerará como de interés al "acuífero semiconfinado" y al espesor saturado del "acuífero freático", minimizando la participación del "complejo acuitardo - acuicludo" - con sus niveles acuíferos confinados, apoyado sobre el "basamento hidrogeológico";
- se destaca entre los aspectos hidrodinámicos la escasa variación de los niveles de agua a lo largo del ciclo anual, aunque atenuados por el área considerada, la velocidad de escurrimiento general, y el tipo mantiforme de la superficie potenciométrica, que en conjunto amortiguan la observación de los efectos de la infiltración;
- de las particularidades hidroquímicas debe destacarse la baja salinidad del agua en la sección superior - (freático y semiconfinado), y el incremento de la salinidad en profundidad. También se rescata la correspondencia entre el primer caso citado y los manantiales que afloran en el borde de la pampa, dando en ambos casos aguas juveniles de idénticas características químicas.-

Entonces, según lo señalado puede estimarse el volumen de agua alojado en la zona de interés, que corresponde a las reservas geológicas en casi 4 Hm^3 , dado:

$$\begin{array}{rcccc} \text{VOLUMEN} = & \text{SUPERFICIE} & \times & \text{ESPESOR} & \times & \text{RENDIMIENTO ESPECIFICO} \\ & 20.000 \text{ Hm}^2 & & 0,45 \text{ Hm.} & & 4.10^{-4} \end{array}$$

Ahora, la cuantificación de las reservas generatrices ofrece mayores dificultades, ya que su cálculo depende del balance hidrológico y por ende de la precisión con la cual se pueda trabajar en él.-

Los términos del balance pueden simplificarse notablemente dadas las características fisiográficas de la pampa, que conforma una superficie plana, aislada, de relieve horizontal, que deriva en el siguiente modelo:

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- . Afluencia superficial: nula
- . Afluencia subterránea: nula
- . Efluencia superficial: nula
- . Efluencia subterránea: manantiales más escurrimiento subterráneo en cañadones.
- . Almacenamiento superficial: inexistente
- . Disminución almacenamiento subterráneo: compensado con el incremento.
- . Precipitación: medida en 253 mm. anuales para el período 1971 - 1987.
- . Evapotranspiración: a calcular o estimar

Por ende el balance hidrológico queda reducido a la siguiente expresión:

$$\text{Precipitación} = \text{Evapotranspiración} + \text{Efluencia subterránea}$$

De estos términos el de mayor complicación para su cálculo es la evapotranspiración, ya que de todos los métodos, fórmulas y procedimientos existentes para su cuantificación se estima como más apropiado el propuesto por Thorntwaite y Mather - en "The Water Balance" vol. VIII N° 1, 1955, pero a la vez el propio Thorntwaite limita la aplicación del método a zonas con condiciones climáticas diferentes a las utilizadas en sus experiencias (húmedas y templadas), que obviamente no se cumplen en la zona de San Julián.-

De cualquier manera, y dado que es el único mecanismo que por lo menos permite obtener indicios sobre el balance climático de la zona, se han procesado los datos existentes con paso mensual y anual medio utilizando las tablas de retención de humedad en suelos para 25 mm.-

Las series mensuales obtenidas muestran ligeros excedentes de agua (valores positivos al oponer precipitación con evapotranspiración potencial) en los meses de mayo, junio, julio y agosto, donde la evapotranspiración es de aproximadamente el 65% del total precipitado, generando por ende un exceso que se incorpora al sistema subterráneo del 35%. Ahora, si se consi

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

dera que la precipitación de esos meses en el área es de 20 Hm³ la infiltración producida será de 7 Hm³, que serían las denominadas reservas generatrices. (se descartan los posibles volúmenes incorporados durante el verano)

Obsérvese que se obtiene un valor a partir de un método objetado por su propio autor para las características climáticas presentes en San Julián, ya que introducirían importantes errores en los valores calculados. A pesar de ello existen pruebas indirectas que permiten sospechar una notable efectividad de las precipitaciones, sobre todo en la época invernal, que incluso llevarían a considerar el valor de infiltración citado -- (7 Hm³) como muy conservador, y seguramente de expresión mínima.

Para ello debe tenerse en cuenta:

- una configuración morfológica horizontal, de muy baja pendiente, que anula el posible escurrimiento superficial;
- la presencia de una vegetación natural xerófila con reducida actividad biológica y adaptada a rigurosas condiciones de vida;
- la existencia generalizada de suelos esqueléticos, de textura gruesa, con rodados y arenas;
- la coincidencia en invierno de diversos factores climáticos - que disminuyen el efecto evapotranspirante, como ser menor temperatura, menor heliofanía, mayor humedad relativa, menor temperatura del punto de rocío, mayores días con calma y menor velocidad del viento, únicas heladas y nevadas del ciclo (no medidas), y especialmente una mayor concentración de lluvias -- (40% del total anual.-

Otro factor de consideración que obliga a suponer un importante efecto de las precipitaciones en el ciclo subterráneo - es la presencia en todo el contorno de la pampa de manantiales permanentes, que erogan en conjunto aproximadamente 2,5 Hm³., y

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

si se suma a ello el escurrimiento subterráneo considerando una transmisibilidad de 40 m²/día, un gradiente de 0,01 y un perímetro útil de 58 Km., se obtienen 8 Hm³ por año.-

Al unificar ambos valores como el término "efluencia subterránea" del balance, se ve que queda superado el volumen infiltrado a pesar de no existir variaciones en el almacenamiento según lo indicado en el capítulo de hidrodinámica.-

Por consiguiente se confirma que el volumen anual infiltrado (o sea las reservas generatrices) es muy importante, adoptándose un "seguro" valor de 7 Hm³. como expresión conservadora, que se incorpora al sistema subterráneo en cada ciclo, escurriendo lentamente y descargando hacia los cañadones sin descartar la filtración profunda hacia la base del sistema.-

En el caso de este estudio, el cálculo de reservas está orientado principalmente a establecer la incidencia de los caudales explotados por la batería de bombeo sobre el sistema subterráneo y su renovabilidad, como reaseguro del futuro sistema de provisión.-

Como se verá más adelante el caudal de producción fijado para la batería de bombeo es de 0,7 Hm³. por año, valor que alcanza a sólo el 10% de las reservas generatrices, con lo cual queda asegurada la reposición del volumen explotado con gran margen de seguridad, e incluso permite plantear la ampliación del número de perforaciones sin afectar tampoco la producción de los manantiales captados.-

PUERTO SAN JULIAN AERU(71/87).49.19S.67.45W.ALT.62M.TABLA DE RETENCION 25MM.

SERIE DE LOS PROMEDIOS

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
ETP POTENCIAL	105.00	84.00	75.00	-3.00	23.00	9.00	11.00	21.00	36.00	61.00	61.00	97.00
LLUVIAS	16.16	16.94	19.06	22.60	32.29	24.62	31.24	14.65	15.53	19.00	16.71	22.41
ETP REAL	17.94	17.62	19.12	17.47	10.85	5.35	17.00	15.76	20.00	24.62	18.06	21.59
EXCEDENTES	0.00	0.00	0.00	0.00	3.91	12.12	20.12	3.38	1.53	0.00	0.00	0.00
DEFICIT	67.06	60.38	55.30	23.53	4.35	0.65	1.00	5.24	15.12	36.16	64.94	75.41
ETP REAL / ETP POT.	17.08	20.97	25.49	-3.26	61.07	92.81	90.91	75.07	50.01	40.69	22.29	22.26
ESCURRILIENTOS	0.29	0.14	0.07	0.03	1.72	6.92	13.52	6.70	5.12	2.50	1.26	0.54

12. BATERIA DE BOMBEO PAMPA DE LA COMPAÑIA.

Se reseñan brevemente las generalidades de las nueve perforaciones de explotación que conforman la Batería Pampa de la Compañía, con la finalidad de transmitir los criterios seguidos para su construcción; más el análisis de las distintas variables para los diseños de entubamiento.-

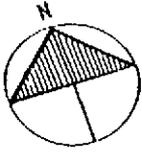
12.1. Ubicación y construcción.

Según el croquis adjunto la disposición de los pozos de explotación se efectuó en forma radial a partir de la futura cámara de carga situada junto al PB6, optando por distanciar preventivamente los pozos entre sí en algo más de 500 metros como mínimo, a fin de evitar interferencias durante la explotación.-

En cuanto a la situación general de la Batería, y dado que las condiciones geohidrológicas son uniformes en toda la pampa, se decidió ubicarla en una posición lo suficientemente cercana a la cabecera del acueducto existente pero sin arriesgar una posible influencia sobre los manantiales, ya la vez, favorecer la accesibilidad por la Ruta 521.-

La totalidad de las perforaciones que componen la Batería fueron construidas por el Destacamento Perforaciones del Batallón de Ingenieros 601 del Ejército Argentino. Las designadas como PB1, PB2 (inoperable) y PB3 se ejecutaron con anterioridad a este estudio, mientras que las restantes fueron realizadas en el marco de los acuerdos C.F.I. - S.P.S.E., por lo cual todo lo consignado en este capítulo corresponde sólo al conjunto de pozos con numeración correlativa desde PB4 a PB10.-

Los trabajos de perforación se realizaron mediante rotación por circulación directa con lodo bentoníti-



COTAS

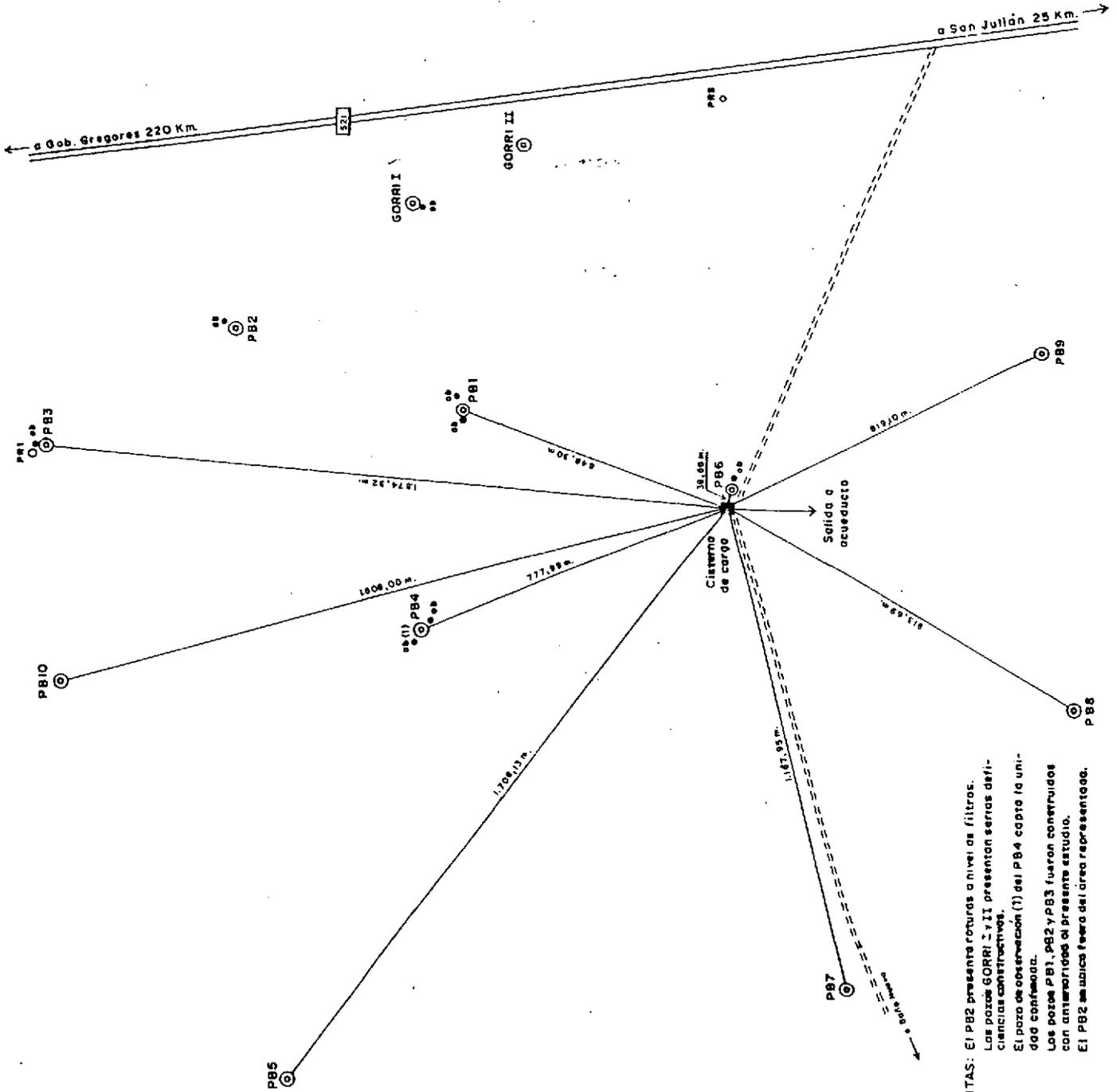
REFERENCIA: YPF 904 = 292.82 m.

PR1 = 287.15 PB8 = 292.45
 PR2 = 294.13 PB9 = 291.82
 PR3 = 291.85 PB10 = 288.17
 PB1 = 286.51 POT PB1 = 276.46
 PB2 = 287.57 POT PB2 = 287.54
 PB3 = 287.54 POT PB3 = 287.37
 PB4 = 286.59 POT PB4 = 286.28
 PB5 = 288.82 PC2 PB4 = 287.41
 PB6 = 292.58 POT PB6 = 292.57
 PB7 = 291.76 POT PB7 = 293.35
 Cisterna = 285.51

REFERENCIAS

- PB (⊙) Pozo de bombeo
- ⊙ Pozo de observación
- PRI (○) Pozo de reconocimiento n°1
- Intercambian pozos a cisterna
- 321 Ruta Provincial
- == Huello

PROVINCIA DE SANTA CRUZ
 SERVICIOS PUBLICOS E.E. - CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
PROVISION DE AGUA A SAN JULIAN
BATERIA DE BOMBEO
PAMPA DE LA COMPANIA



NOTAS: El PB2 presenta roturas a nivel de filtros.
 Los pozos GORRI I y II presentan serias deficiencias constructivas.
 El pozo de observación (1) del PB4 captó la unidad carbonada.
 Los pozos PB1, PB2 y PB3 fueron construidos con antemural de presente estudio.
 El PB2 se ubica fuera del área representada.

co, aislando con cañería de maniobra de 14 pulgadas de diámetro el tramo superior de la secuencia correspondiente a los Rodados Patagónicos con la finalidad de evitar desmoronamientos y pérdidas del fluido de inyección. Luego, por dentro, se perforó con trépano tricono de 8 pulgadas recuperándose muestras de cutting por retorno y adecuando convenientemente el pozo para el registro de perfilaje eléctrico, para continuar luego con 13 pulgadas hasta la profundidad definitiva.-

Definido el entubamiento a colocar se procedió a alivianar el lodo de inyección instalándose la cañería definitiva que se unió con costura soldada completa. El primer tramo de caño, o sea el que asoma sobre la superficie, es del tipo roscado con la finalidad de facilitar la colocación de cañería suplementaria para el desalojo de agua durante el desarrollo.-

Continuó luego el engravado por gravedad desde la superficie con circulación lenta de fluido, y una vez concluido este trabajo se procedió al lavado del pozo con agua limpia y desarrollo por jet de agua a presión operando la bomba de lodo del equipo y por jet de aire inducido con compresor.-

Finalmente se efectuó bombeo mediante compresor seguido de incentivación por sobre bombeo con electrobomba sumergible, completándose así las tareas de desarrollo.-

Se señala que (como se verá) las diferencias existentes en la producción de los distintos pozos deben sin ninguna duda asignarse a la falta de regularidad y efectividad de los trabajos de desarrollo, (vinculado con las condiciones existentes durante el engravado) al oponerse perforaciones con idéntico diseño y -

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

construidas en una zona con condiciones geohidrológicas homogéneas.-

12.2. Diseño de las perforaciones.-

Los elementos de juicio para la definición del diseño de las perforaciones surgieron del análisis de las -- muestras de sedimento obtenidas durante la construcción y de la interpretación de los registros de perfilaje eléctrico realizados. A estos elementos se le sumaron los criterios generales de diseño aplicados a las características particulares del acuífero a explotar, a saber:

- la captación de agua se restringe al acuífero semi-confinado exclusivamente;
- se establece una profundidad máxima de penetración comprendida entre 45 y 50 metros debido a la importante disminución de permeabilidad y consecuente aumento de salinidad, situación comprobada a partir de dichas profundidades y hasta la base del sistema;
- se respeta el principio de funcionamiento de los pozos en producción, donde el nivel dinámico de agua no debe descender por debajo de la cañería filtro.- De no cumplirse esta premisa disminuye la vida útil de los filtros acelerándose los efectos de corrosión (en este caso), aumenta la proporción de oxígeno disuelto en el agua, y pueden provocarse daños mecánicos en los equipos de bombeo;
- se deshecha el entubamiento telescópico (con disminución progresiva del diámetro de cañería), adoptándose un diseño uniforme de la columna, y sin cañería de aislación;
- se define el diámetro común para el entubado en 8 pulgadas, basado solamente en función de los equipos de bombeo sumergibles que se instalarán y no -

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- en el diámetro necesario para la admisión de agua - por los filtros (que hubiese permitido disminuirlo considerablemente);
- se optó por instalar filtros del tipo ranura continua por ofrecer mayor superficie filtrante, favorecer las tareas de desarrollo, y retardar los efectos de corrosión e incrustación al oponerse los filtros del tipo persiana;
 - en particular se descarta la utilización de la denominada "grava de playa" extraída de canteras ubicadas en los alrededores de San Julián por su tamaño granulométrico excesivo, por la alta proporción de restos calcáreos, y por la elevada proporción de individuos con alto índice de platitud (achataamiento) y de circularidad que disminuyen notablemente el área filtrante;
 - se adopta para la construcción de los prefiltros el tipo de "grava seleccionada", con el tamaño granulométrico adecuado a la condición del acuífero, con alta pureza composicional (predominantemente cuarzo sa), y con alto índice de esfericidad.

En base a los resultados de los análisis granulométricos realizados sobre las muestras de sedimento obtenidas de las perforaciones se efectuó el cálculo de la abertura de ranura del filtro y el tamaño del prefiltro de grava a instalar. Como ejemplo se reproduce el análisis granulométrico por tamizado correspondiente al pozo P.B.4 para la muestra comprendida entre 28 y 30 metros bajo boca de pozo, donde se observa la curva acumulativa de los porcentajes retenidos y la planilla de datos con el detalle del análisis. De los resultados de los porcentajes retenidos en cada tamiz se desprende que la mayor fracción, que alcanza a un 24%, corresponde a una arena gruesa con propor-

C.F.I.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

LOCALIDAD PUERTO SAN JULIAN

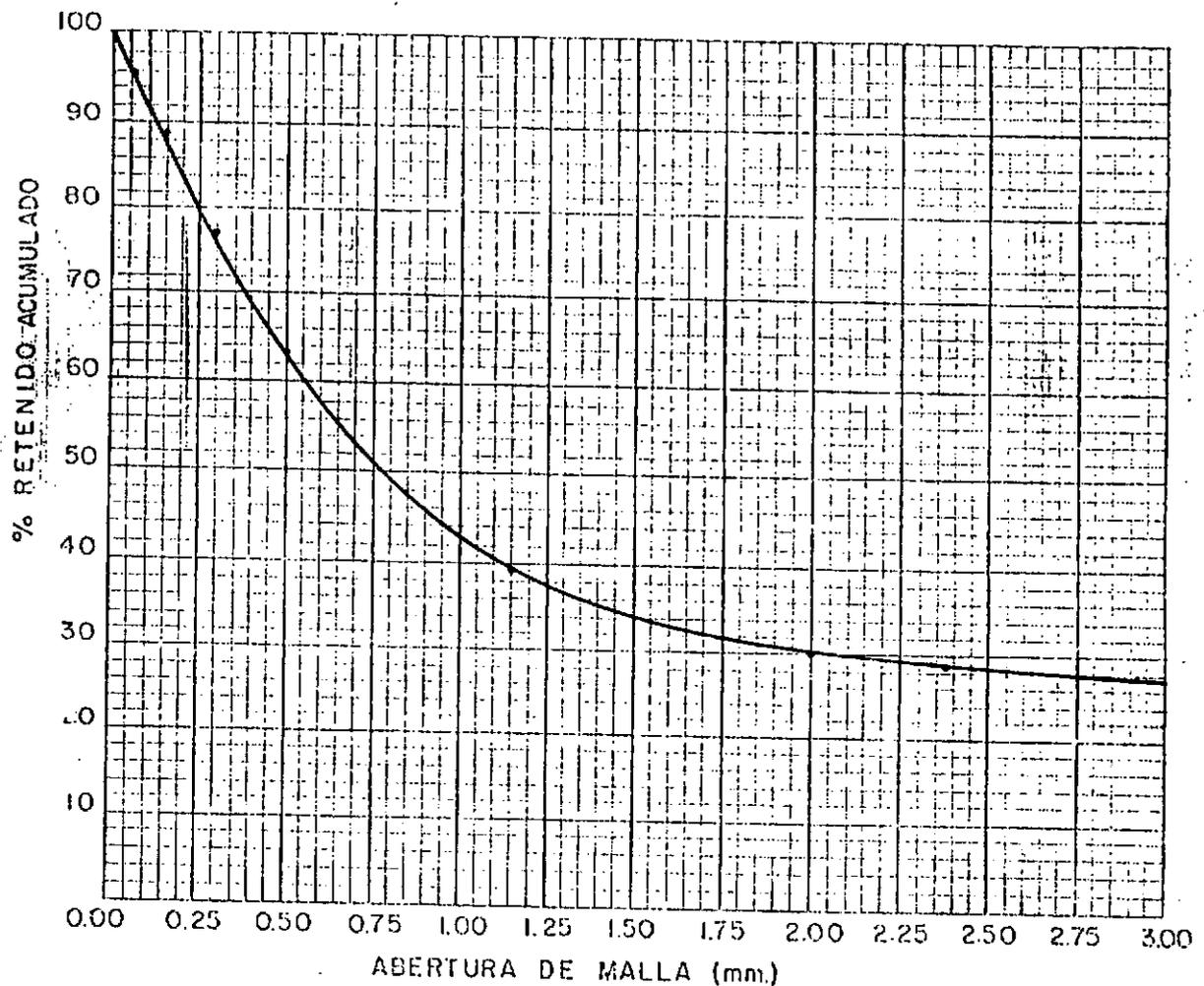
PERFORACION P.R.4

DEPARTAMENTO MAGALLANES

Nº DE MUESTRA 15

PROVINCIA SANTA CRUZ

PROFUNDIDAD 28-30



Peso total de la muestra: 315 grs.

TAMIZ		% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	DIAMETRO EFECTIVO ($d_{10} = 90\% \text{ ret.}$)
Nº A.S.T.M.	MALLA (mm.)			
4	4,76	12,3	12,3	0,13mm.
6	3,36	8,2	20,5	
8	2,38	7,9	28,4	
10	2,00	1,6	30,0	
14	1,141	9,2	39,2	COEF. DE UNIFORMIDAD $\frac{d_{90}}{d_{10}} = \frac{40\% \text{ ret.}}{90\%}$
35	0,50	23,4	62,6	
100	0,149	11,4	88,9	$\frac{1,35}{0,13} = 10,3$
200	0,074	5,7	94,6	
FONDO		5,0	99,6	

OBSERVACIONES 50% = $0,76 \times 5 = 3,8$ (4,75 - 2,85) Filtro 2/2,5 mm.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ciones levemente subordinadas de arena mediana y en menor medida arena fina.

El procedimiento de cálculo del tamaño de grava y abertura de ranura de filtro consistió en:

- en primer lugar se establece la necesidad de colocar prefiltro de grava por ser el Diámetro Efectivo (De) menor a 0,3 mm. En este caso $De = 0,13$ mm;
- luego para el cálculo del tamaño de grava se multiplicó por el factor 5 el valor correspondiente al 50% retenido, y el resultado índice al tamaño medio de la grava que deberá utilizarse. En este caso 3,8 mm, que se entiende está condicionada por las fracciones mayores que no corresponderían a "individuos" sino a grupos de ellos retenidos en los tamices superiores;
- ahora, y según las fracciones "seguras" dominantes (arena gruesa, medianas y finas) se establece un tamaño óptimo de grava rondando los 2 mm, adoptando el tipo comercial encuadrado en los rangos 1,44 mm a 2,20 mm;
- después, a partir del valor menor de grava, o sea 1,44 mm, se define la abertura de la ranura de filtro adoptando el tipo comercial más próximo de menor tamaño, esto es 1,00 mm. Por consiguiente en la totalidad de los pozos de explotación ejecutados se instalaron filtros de ranura continua de 1,00 mm. de abertura y prefiltro de grava comprendida entre 1,44 y 2,20 mm.

Con respecto al material del filtro, se utilizaron del tipo galvanizado, al no suponerse efectos corrosivos de origen físico-químico que favorezcan la instalación de otro tipo de material (acero inoxidable).

En cuanto al diámetro, y según lo señalado en el pun

to anterior, la adopción del tamaño de 8 pulgadas se debió únicamente a ponderar la instalación futura de electrobombas sumergibles de poco más de 5 pulgadas - que permitieran libremente la introducción dentro del pozo de registro de niveles. En este caso no se condicionó la elección del díametro a la capacidad de admisión de agua por metro lineal de filtros debido a la falta de correspondencia entre esas tablas y las condiciones del acuífero.-

Igual razonamiento se aplicó a la definición de la -- longitud de los filtros, decidiendo instalar en general entre 20 y 24 metros en un sólo tramo soldado (sin intercalaciones) y en la parte inferior del pozo, que dando una columna de agua por encima del nivel de filtros de aproximadamente 12 metros.

La cañería ciega comprende la tubería denominada prolongación de filtros, que vincula los filtros con la superficie del terreno, y además el caño depósito ubicado al fondo de la perforación. En ambos casos se - instaló cañería de acero negro común, sin costura, biselada y soldada con costura completa, de 6,35 mm de espesor.-

Otra condición asumida al diseñar los entubamientos - fue la de establecer la longitud del depósito en aproximadamente 1 metro, al considerar que la función de este caño es sólo alojar cualquier material que pueda ingresar accidentalmente al pozo desde la superficie o bien contener temporalmente los résiduos de eventuales limpiezas que puedan realizarse.-

13. CONDICIONES DE EXPLOTACION

Como producto de la prospección y evaluación hidrogeológica realizada en el área de Pampa de la Compañía se proyectó la construcción de la denominada Bateria de Bombeo N°1, ante la certeza que existen reservas de agua subterránea suficientes para el abastecimiento a San Julián, tanto para paliar el déficit actual como también para el crecimiento futuro de la demanda.

La conservación de la fuente es la condición indispensable que asegurará la provisión de agua a largo plazo, para lo cual deben cumplirse las siguientes premisas:

. Se asuma un criterio de explotación proteccionista sobre el recurso detectado;

. Se adecuen y concilien los subsistemas de captación, conducción, almacenamiento y sobre todo distribución, adoptando mecanismos de operación y mantenimiento acordes con la nueva situación de abastecimiento;

. Se continúe con un ambicioso plan de inversiones en obras y estudios, tales que permitan ordenar y atender el aumento de la oferta de agua ante el crecimiento de las necesidades; y

. Se diversifique el uso del agua, utilizando fuentes de inferior calidad para los casos en que no sea indispensable la calidad química.

La concreción de esta nueva obra deriva en el siguiente esquema de producción:

- los manantiales captados en los cañadones de la Compañía, Sam y Paraguay, con una producción diaria de 1400 m^3 para la época invernal (coincidente con las mayores precipitaciones) y una leve disminución a 1100 m^3 para el verano (máximo estiaje);

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

- el pozo de gran diámetro situado en la zona litoral de la Bahía de San Julián (camping municipal) con una producción de $20 \text{ m}^3/\text{hora}$, obteniéndose al operarlo en bajamar agua con un contenido salino total de 2000 partes por millón, que si bien no es apta para el consumo humano, puede utilizarse en la actividad industrial pesquera (limpieza, fileteado primario, hielo, etc.), para riego urbano, uso en construcción, etc.
- los nueve pozos de explotación que componen la Bateria 1 de Pampa de la Compañía, cuya información y esquema de producción se plantea en el presente informe.

El orden de análisis para este capítulo implica, en primer lugar, la determinación de la producción individual de las perforaciones de Pampa de la Compañía con la consecuente definición del volumen total de explotación, para luego analizar la demanda actual, fijar una razonable provisión por habitante, combinar la producción de las distintas fuentes, y proponer distintas alternativas de manejo del sistema.

13.1 Producción individual

Se señalan en este punto los resultados obtenidos en cada pozo de explotación a partir de las pruebas hidráulicas desarrolladas, puntualizándose los volúmenes de producción comprobados en el transcurso de los trabajos.

Las diferencias de caudal existentes entre los pozos responden principalmente a las variaciones litológicas laterales, como así también a efectos constructivos y de desarrollo. Se descarta el pozo n°2 (construido con anterioridad al desarrollo del presente trabajo) por presentar daños en la cañería - filtro, comprobados al realizar maniobras tendientes a la instalación del equipo de bombeo.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

En el caso del pozo N°5 se señala que el valor consignado es provisorio, dado que los ensayos de bombeo se efectuaron a un caudal menor al necesario tal que no permitió completar la curva característica y por ende calcular con precisión el caudal óptimo de producción.

Los datos que se incluyen a continuación son los recomendados para la explotación habitual, y corresponden (con excepción del pozo N°1) a un nivel dinámico situado por encima del nivel de filtros, de acuerdo con el ajuste a las curvas características de cada pozo.

POZO N°	Producción	
	m ³ /Hora	m ³ /día
1	9	216
3	19	456
4	10	240
5	17	408
6	10	240
7	12	288
8	12	288
9	7	168
10	20	480
TOTALES	116	2.784

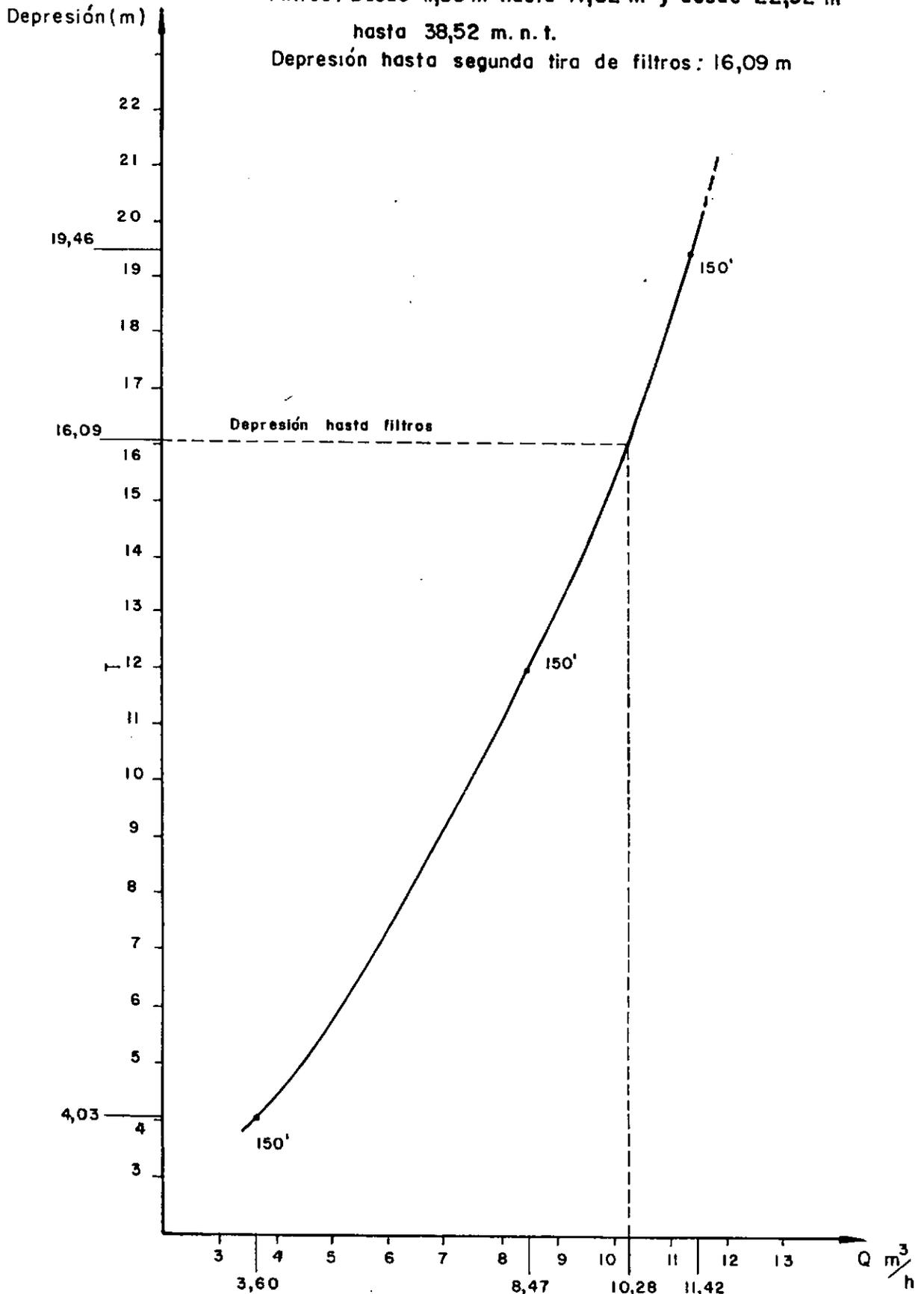
Si bien no se recomienda el bombeo continuado de todos los pozos durante 24 horas al día, queda expresado que la producción máxima conjunta de la Batería es de aproximadamente -- 2800 m³/día, lo que asegura para San Julián el suministro destinado al consumo humano, con un saldo disponible para un eventual uso industrial.

POZO DE BOMBEO Nº 1

Ne: 6,83 m. n. t.

Filtros: Desde 11,80 m hasta 17,02 m y desde 22,92 m hasta 38,52 m. n. t.

Depresión hasta segunda tira de filtros: 16,09 m

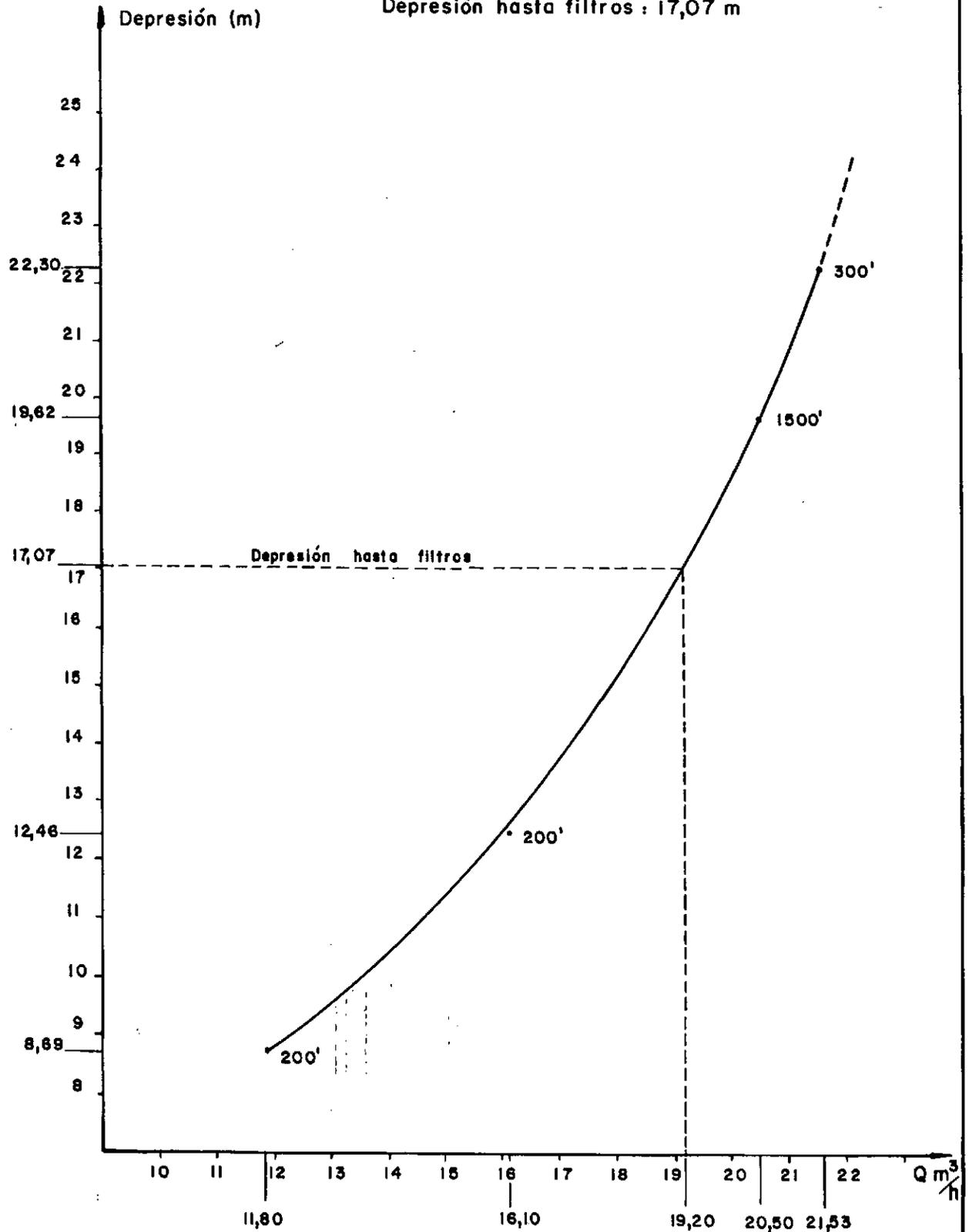


POZO DE BOMBEO Nº 3

Ne 7,93 m n.t.

Filtros: Desde los 25 m n.t.

Depresión hasta filtros : 17,07 m

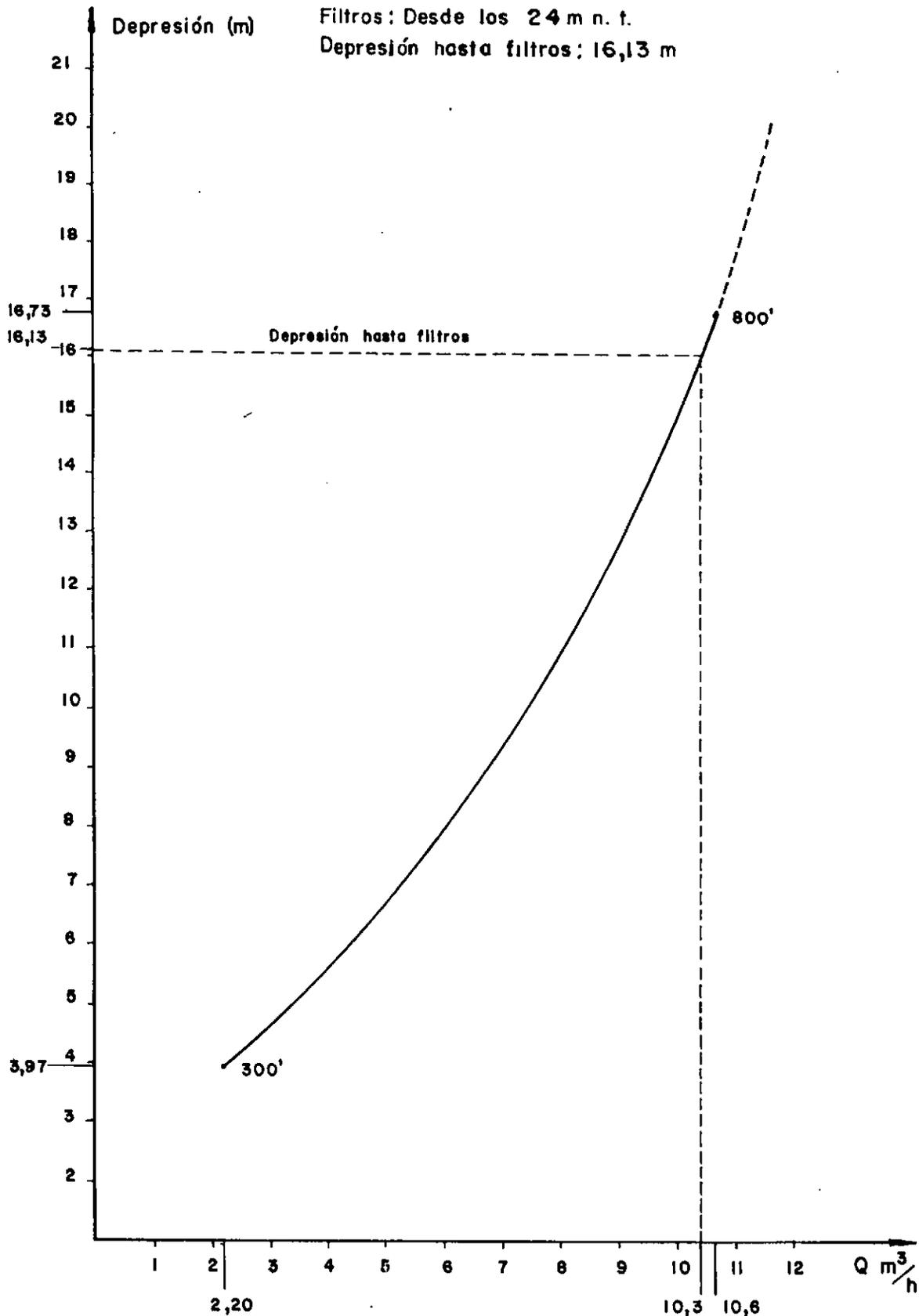


POZO DE BOMBEO Nº 4 bis

Ne : 7,87 m n. t.

Filtros : Desde los 24 m n. t.

Depresión hasta filtros : 16,13 m

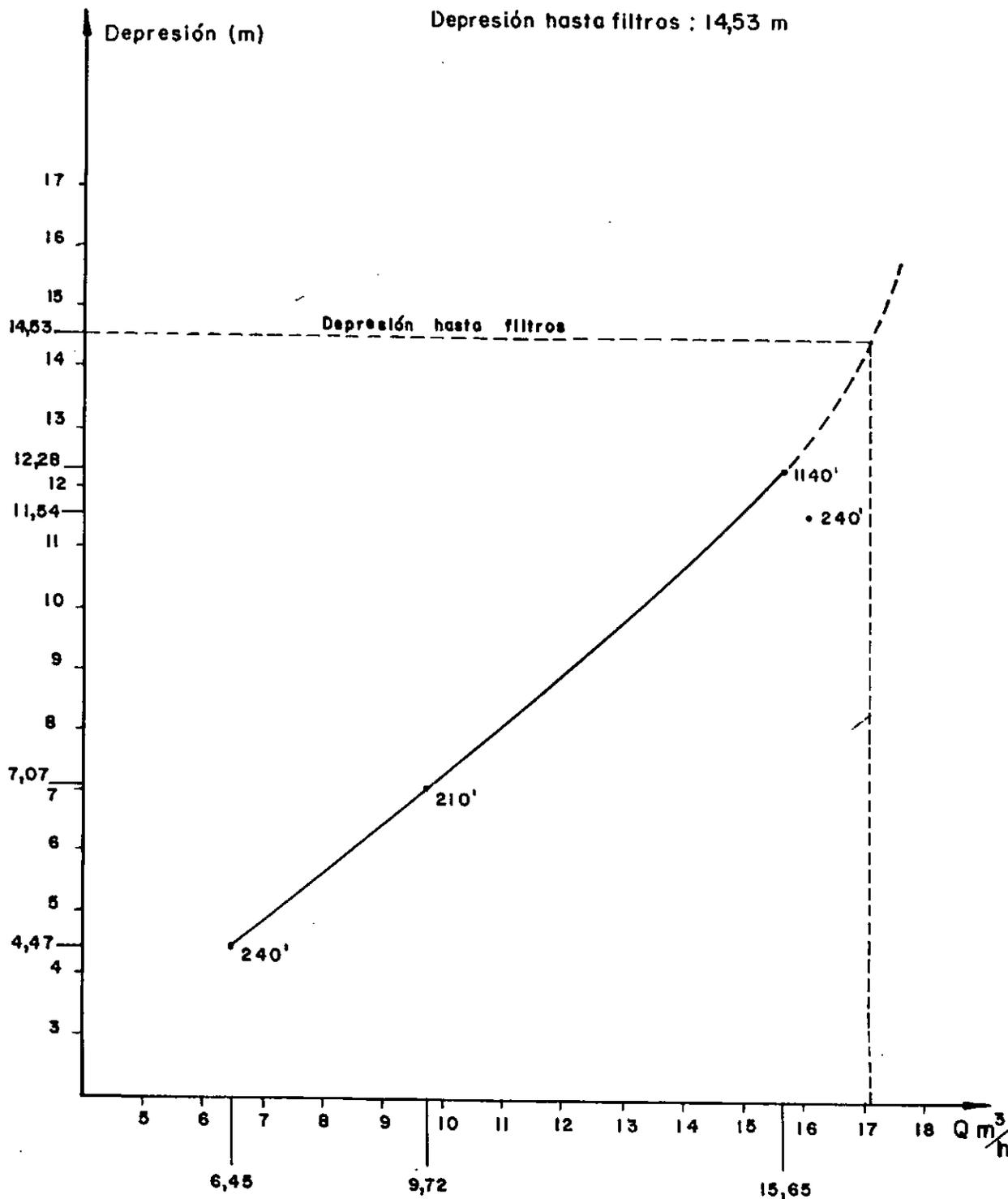


POZO DE BOMBEO N° 5

Ne: 8,47 m n. t.

Filtros: Desde los 23 m n. t.

Depresión hasta filtros : 14,53 m

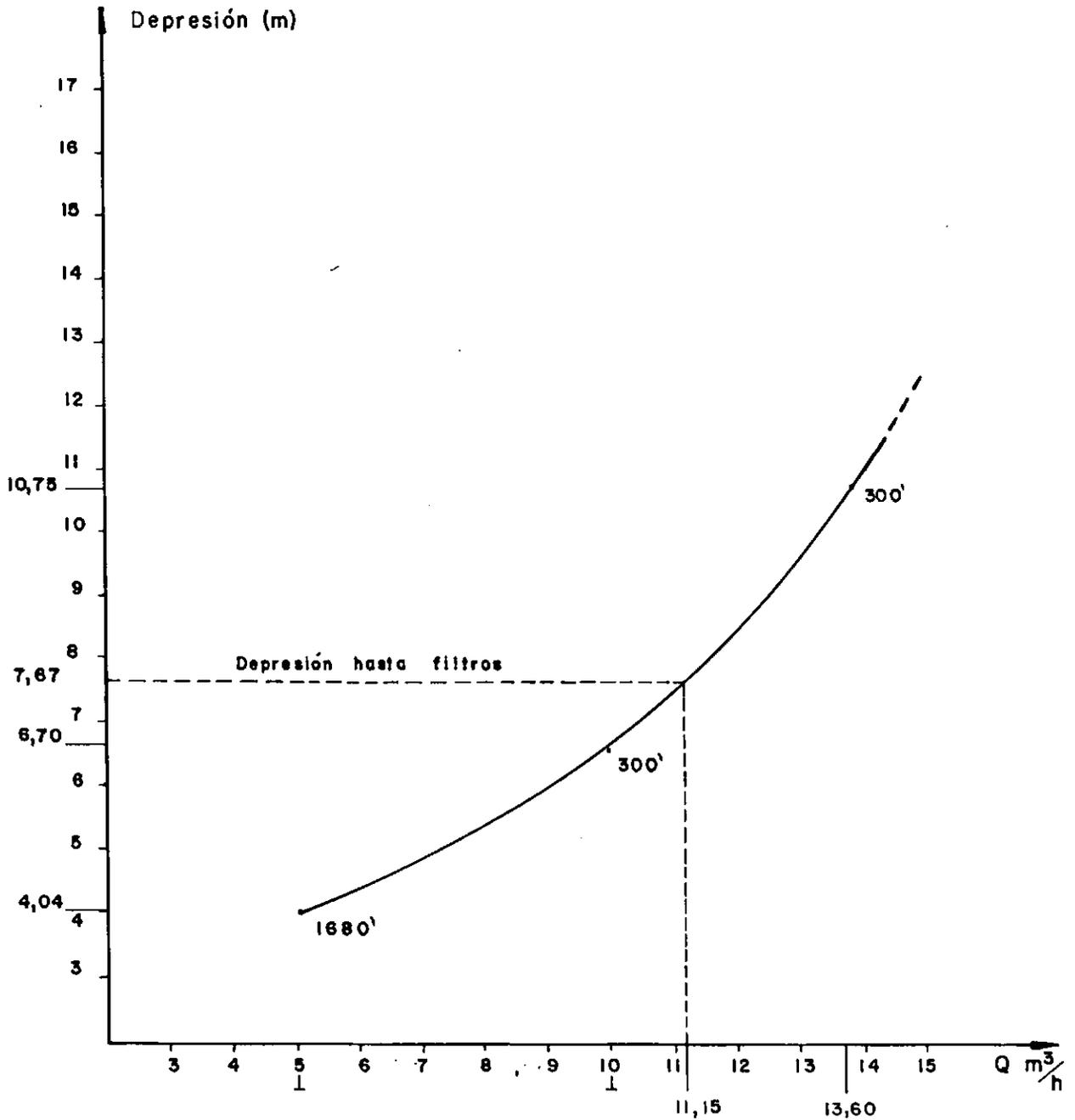


POZO DE BOMBEO Nº 6

Ne: 14,33 m n.t.

Filtros: Desde los 22 m n.t.

Depresión hasta filtros : 7,67 m

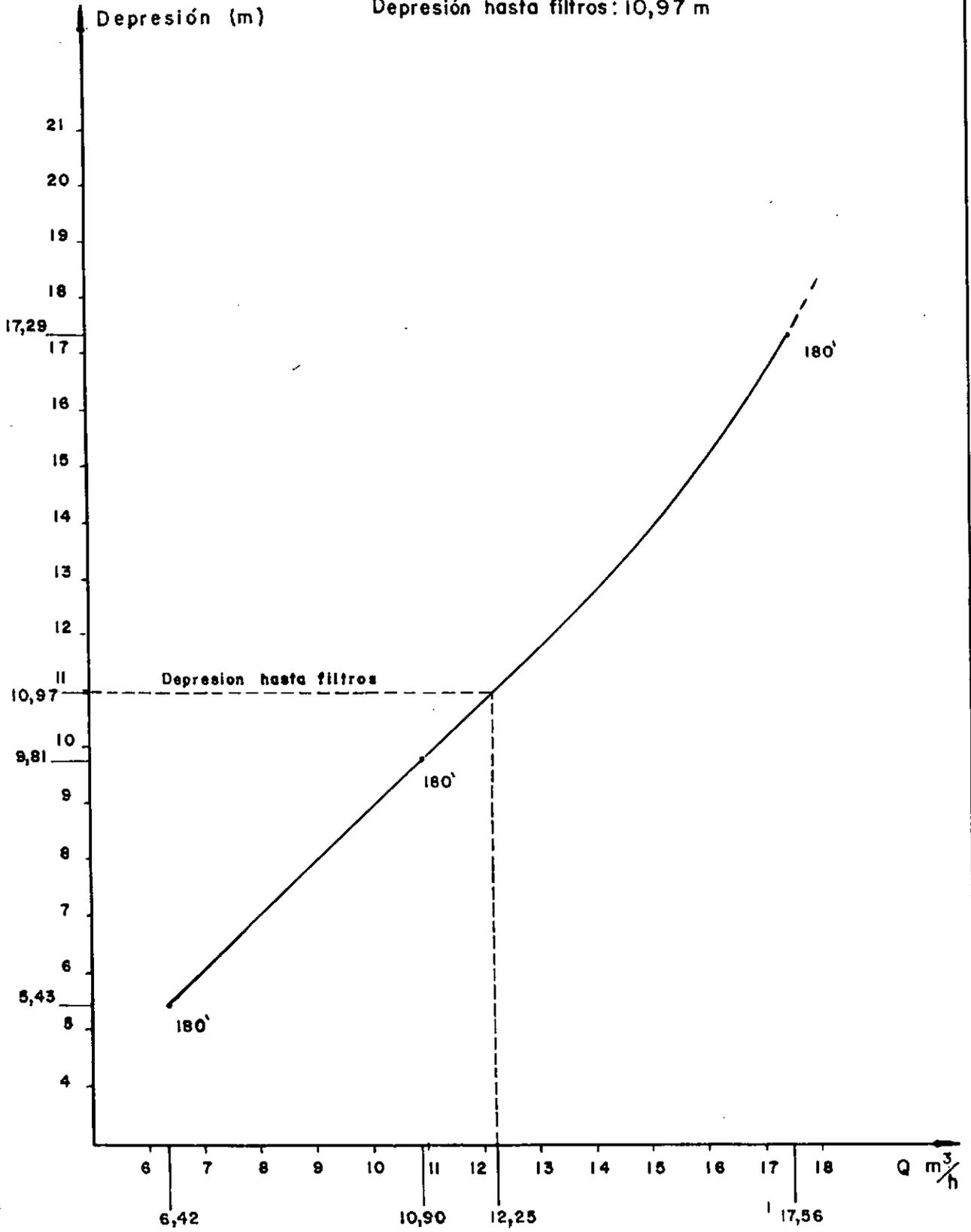


POZO DE BOMBEO Nº 7

Ne: 12,55 m n. t.

Filtros: Desde los 24 m n. t.

Depresión hasta filtros: 10,97 m

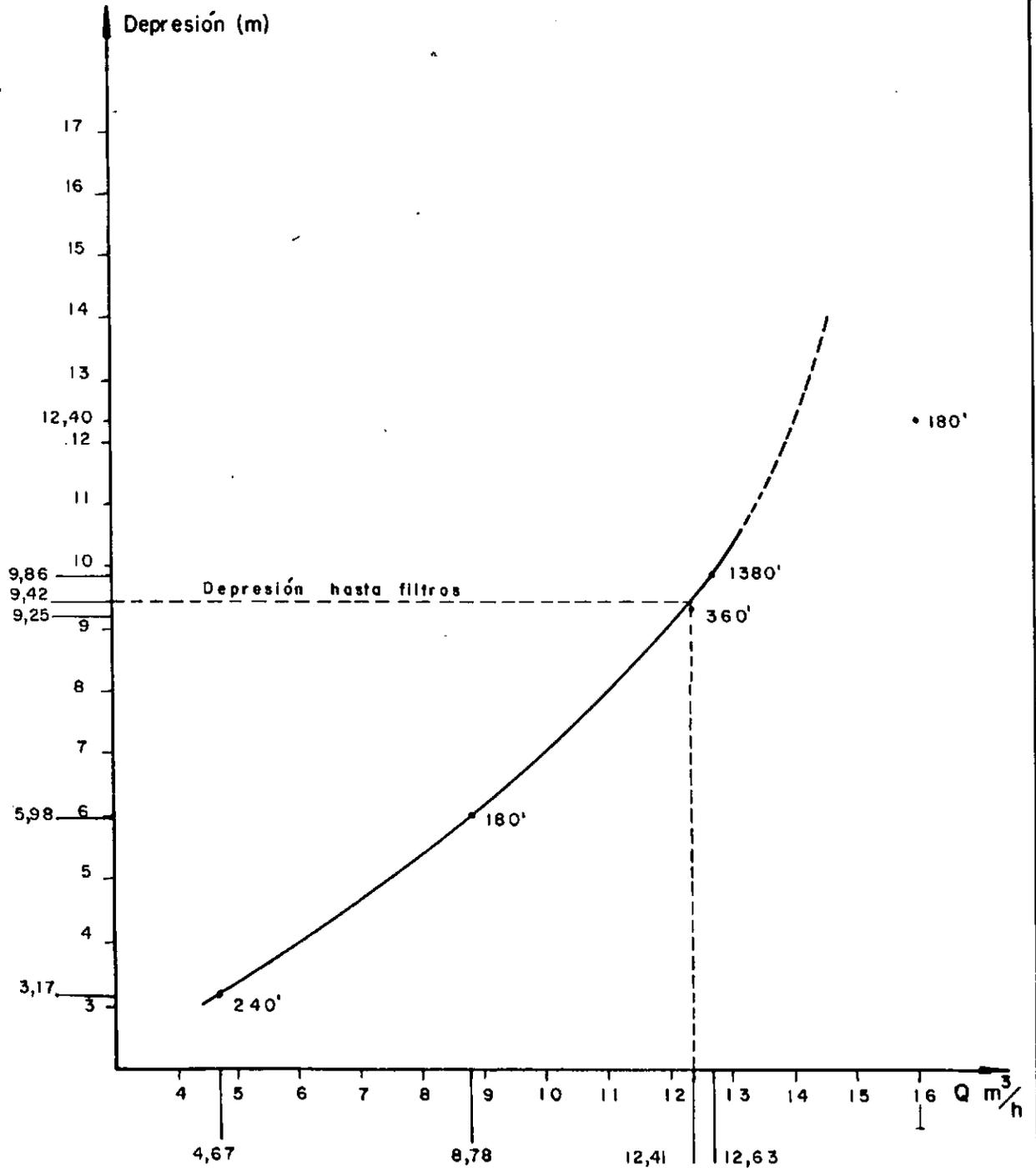


POZO DE BOMBEO Nº 8

Ne: 14,33 m n.t.

Filtros: Desde los 23,75 m n.t.

Depresión hasta filtros: 9,42 m

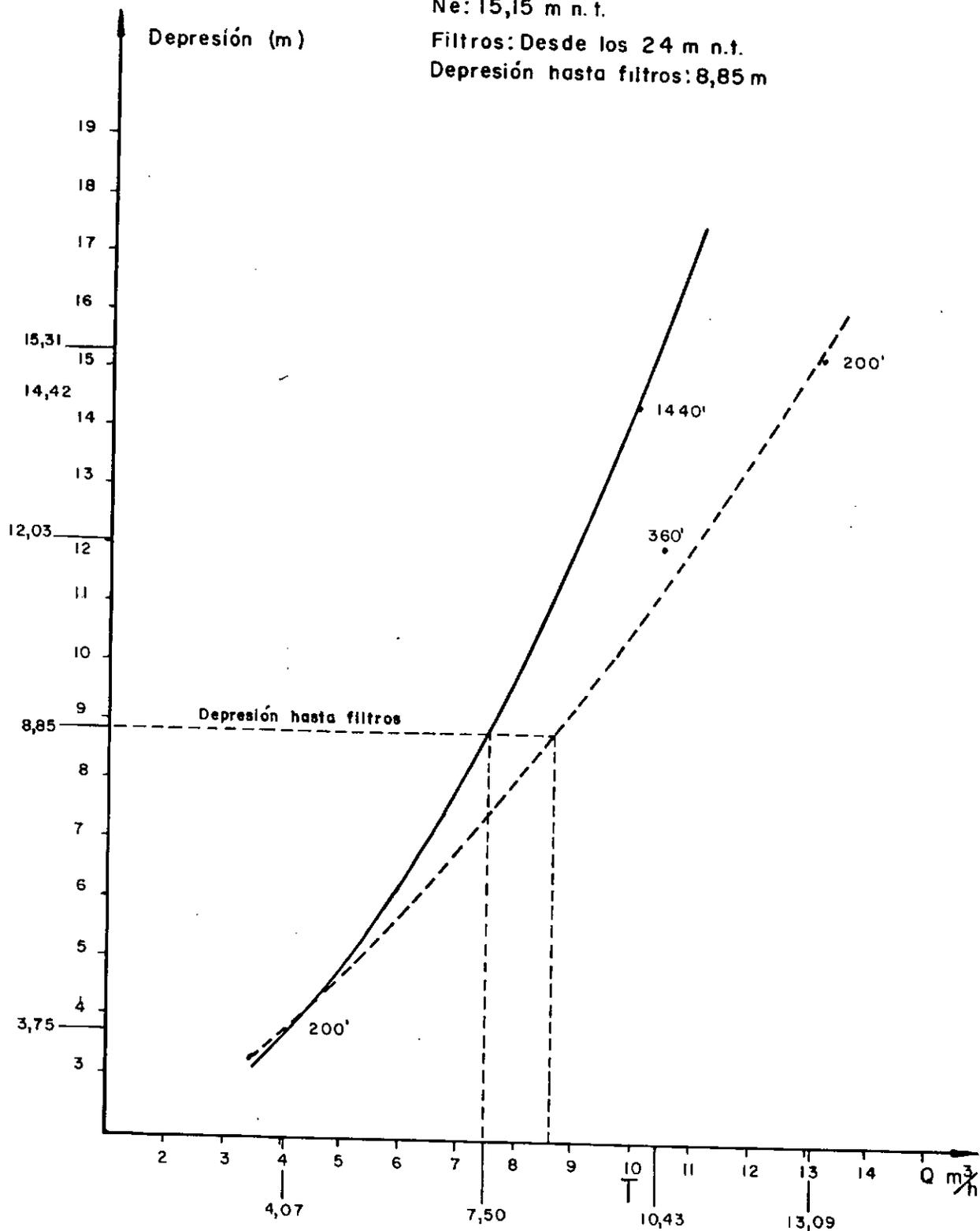


POZO DE BOMBEO Nº 9

Ne: 15,15 m n.t.

Filtros: Desde los 24 m n.t.

Depresión hasta filtros: 8,85 m

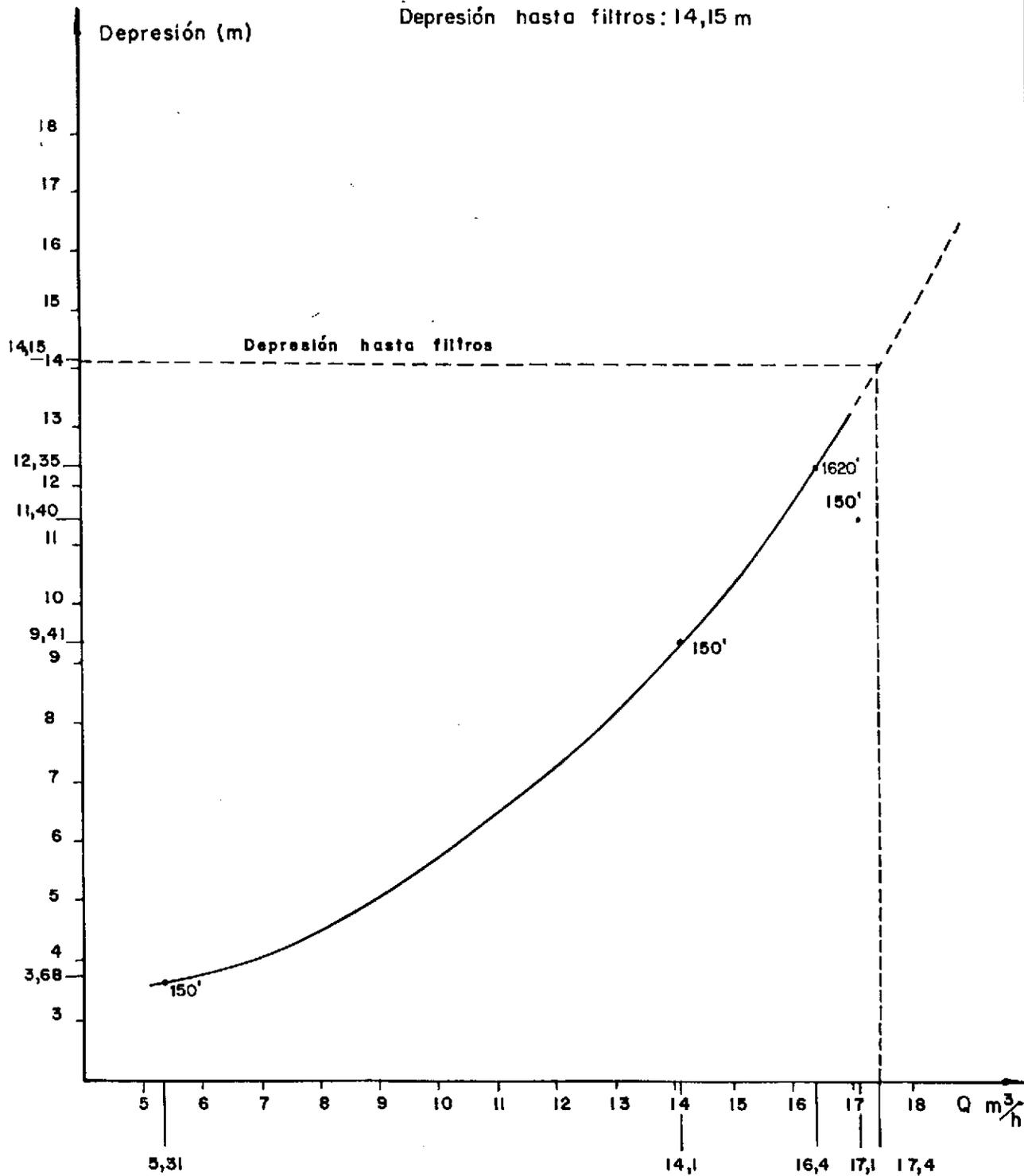


POZO DE BOMBEO N° 10

Ne: 7,84 m n. t.

Filtros: Desde los 23 m n. t.

Depresión hasta filtros: 14,15 m



13.2 Cuantificación de la demanda. Volúmenes ofertados.

Si bien se dispone de un volumen apreciable de agua para la provisión a San Julián, que además puede incrementarse en el futuro con la ampliación de las obras de captación, se impone asumir un esquema proteccionista de la fuente con un prudente ordenamiento del suministro y una adecuada diversificación de los usos.

Ordenar el suministro implica especialmente contar con una red de distribución eficiente, sin pérdidas, ejerciendo una permanente acción de control y educación sobre la utilización domiciliar del agua, evitando derroches y verificando el estado de conservación de las instalaciones domiciliarias.

La diversificación de los usos obligará a prioritar un volumen mínimo indispensable para consumo humano y además ordenar su utilización en la actividad pesquera y de la construcción aprovechando la disponibilidad de agua de inferior calidad.

A partir de los conceptos anteriores se definen las siguientes condiciones:

- a. Se fija en 18 horas diarias el tiempo máximo de bombeo para la Bateria Pampa de la Compañía, con lo cual se obtiene un volumen total producido de 2000 m³. Cuando el aumento de la demanda obligue a adoptar el citado tiempo de funcionamiento será indispensable planear la construcción de una segunda batería que evite el deterioro de la fuente por sobreexplotación.
- b. Para la estimación de la oferta se adoptará un volúmen promedio diario aportado por los manantiales de 1200 m³/día, que surge de balancear el máximo invernal (1400 m³/día) con el mínimo estival (1100 m³/día).
- c. Se incorpora a la oferta la producción del pozo de gran diá-

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

metro situado en el Camping Municipal, con un caudal de 240 m³/día (12 horas de bombeo diarias en coincidencia con las bajantes de marea).

- d. En función de las necesidades de disponibilidad de agua para uso humano, se establece una demanda de 350 litros por día habitante, que deriva en 2.100 m³/día al considerar una población total para San Julián de 6.000 personas. Tal consumo supera ampliamente los 220 l/d/hab. fijados por la Organización Mundial de la Salud al efecto.
- e. El consumo actual de las pesqueras se establece en 120 m³/día, agregándose 80m³/día para diversos usos con lo cual se totalizan 200 m³/día

Por lo tanto la composición de la oferta de agua apta para consumo (a + b) es de 3.200 m³/día con una demanda actual para uso humano de 2.100 m³/día (d), lo que ofrece un saldo de 1.100 m³/día disponibles para cubrir el futuro crecimiento demográfico o bien para atender programas inmediatos de desarrollo industrial. (parte de los cuales pueden satisfacerse con los volúmenes citados en c).

13.3 Alternativas de manejo propuestas

En función que el aporte de la Batería para las condiciones actuales debe ser de 900-1100 m³/día se proponen las siguientes alternativas de manejo:

A- OPERACION CONJUNTA

Funcionamiento de las 9 perforaciones en forma simultánea con 10 horas de bombeo y 14 horas de recuperación, resultando 1.160 m³/día según:

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Pozo n°	Volumen m3	Pozo n°	Volumen m3
1	90	7	120
3	190	8	120
4	100	9	70
5	170	10	200
6	100		



B- OPERACION ALTERNADA

Funcionamiento alternado de las perforaciones por grupos, ampliando el distanciamiento entre pozos en funcionamiento, -- con dos variantes que pueden aplicarse estacionalmente para la época de menor demanda (invierno) o bien para la de máxima producción (verano).

Se estima que esta propuesta es la más adecuada (aunque - de mayor complejidad operativa) por considerar que el funcionamiento alternado brinda mayor seguridad en cuanto a interferencia entre pozos.

B.1. De máxima: en dos grupos, con 12 horas de bombeo y 12 de recuperación, con una producción total de 1.392 m3/día.

Grupo 1;	Pozo n°	Volumen m3	
	1.	108	
	4	120	
	6	120	
	8	144	
	10	240	Subtotal: 732m3.
Grupo 2:	Pozo n°	Volumen m3	
	3	228	
	5	204	
	7	144	
	9	84	Subtotal: 660 m3.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

B.2. De mínima: en tres grupos, con 8 horas de bombeo y 16 de recuperación, obteniéndose 928 m³/día

Grupo 1:	Pozo n°	Volumen m ³
	7	96
	9	56
	10	160

Subtotal: 312 m³.

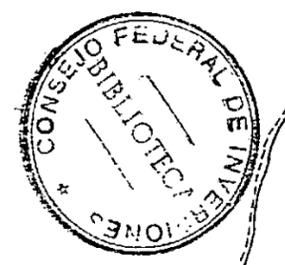
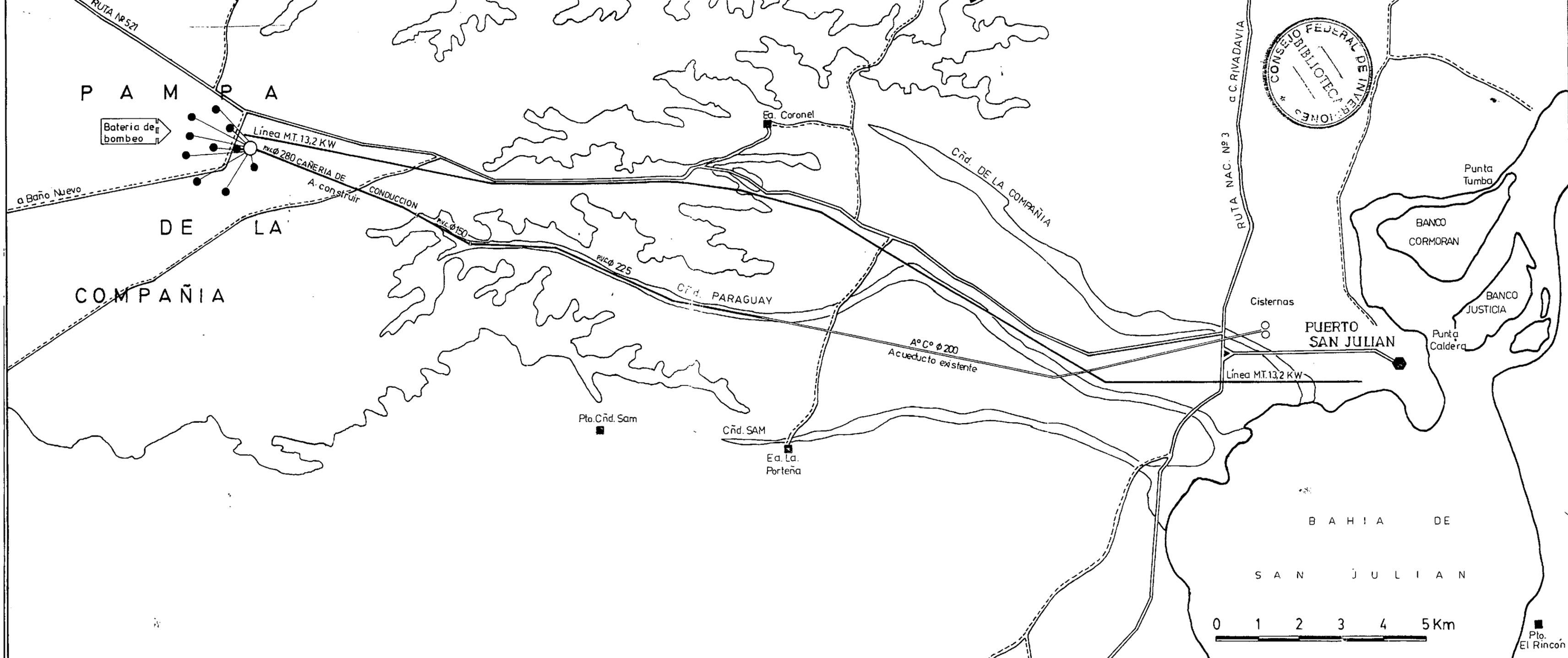
Grupo 2:	Pozo n°	Volumen m ³
	4	80
	5	136
	8	96

Subtotal: 312 m³.

Grupo 3:	Pozo n°	Volumen m ³
	1	72
	3	152
	6	80

Subtotal: 304 m³.

Finalmente debe destacarse que la explotación continuada de todos los pozos durante las 24 horas del día en largos períodos, conducirá irremediablemente al deterioro de la fuente con evidente disminución de los caudales individuales de los pozos, creciente salinización del agua bombeada y propagación del área deprimida que afectará el rendimiento de los manantiales productivos situados en los cañadones de la Compañía, Sam y Paraguay.



RELEVO	FECHA	NOMBRE	SERVICIOS PUBLICOS SOCIEDAD DEL ESTADO PROVINCIA DE SANTA CRUZ	GERENCIA DE:
PROYECTO	30/06/88	LIC. J.L. DIAZ		SUB-GERENCIA DE:
DIBUJO	30/06/88	JR. INFANTE		Est. y Proyectos
REVISO				SECTOR
APROBO				Rec. Hídricos
OBRA: PROVISION AGUA POTABLE A PTO. SAN JULIAN LOCALIDAD: PTO. SAN JULIAN ESPECIFICACIONES:			LAUREN	