



**AUTORIDADES DE LA PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO,  
ANTARTIDA E ISLAS DE ATLANTICO SUR**

**GOBERNADOR**

*Dn. José Arturo Estabillo*

**MINISTRO DE ECONOMIA**

*Dn. Ruggero Preto*

**DIRECTOR GENERAL DE RECURSOS NATURALES**

*Ing. Agr. Alfredo Mosse*

**AUTORIDADES DEL CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

**SECRETARIO GENERAL**

*Ing. Juan José Ciacera*

**DIRECCION DE COOPERACION TECNICA**

*Ing. Susana B. de Blundi*

**AREA DE INFRAESTRUCTURA HIDRICA**

*Ing. Agr. Horacio Diez*

En tapa: *Remate de la América Meridional, tomado de la obra Monumenta Chartographica Indiana, editado por la Sección de Relaciones Culturales del Ministerio de Asuntos Externos, 1942, Madrid, España.*

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**  
**PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO,**  
**ANTARTIDA E ISLAS DEL ATLANTICO SUR**

**RELEVAMIENTO Y PRIORITACION DE AREAS CON POSIBILIDADES  
DE RIEGO EN EL DEPARTAMENTO DE RIO GRANDE**

***INDICE GENERAL Y AUTORES***

**ESTUDIOS A ESCALA REGIONAL**

- Volumen 1 **ESTUDIO DEL CLIMA PARA FINES AGROPECUARIOS.**  
*Graciela O. Castro*
- Volumen 2 **HACIA LA CARACTERIZACION DEL RECURSO HIDRICO EN EL  
DEPARTAMENTO RIO GRANDE.**  
*César J. Litwin*
- Volumen 3 **SUELOS Y APTITUD PARA EL RIEGO DE PASTURAS DEL VALLE  
DEL RIO FUEGO.**  
*José A. Ferrer y Gerardo R. Ourracariet*
- Volumen 4 **SUELOS Y APTITUD PARA EL RIEGO DE PASTURAS DEL VALLE  
DEL RIO EWAN.**  
*José A. Ferrer y Gerardo R. Ourracariet*
- Volumen 5 **SUELOS Y APTITUD PARA EL RIEGO DEL VALLE DEL RIO  
CANDELARIA.**  
*Gerardo R. Ourracariet*
- Volumen 6 **SUELOS DEL VALLE DEL RIO PIPO, DEL AREA CERCANA A  
TOLHUIN Y DEL VALLE DE ANDORRA.**  
*Gerardo R. Ourracariet y José A. Ferrer*



## ESTUDIOS A ESCALA PREDIAL

Volumen 7 **RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Volumen 8 **SUELOS Y VEGETACION.**

*José A. Ferrer, Gerardo Ourracariet y Pablo Borrelli*

Volumen 9 **TOPOGRAFIA.**

*Walter Kessler, Carlos Capelli, Eduardo Tévez*

Volumen 10 **OBRAS DE RIEGO ESTANCIAS VIOLETA Y SARA**

*Carlos Cappelli, Eduardo Tévez*

### **COORDINACION GENERAL DE LOS ESTUDIOS**

*José A. Ferrer (Consejo Federal de Inversiones)*

*Rubén Cerezani (Provincia de Tierra del Fuego)*

**CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

**PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO,  
ANTARTIDA E ISLAS DEL ATLANTICO SUR**

**RELEVAMIENTO Y PRIORITACION DE  
AREAS CON POSIBILIDADES DE RIEGO EN  
EL DEPARTAMENTO DE RIO GRANDE**

*ESTUDIOS A ESCALA REGIONAL*

*Volumen 2*

**HACIA LA CARACTERIZACION DEL  
RECURSO HIDRICO SUPERFICIAL EN  
EL DEPARTAMENTO RIO GRANDE**

Autor:

*Ing. Agr. César J. Litwin*

Computación:

*Aux. Téc. Enrique Pablo Centeno*

Buenos Aires, Octubre de 1994

RELEVAMIENTO Y PRIORITACION DE AREAS BAJO RIEGO EN LA ISLA  
GRANDE DE TIERRA DEL FUEGO.

HACIA LA CARACTERIZACION DEL RECURSO HIDRICO SUPERFICIAL EN  
EL DEPARTAMENTO RIO GRANDE.

I N D I C E

1. INTRODUCCION .....	1
2. ANTECEDENTES DISPONIBLES .....	3
3. LA MEDICION DE CAUDALES .....	5
4. TAREAS REALIZADAS .....	6
5. RESUMEN DE RESULTADOS .....	12
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	28
6.1 Vinculado al estudio de priori- tación de áreas de riego .....	28
6.2 Vinculado al conocimiento del recurso .....	29

ANEXO. Planillas de los aforos realizados por  
el Consejo Federal de Inversiones.

## 1. INTRODUCCION.

Este trabajo forma parte de un grupo de estudios nucleados bajo el título *Relevamiento y priorización de áreas bajo riego en la Isla Grande de Tierra Del Fuego* y complementa al tomo cuyo subtítulo es *Caudales de riego garantizables en el Distrito Río Grande* (CFI, 1993).

Aunque algunos temas están reiterados, aquí se añade lo atinente a nuevas tareas; además el enfoque de las recomendaciones (numeral 6) es de mayor profundidad. Ello no obstante, algunos párrafos están reiterados y la estructura general de ambos informes es similar.

La Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur solicitó al Consejo Federal de Inversiones en el año 1986 un estudio de identificación de áreas con aptitud potencial para riego en el Departamento Río Grande, que se inició durante 1987. Enseguida se hizo evidente que el conocimiento sobre la importancia del recurso hídrico superficial era tan pobre como para que fuera incierta la magnitud de agua disponible para regar, no obstante que de algunos antecedentes bibliográficos era posible inferir cifras orientadoras. Sumadas al buen criterio empírico de los profesionales de las Direcciones de Hidráulica y Recursos Naturales de la Provincia, derivado de su experiencia en la zona, se tuvo una primera visión muy general sobre dotaciones y superficies hipotéticamente regables en las áreas piloto (ver más adelante).

Para cuantificar los volúmenes de agua disponibles se comenzó a medir en setiembre de 1991, tratando de cumplir con una doble finalidad: por un lado atender el problema puntual del estudio en marcha; por otro, colaborar con la Provincia en una operatoria sistemática tal que con el correr de los años se fuera formando el conjunto mínimo y necesario de datos para definir la dimensión del flujo superficial y su caracterización durante los estiajes de primavera y verano (épocas de riego) en la porción de la isla que queda al Norte del Lago Fagnano.

El informe *Caudales de riego garantizables en el Distrito Río Grande* arriba mencionado se ocupó de responder al primero de los objetivos e inició las actuaciones de mayor aliento dirigidas a identificar plenamente la magnitud del recurso hídrico en superficie.

La segunda de las metas es para dar apoyo a probables esquemas planificadores del aprovechamiento o de optimización del uso del recurso que se esboćen en el futuro, tal vez luego de una o dos generaciones; como la acción de coyuntura poseía el mismo rumbo que la aspiración de largo plazo, se pudo comenzar a medir sabiendo que la experiencia y los datos que surgieran serían de provecho ulterior, afuera del marco de lo específicamente vinculado al estudio de suelos.



## 2. ANTECEDENTES DISPONIBLES.

La Dirección Provincial de Hidráulica cuenta con un banco regional de datos hidrometeorológicos donde se mencionan aforos en la zona; buena parte de ellos está referenciado en el informe del Centro Austral De Investigaciones Científicas, dependiente del CONICET, *Hidrología y variables climáticas de Tierra del Fuego. Información básica* (Grupo de Hidrología, Contribución Científica N° 7, Ushuaia, febrero de 1989), que señala que tales aforos fueron realizados fundamentalmente durante el *Estudio Hidrológico, Hidrogeológico Y De Calidad De Aguas De La Cuenca Del Río Grande (Tierra Del Fuego)* editado por el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas en mayo de 1983 (Hugo O. Bitesnik y numerosos colaboradores). Más antigua, la *Evaluación de los Recursos Naturales de la Argentina, tomo IV, Recursos Hidráulicos Superficiales* (Guillermo Mazza, dirigido por Guillermo J. Cano, edición del Consejo Federal de Inversiones, Buenos Aires, 1962), contiene útiles referencias preliminares.

Se consultaron también los siguientes informes: *Relevamiento y Evaluación de los Recursos Hídricos del Territorio, Informe de Avance N° 1*, por Carlos Bustos y Roberto Sottini, Direcciones de Hidráulica y de Recursos Naturales, Ushuaia, 1988; *Evaluación General de los Recursos Hídricos de Tierra del Fuego*, por Rodolfo J. Iturraspe y Carlos E. Schroeder, CADIC, 1985, que puede ser considerado como incluido en la obra citada en primer término. Por último, algunos manuscritos que no parecen haber sido editados.

La información topográfica disponible es discontinua, no del todo actualizada e incompleta. Se utilizaron las cartas Río Grande y Ushuaia a escala 1:500.000 del Instituto Geográfico Militar, parcialmente puestas al día en 1989 pero sin curvas de nivel. Del mismo origen y también denominada Río Grande es la mejor de las cartas utilizadas, a escala 1/250.000, con líneas de nivel de equidistancia de 25 y 50 metros (hoja 5369-IV y 5366-III), compilada en 1981; esta carta no posee toda la cuenca imbrífera del río Chico pero sí su mayor parte. El faltante, en territorio chileno, fue trazado en forma aproximada tomando algunos puntos de la carta planimétrica del I.G.M. a escala

1/500.000 y de la carta Isla Grande De Tierra Del Fuego a escala 1/500.000, edición de Zaguier y Urruty Publicaciones, que tiene algunas diferencias con la cartografía oficial. Del I.G.M. también se encuentran tres cartas levantadas en la década del 40 a escala 1/100.000 que toman parcialmente el área analizada (Río Grande, Río Grande Oeste y Río Chico, hojas 5369-36, 5369-35 y 5369-29) con equidistancia de 10 metros. Por último, en el marco de los estudios edafológicos el CFI ha realizado un un plano base de la Provincia, a escala 1/250.000, que también se consultó. No se usaron cartas aeronáuticas y no hay cartografía chilena que añada información útil.

De lo dicho en el último párrafo deriva una fuerte limitación sobre la que se habla en el numeral 6.1. Se trata de no estar levantada la altimetría al Oeste del meridiano  $69^{\circ}$  (borde de la carta Río Grande del I.G.M.) en Chile, donde se encuentran las cabeceras de las cuencas de los ríos Chico y Grande; tampoco allende el Sur del paralelo  $54^{\circ}$ .

### 3. LA MEDICION DE CAUDALES.

Lo habitual es determinar los caudales fluviales en forma artesanal, mediante una hélice rotora o molinete hidrométrico más propio de la época de la revolución industrial que la de la explosión informática de nuestros días (no obstante que los contadores asociados al molinete se proveen actualmente con componentes electrónicos). Hace pocos años aparecieron unos medidores que registran el paso de electrones en un medio conductor por efecto Faraday, donde la intensidad de corriente electromagnética es proporcional a la velocidad del flujo de agua; la campaña de aforos 1993-94 se realizó precisamente con un instrumento de estas características, que ahorró tiempo operativo al no requerir desarmado y lubricación posterior a cada inmersión en el agua.

Una técnica aún más reciente es aforar la velocidad de la vena líquida por efecto Doppler, complementando la medición con una batimetría (se opera desde una embarcación). Al concluir el viaje desde una orilla a la otra se dispone de la cifra de caudal. Lamentablemente estos instrumentos son muy costosos, se han empleado sólo en ríos de magnitud mucho mayor a los que aquí se tratan y no se conocen ensayos en el país (hay experiencia en Estados Unidos de Norte América y Bangla Desh, en este último caso, con soporte financiero externo).

Con los instrumentos convencionales se miden secciones y velocidades de corriente en puntos preseleccionados del río, siguiendo una estrategia técnica convencional que no vale la pena discutir en este texto; los tratados sobre hidrometría contienen los procedimientos y cuidados necesarios para resolver la ecuación que brinda el caudal  $Q$  en cada sección transversal de área  $A$  del río que se afora

$$Q = \int_A \int v \cdot dA$$

El informe sobre caudales garantizables que precede a éste contiene un capítulo que narra las dificultades e inconvenientes que se presentaron en el campo, como así también los vicios detectados.

#### 4. TAREAS REALIZADAS.

Se buscó materializar las mediciones respetando los sitios ya seleccionados; salvo en dos oportunidades (ríos Chico y Ewan) se habrían elegido las mismas secciones de aforo que las ubicadas por los profesionales del I.N.C. y T.H. Ello se debe a que el criterio para escoger el lugar de medición es relativamente objetivo y a que no parece haber alternativas en vista de las características de cada curso de agua, porque en general no se encuentran tramos rectos sin obstrucciones al escurrimiento. En el río Ewan Sur es casi seguro que hoy la sección en la ruta 3 esté muy alterada respecto de la situación de años atrás.

En concreto, se realizaron estos trabajos: 1) traslado de la sección del río Chico desde su anterior emplazamiento al de un puente en Estancia Sara, ya que en el anterior se producían crecidas del pelo de agua por efecto de la marea oceánica (no se encontró ninguna referencia a que los aforos se hayan practicado durante las horas de bajamar); 2) preparación para todas las secciones menos la del río Grande de una maroma metálica de quita y pon marcada a puntos predeterminados e hincado en las márgenes de los correspondientes amarres, pintados con colores muy vivos. La intención era mejorar las mediciones de distancia horizontal y tratar que en lo sucesivo los aforos se realizaran siempre en las mismas verticales; para esta tarea se utilizaron más de 200 metros de cable de acero, marcando cada metro con chapas de cobre y 14 perfiles de hierro de 1,30 metros de longitud; 3) nivelación de los ceros de todas las escalas; 4) instalación en la sección María Behety del río Grande de una maroma fija de cable de acero de 120 metros de longitud señalado cada cinco metros, también con chapas de bronce; para su colocación y tensado se colocó un caño de hierro empotrado en una base de cemento en cada margen; 5) al comienzo de la campaña 1992-93 se instaló un limnógrafo a cuerda y flotador en la sección de aforos del río Chico (el instrumento es propiedad de la Provincia) pero su funcionamiento tuvo tantas fallas que fue retirado; 6) traslado de la sección del río Ewan hacia aguas arriba, en las proximidades de una cantera sobre la ruta nacional N° 3; 7) al final de la última campaña, se instaló

una maroma fija en la sección del río Menéndez y otra en la del Rasmussen, que harán más simples las operaciones futuras en esos sitios; 8) adquisición de tres limnigrafos digitales con sensor de presión, para ser instalados en las secciones de los ríos Chico, Grande y Rasmussen antes de la próxima campaña; 9) para resolver la planilla de campo se preparó un programa de computadora, escrito en lenguaje Fortran IV. Si bien se trabajó con una equipo Data General, posteriormente se elaboró una versión del programa para ser corrido en computadoras personales, cuyos textos ejecutable (AFOROS.EXE) y fuente (AFOROS.FOR) se acompañaron en un diskette incluido en el informe sobre caudales garantizables citado en el numeral 1 (también se grabó un texto (LEAME.PRI) que explica las sencillas normas de manejo del archivo de datos, utilizando como ejemplo el primer aforo que se realizó en la nueva sección del Río Chico).

Todos los aforos fueron realizados por el Sr. Rubén Ituarte, cuya permanente disposición a colaborar y resolver los múltiples problemas e imprevistos de terreno permitió concretar la campaña sin mayores contratiempos.

En pocas ocasiones el Sr. Ituarte trabajó enteramente sólo; en general fue supervisado por personal del C. F. I. En una oportunidad la comisión quedó integrada con un funcionario de la Dirección de Recursos Renovables de la Provincia.

El río Chico fue aforado en dieciseis oportunidades en el puente de la Estancia Sara; la sección está aguas arriba del puente, entre dos curvas (no se encontró mejor sitio). Poco aguas arriba hay una bomba de la Empresa Cruz del Sur, que extrae 30 m<sup>3</sup>/h para recuperación secundaria en pozos petrolíferos (información obtenida en el Campamento Los Chorrillos de dicha Empresa).

La superficie de aporte es de 1.178 Km<sup>2</sup>. Para su cálculo se completó la región de aporte en territorio chileno en base al mapa de Zaguier y Urruti; el resultado, reducido, se presenta en el mapa 4.1.



El Río Grande fue aforado doce veces en la Estancia María Behety; durante algunos de esos aforos se hizo medición en puntos múltiples de la vertical para comenzar a estudiar las parábolas de velocidad. El día 24 de febrero de 1992 fue posible aforarlo a vadeo -normalmente es muy inseguro hacerlo- en virtud de un estiaje muy agudo que afortunadamente quedó registrado (se señala que el INCyTH había detectado diez años atrás caudales muy similares a los de esa fecha). En cada inicio de campaña fue necesario reponer la escala y nivelar el nuevo cero, ya que al comienzo del deshielo dicha escala es normalmente arrastrada.

La superficie aportante es de 7.021 Km<sup>2</sup> según G. Mazza (citado en 2).

Pese a sucesivos intentos, fue imposible entrar al río con maquinaria apta para instalar la tubería de un limnógrafo a flotador en la sección de la Estancia María Behety; fuera ésto por no disponer de una retroexcavadora en el momento del estiaje, por llover en forma inoportuna u otras causas de similar entidad vinculadas a aspectos prácticos, lo cierto es que se desistió de hacer este tipo de construcción (que por otra parte ya no será necesaria si finalmente se termina instalando un registrador con sensor de presión hidrostática).

El río Candelaria fue aforado en diecisiete oportunidades en el puente de la ruta que se dirige hacia el límite con Chile.

El río Menéndez o de la Turba fue aforado dieciseis veces en el puente sobre la ruta que se dirige a Chile; igual número de veces el río Rasmussen en la Estancia San José; el río Fuego también fue aforado dieciseis veces en el puente Rebeca en una sección con muchas curvas para la que no se encontró mejor alternativa.

El río Mc. Lennan fue aforado en quince oportunidades en el puente de la ruta (B) a Chile; en febrero y marzo de 1993 estaba tan bajo que no se lo pudo aforar porque el cuerpo de la hélice quedaba fuera del agua.

Al río Ewan se le practicó un primer aforo en la ruta tres y luego otras quince veces en el sitio denominado Cantera (ver croquis de la página 30) donde la sección presenta mejores condiciones hidráulicas.

Como parte de las tareas de campaña se nivelaron los cerros de cada esca-  
la, que se presentan en la Tabla 4.1; en el río Grande esta medición se debió  
reiterar todos los años porque el río arrastró la regla hidrométrica en cada  
deshielo.

El nivel empleado en 1991 en los ríos Candelaria y Rassmusen mostró du-  
rante una revisión rutinaria (posterior a su uso para este trabajo) fallas me-  
nores de funcionamiento, por lo que se recomienda tener en cuenta los resulta-  
dos posteriores (igualmente se trata de valores muy próximos).



Tabla 4.1. Ceros de las escalas en las estaciones de aforo y fechas de cada nivelación.

Río/arroyo	Fecha de nivelación	Cero de la escala	Punto Fijo
Chico	7-12-92	-4,74	borde superior caño de hierro con marca de pintura roja
Grande	8-11-91	-2,37	mojón de hormigón con tetón de hierro
	8-12-92	-1,93	
	8-3-93	-1,93	
	30-11-93	-2,03	
Candelaria	7-11-91	-4,53	mojón de hormigón con tetón de hierro
	8-12-92	-4,57	
Rassmusen	7-11-91	-1,74	mojón de hormigón con tetón de hierro
	9-12-92	-1,71	
Menéndez	9-12-92	-2,72	hierro empotrado en hormigón del puente (pintado de rojo)
Mc. Lennan	9-12-92	-2,46	bulón sobre ala del puente viejo (pintado de rojo)
Fuego	9-12-92	-0,91	esquinero del muro de hormigón (aguas abajo, margen derecha)
Ewan Sur	10-12-91	-2,76	clavo pintado en un poste en margen derecha
		-1,80	estaca margen izquierda
	8-10-93	-1,78	

## 5. RESUMEN DE RESULTADOS.

Tabla 5.1. Alturas y caudales aforados en el río Chico en Estancia Sara.

aforo n°	fecha	altura m	caudal m <sup>3</sup> /s	observaciones
1	5-11-91	2,57	3,6	altura dudosa; descartado
2	5-12-91	2,30	7,0	
3	6- 1-92	2,15	4,3	
4	17- 2-92	2,09	2,8	
5	23- 3-92	2,23	6,4	
6	29- 9-92	2,36	9,4	aforo en seis puntos
6	29- 9-92	2,36	9,4	aforo en cinco puntos
6	29- 9-92	2,36	9,6	aforo en tres puntos
6	29- 9-92	2,36	9,5	aforo en dos puntos
6	29- 9-92	2,36	9,8	aforo en un punto
7	16-11-92	2,13	4,7	
8	10-12-92	2,09	3,1	
9	15- 1-93	2,00	2,9	aforo dudoso; descartado
10	22- 2-93	2,00	2,1	
11	7- 3-93	2,05	2,3	
12	5-10-93	2,12	4,4	con molinete hidrométrico
12	5-10-93	2,12	4,1	con velocímetro electrónico
13	8-11-93	2,05	2,8	
14	13-12-93	2,02	2,6	
15	17- 1-94	2,00	2,1	
16	14- 3-94	2,00	2,1	

Tabla 5.2. Alturas y caudales aforados en el río Ewan Sur.

aforo n°	fecha	altura m	caudal m <sup>3</sup> /s	observaciones	
1	6-11-91	0,50	2,7	sección en ruta N° 3 este y los restantes aforos se realizaron en la sección denominada Cantera	
2	10-12-91	0,61	2,0		
3	7- 1-92	0,58	1,6		
4	18- 2-92	0,51	0,8		
5	24- 3-92	0,72	3,5		
6	1-10-92	0,77	5,6		
7	18-11-92	0,58	2,4		
8	18- 1-93	0,54	1,5		
9	24- 2-93	0,50	1,1		
10	8- 3-93	0,50	1,1		
11	8-10-93	0,67	3,4		
11	8-10-93	0,67	3,3		aforo reiterado
12	9-11-93	0,52	1,3		
13	15-12-93	0,47	0,9		
14	17- 1-94	0,45	0,7		
15	17- 2-94	0,45	0,7		
16	16- 3-94	0,45	0,7		

Tabla 5.3. Alturas y caudales aforados en el río Grande en Estación María Behety.

afo- ro n°	fecha	----- alturas (m) -----			caudal m3/s	observaciones
		escala	pto. fijo	ficticia		
1	9-12-91	0,97	-2,40	1,60	59,6	
2	9- 1-92	0,91	-2,46	1,54	51,7	
3	24- 2-92	-0,02	-3,39	0,61	16,2	altura defectuosa
4	24- 3-92	0,84	-2,53	1,47	42,0	
5	8-12-92	0,56	-2,37	1,63	53,7	af. en 6 puntos
5	8-12-92	0,56	-2,37	1,63	53,8	af. en 5 puntos
5	8-12-92	0,56	-2,37	1,63	55,0	af. en 3 puntos
5	8-12-92	0,56	-2,37	1,63	54,7	af. en 2 puntos
5	8-12-92	0,56	-2,37	1,63	55,6	af. en un punto
6	19- 1-93	0,23	-2,70	1,30	25,1	
7	23- 2-93	0,29	-2,64	1,36	25,9	
7	8- 3-93	0,22	-2,71	1,29	21,5	
8	30-11-93	0,44	-2,59	1,41	29,9	
9	15-12-93	0,38	-2,65	1,35	26,3	
10	18- 1-94	0,19	-2,84	1,16	12,7	
11	17- 2-94	0,17	-2,86	1,14	13,8	
12	16- 3-94	0,20	-2,83	1,17	14,6	
	24- 4-80				18,5	Los aforos de la
	14- 2-81	0,60		1,18	19,9	década de 1980
	9- 4-81	0,83		1,41	34,7	son del
	4- 5-81	1,34		1,92	102,5	I.N.C. y T.H.
	7- 5-81	1,05		1,63	59,2	
	29- 5-81	1,14		1,72	71,2	sección helada
	11- 6-81	1,33		1,91	62,2	descartado
	23- 3-81	1,02		1,60	50,1	
	10- 7-81	1,35		2,93	89,8	sección helada
	8- 9-81	1,45		2,03	118,7	
	21-10-81	1,64		2,22	153,9	
	17-11-81	1,26		1,84	93,5	
	24-11-81	1,14		1,72	74,6	
	3-12-81	0,97		1,55	54,7	
	10-12-81	0,96		1,54	51,7	
	10- 2-82	0,66		1,24	26,9	

Tabla 5.4. Alturas y caudales aforados en el río Candelaria en el puente de la ruta a Chile.

aforo n°	fecha	altura m	caudal m <sup>3</sup> /s	observaciones	
1	7-11-91	0,56	0,4	distancia horizontal con cuerda	
2	6-12-91	0,73	1,3		
3	11- 1-92	0,63	0,6		
4	19- 2-92	0,56	0,3		
5	26- 3-92	0,80	1,5		
6	1-10-92	0,81	1,6		
7	18-11-92	0,69	0,8		
8	8-12-92	0,65	0,6		
9	16- 1-93	0,68	0,5		pilas en mal estado; descartado
10	23- 2-93	0,64	0,3		
11	18- 3-93	0,63	0,4		
12	5-10-93	0,66	0,8		aforo con molinete hidrométrico
12	5-10-93	0,66	0,9		aforo con velocímetro electrónico
13	11-11-93	0,59	0,4		
14	14-12-93	0,58	0,4		
15	15- 1-94	0,56	0,3		
16	16- 2-94	0,75	0,2		aforo descartado
17	15- 3-94	0,55	0,2		
	4- 4-80		0,6	este aforo y los siguientes fueron realizados por el I. N. C. y T. H.	
	8- 8-80		0,6		
	6-11-80	0,78	1,9		
	12- 2-81	0,54	1,0		
	12- 5-81	0,56	0,6		
	3- 8-81	0,88	1,7		
	9- 9-81	0,94	2,8		
	28- 9-81	0,79	1,6		
	22-10-81	0,58	0,7		
	18-11-81	0,59	0,7		
	9-12-81	0,58	0,5		

Tabla 5.5. Alturas y caudales aforados en el río Rassmussen en Estancia San José.

aforo n°	fecha	altura m	caudal m <sup>3</sup> /s	observaciones
1	7-11-91	0,19	6,7	distancia horizontal con cuerda
2	6-12-91	0,16	5,8	
3	10- 1-92	0,17	6,5	
4	19- 2-92	0,01	1,8	
5	26- 3-92	0,11	4,4	
6	6-10-92	0,29	12,8	
7	17-11-92	0,24	10,0	
8	9-12-92	0,07	3,4	
9	16- 1-93	0,04	2,5	
10	24- 2-93	0,04	2,7	
11	18- 3-93	0,03	2,4	
12	10-11-93	0,08	4,1	
13	14-12-93	0,00	2,4	
14	18- 1-94	-0,05	1,5	
15	16- 2-94	-0,04	1,7	
16	15- 3-94	-0,04	1,7	este aforo y los siguientes fueron realizados por el I. N. C. y T. H.
	16- 4-80		3,8	
	24- 4-80		2,5	
	9-12-80		6,3	
	12- 2-81	0,25	2,9	
	11- 4-81	0,25	2,5	
	6- 5-81	0,43	8,9	
	12- 5-81	0,29	3,9	
	5- 6-81	0,45	6,9	
	17- 6-81	0,38	5,4	
	28- 9-81	0,69	18,4	
	22-10-81	0,86	28,9	
	18-11-81	0,46	8,1	
	9-12-81	0,29	3,5	

Tabla 5.6. Alturas y caudales aforados en el río Menéndez o De La Turba en ruta (B) a Chile (Estancia Aurelia).

aforo n°	fecha	altura C.F.I	escala INCyTH	caudal m <sup>3</sup> /s	observaciones
1	7-11-91	0,39		19,0	
2	6-12-91	0,31		15,1	
3	11- 1-92	0,30		13,6	2° aforo: algunas verticales se miden a 0,2 y 0,8
3	11- 1-92	0,30		14,6	
3	11- 1-92	0,30		14,6	id, vel. a 0,2 0,4 0,6 y 0,8
4	18- 2-92	0,07		4,1	
5	26- 3-92	0,25		12,1	
6	6-10-92	0,34		15,9	
7	17-11-92	0,43		21,6	velocidades a 0,6
7	17-11-92	0,43		21,5	id. a 0,2 y 0,8
7	17-11-92	0,43		21,5	id. a 0,2 0,6 y 0,8
7	17-11-92	0,43		22,1	id. a 0,2 0,4 0,6 y 0,8
8	9-12-92	0,34		15,4	
9	16- 1-93	0,17		7,2	
10	24- 2-93	0,17		7,6	
11	18- 3-93	0,12		5,8	
12	10-11-93	0,31		14,3	
13	14-12-93	0,16		7,4	
14	18- 1-94	0,09		4,0	
15	16- 2-94	0,08		4,1	
16	15- 3-94	0,09		4,5	
	4- 4-80			10,1	este aforo y los restantes fueron realizados por el
	16-12-80	0,34	0,71	16,4	I. N. C. y T. H.
	12- 2-81	0,18	0,55	7,4	
	11- 4-81	0,09	0,46	6,1	
	6- 5-81	0,26	0,63	12,5	
	12- 5-81	0,21	0,58	9,6	
	21- 5-81	0,23	0,60	10,1	
	4- 6-81	0,41	0,78	21,1	
	28- 9-81	0,63	1,00	33,1	
	17-11-81	0,63	1,00	34,5	
	18-11-81	0,38	0,75	17,9	
	9-12-81	0,21	0,58	10,4	
	26- 2-82	0,00	0,37	3,1	

Tabla 5.7. Aforos del río Mc. Lennan en el puente de la ruta a Chile.

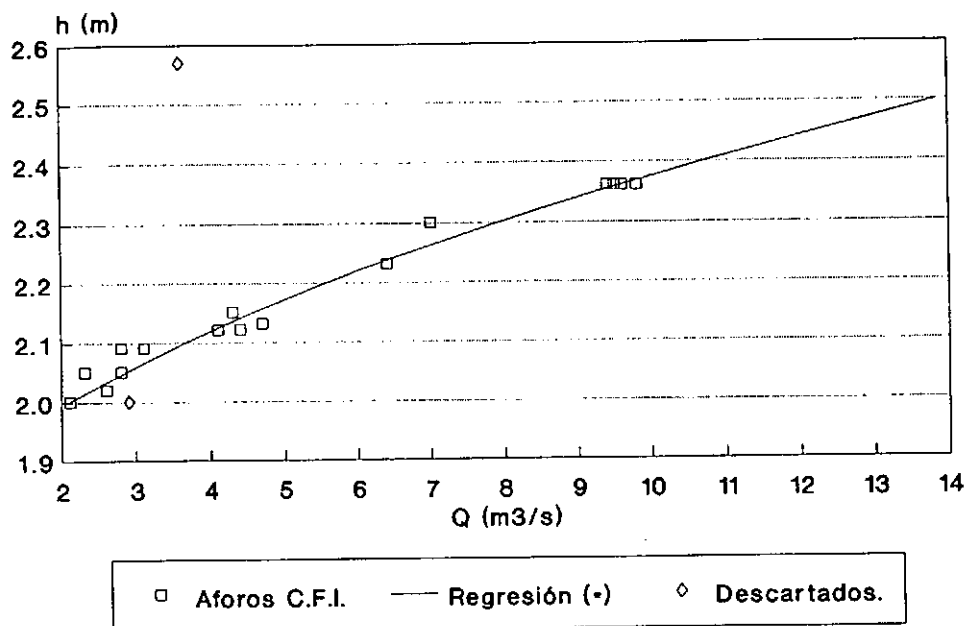
aforo n°	fecha	altura m	caudal m <sup>3</sup> /s	observaciones
1	7-11-91	0,43	4,2	distancia horizontal con cuerda
2	6-12-91	0,49	6,5	
3	11- 1-92	0,42	4,4	
4	19- 2-92	0,27	1,5	
5	26- 3-92	0,57	9,6	
6	7-10-92	0,45	5,2	
7	17-11-92	0,47	5,4	
8	9-12-92	0,44	3,8	
9	16- 1-93	0,38	2,6	
10	6-10-93	0,49	8,1	
11	11-11-93	0,36	3,0	
12	14-12-93	0,29	1,8	
13	13- 1-94	0,18	1,1	
14	16- 2-94	0,18	1,1	
15	15- 3-94	0,20	0,8	este aforo y los restantes fueron realizados por el I. N. C. y T. H.
	4- 4-80	0,41	3,6	
	16- 4-80	0,34	2,2	
	16-12-80	0,40	4,1	
	11- 4-81	0,35	3,1	
	12- 5-81	0,38	3,6	
	3- 6-81	0,71	15,2	
	3- 8-81	0,51	6,8	
	28- 9-81	0,96	30,8	
	22-10-81	0,60	10,3	
	18-11-81	0,41	4,1	
	9-12-81	0,33	2,4	
	22- 2-82	0,26	1,0	

Tabla 5.8. Aforos del río Fuego en Puente Rebeca.

aforo n°	fecha	altura m	caudal m <sup>3</sup> /s	observaciones
1	6-11-91	0,17	1,0	reiterado verticales 1 a 5
1	6-11-91	0,17	1,2	
2	4-12-91	0,16	1,0	
3	7- 1-92	0,20	1,0	
4	19- 2-92	0,14	0,5	
5	24- 3-92	0,43	3,2	
6	1-10-92	0,40	4,3	
7	18-11-92	0,30	2,2	
8	9-12-92	0,26	1,3	
9	18- 1-93	0,27	1,1	
10	23- 2-93	0,23	0,8	
11	8- 3-93	0,23	0,8	
12	7-10-93	0,29	2,6	
13	9-11-93	0,14	1,0	
14	17- 1-94	0,10	0,4	
15	17- 2-94	0,09	0,3	
16	16- 3-94	0,06	0,2	

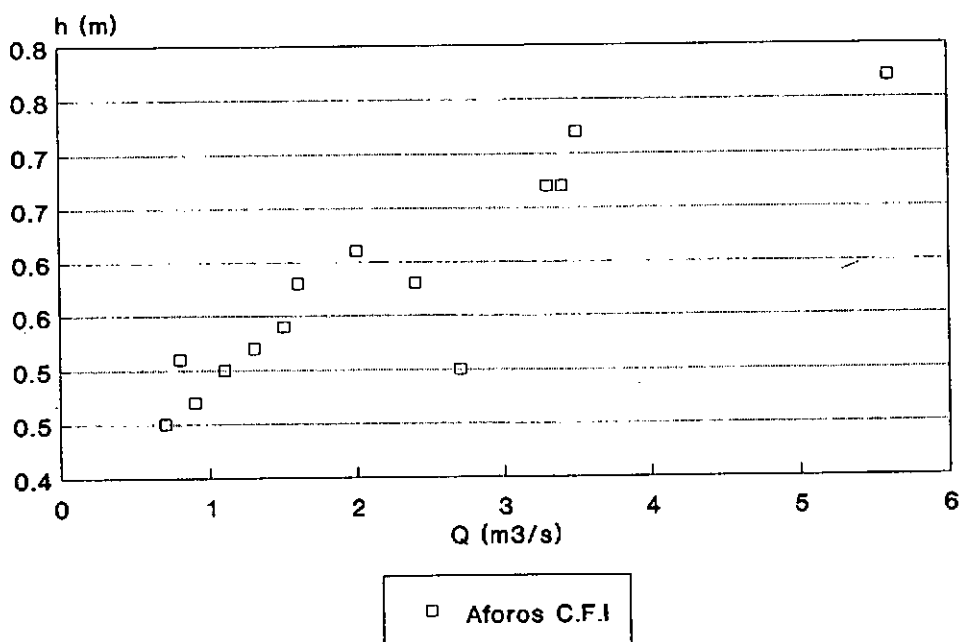
Las figuras 5.1. a 5.8. muestran el aspecto de estos puntos como duplas en ejes coordenados, incluyendo en ellas los aforos realizados por el Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas en la década pasada.

Figura 5.1.  
Río Chico en Estancia Sara.



(-)  $Q = 62,18 - 72,91.h + 21,43.h^2$   
 Altura referida al cero de la escala.

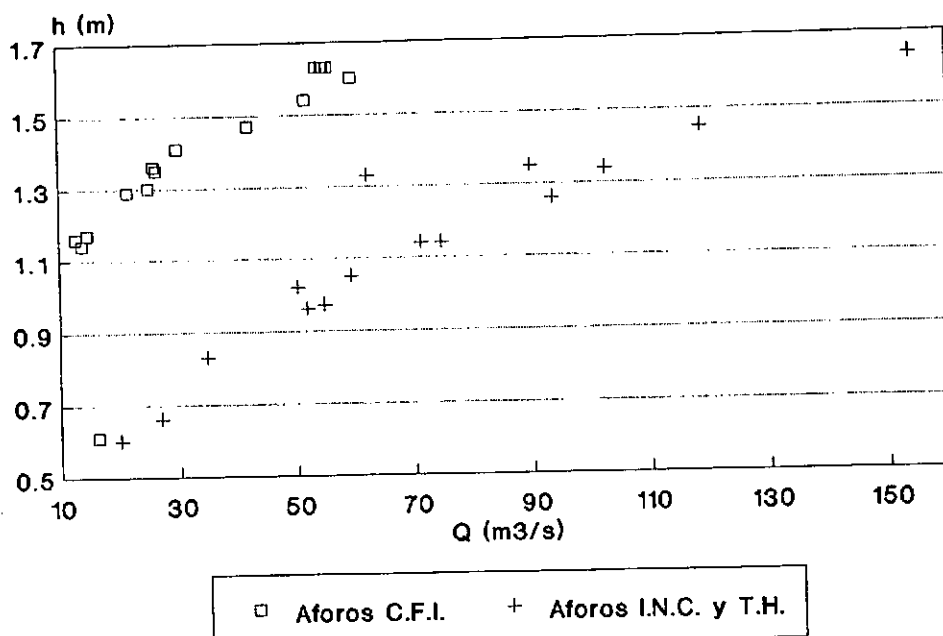
Figura 5.2.  
Río Ewan Sur en Cantera.



Altura referida al cero de la escala.

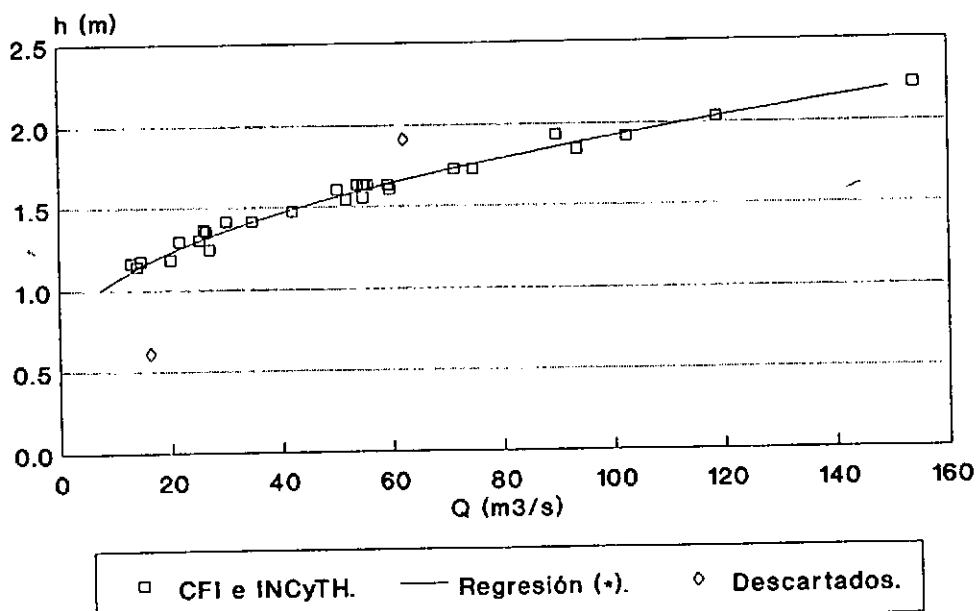


Figura 5.3.  
Río Grande en Estancia María Behety.



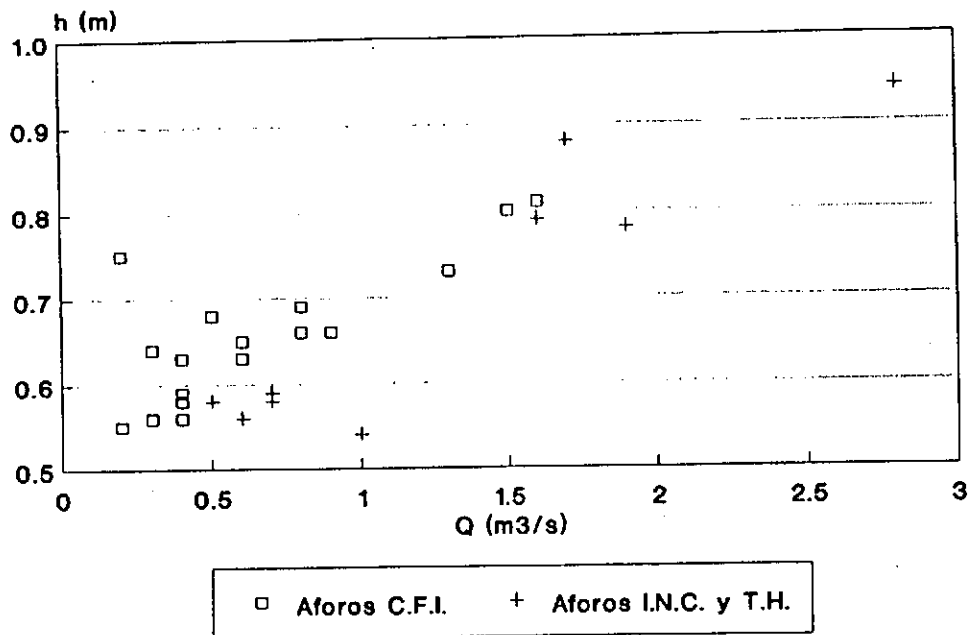
Alturas referidas al cero de cada escala

Figura 5.3.bis.  
Río Grande en Estancia María Behety.



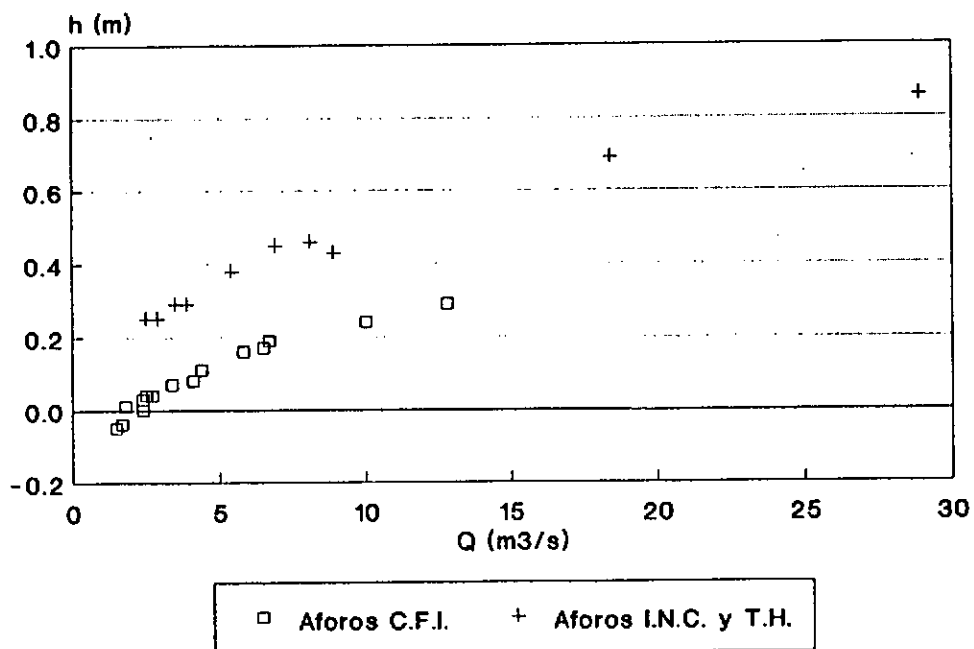
(\*):  $Q=34,33 - 93,33.h + 66,21.h^2$   
Alturas hidrométricas ficticias.

Figura 5.4.  
Río Candelaria en ruta a Chile.



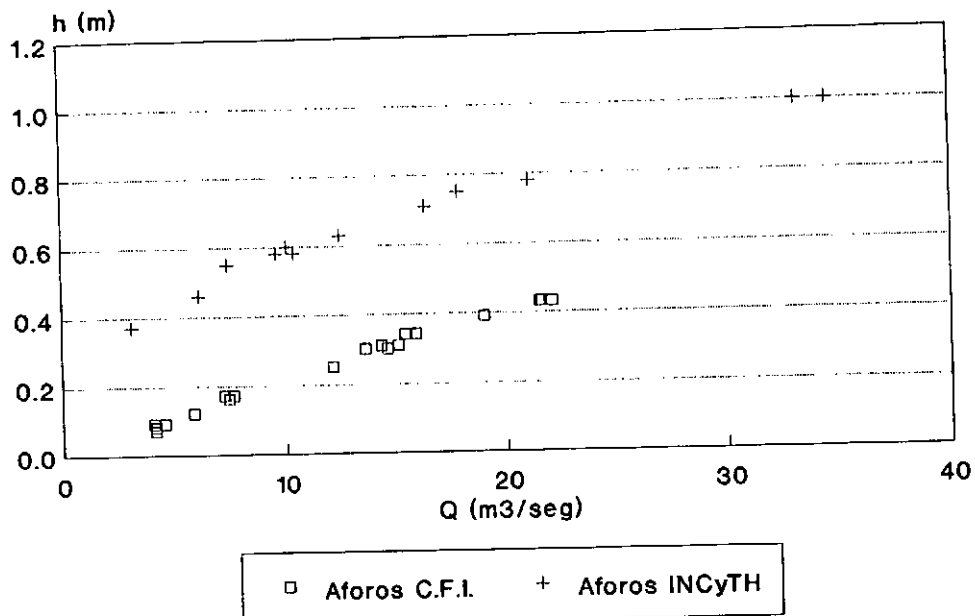
Altura referida al cero de la escala.

Figura 5.5.  
Río Rassmusen en Estancia San José.



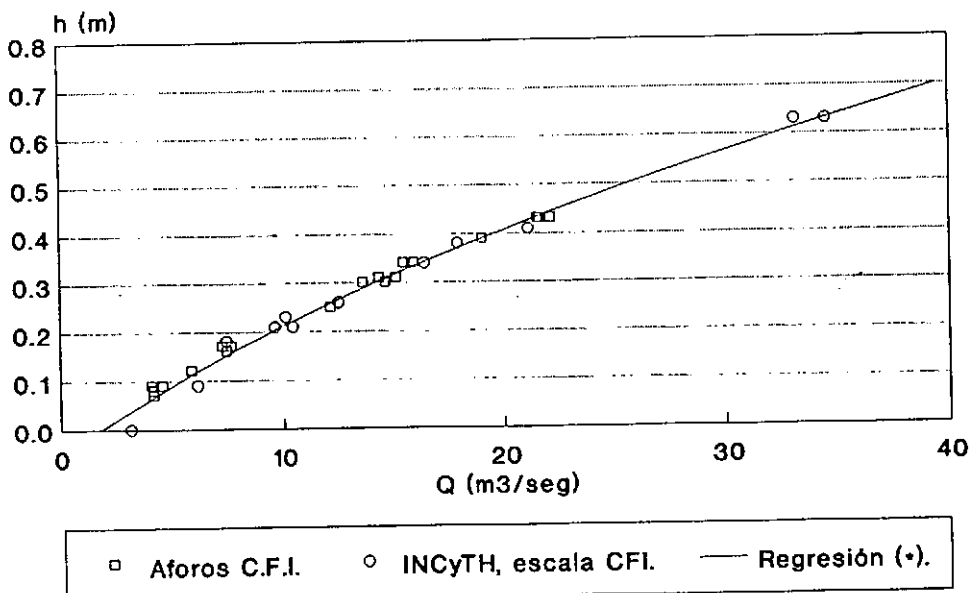
Altura referida al cero de la escala.

Figura 5.6.  
Río Menéndez en Estancia Aurelia.



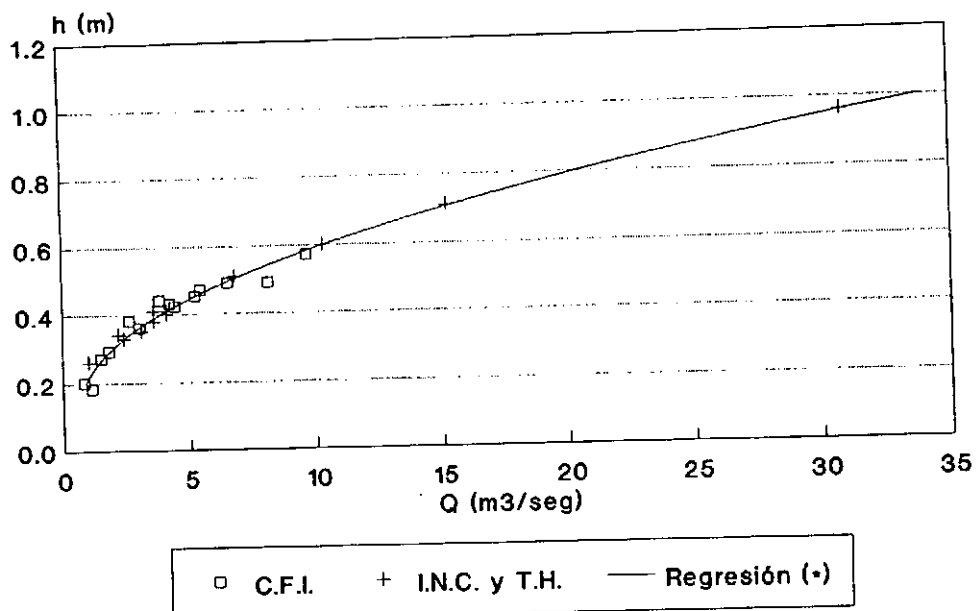
(\*)  $Q = 1,76 + 31,49 \cdot h + 31,82 \cdot h^2$   
Alturas referidas al cero de cada escala

Figura 5.6.bis  
Río Menéndez en Estancia Aurelia.



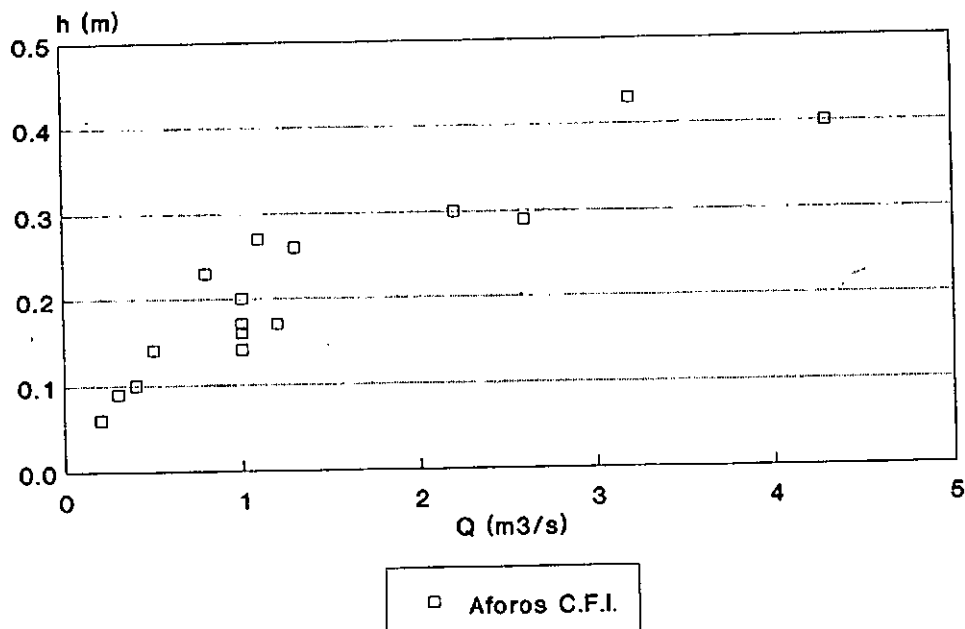
(\*)  $Q = 1,76 + 31,49 \cdot h + 31,82 \cdot h^2$   
Alturas referidas al cero de la  
escala del C.F.I.

Figura 5.7.  
Río Mc.Lennan en ruta a Chile.



(\*)  $Q=1,46-11,77.h+44,19.h^2$   
Altura referida al cero de la escala.

Figura 5.8.  
Río Fuego en puente Rebeca.



Altura referida al cero de la escala.

Se advierte el esbozo de leyes monótonas pese a que las estaciones de aforo no son óptimas desde el punto de vista hidráulico (sin embargo en vista de los resultados la mayoría sirve a los fines propuestos; la peor es la del río Fuego, por las curvas de aguas arriba y aguas abajo, lo que se evidencia en el pobre alineamiento de los puntos).

También es perceptible que los aforos del I. N. C. y T. H., al no haber sido dirigidos a identificar los estiajes, alcanzan valores de caudal más altos. Pero en cambio en los antecedentes disponibles no se encontró la cota del cero de la escala referida al punto fijo en cada sección.

En algunos ríos la escala actual es la misma que la de años atrás. El caso más favorable es el del Mc. Lennan, donde la coincidencia entre los aforos del I.N.C. y T.H. y éstos más nuevos permite intervalidar ambas campañas y ayuda a aceptar que las secciones son geoméricamente estables.

Este es el río con mejores antecedentes para identificar numéricamente la ley altura - caudal, porque el número total de aforos (27) y su dispersión son tales que a simple vista se advierte que una regresión cuadrática, o exponencial o potencial ajustarán con elevados coeficientes de correlación.

Para no dar por perdidos los aforos de la década del 80, se utilizó para las estaciones donde las duplas altura-caudal se alineaban según curvas paralelas, un operador de transferencia cúbico (mecanismo de overlapping) que brinda resultados suficientemente próximos para medir el desplazamiento (desconocido) ocurrido entre los ceros de las escalas, resultando en defasajes de 37 cm y 58 cm para los ríos Menéndez y Grande respectivamente (en el primer caso respecto de la escala actual, en el segundo respecto de la altura ficticia empleada en el eje de ordenadas de la figura 5.3.bis).

La tabla 5.9. presenta para algunos de los ríos estudiados los parámetros de ajuste de una ley cuadrática para vincular alturas con caudales (curva de calibración); se entiende que con aforos posteriores los parámetros de estas ecuaciones y el modelo mismo podrán ser objeto de refinamiento. También se in-

cluye el estimador del coeficiente de determinación  $r'$  ajustado que se alcanzó en los cómputos. Se ensayaron regresiones cuadráticas, potenciales y exponenciales, por tener características de comportamiento compatibles con las de la ley física que une niveles hidrométricos con descargas.

Tabla 5.9. Leyes altura-caudal y rango de validez.

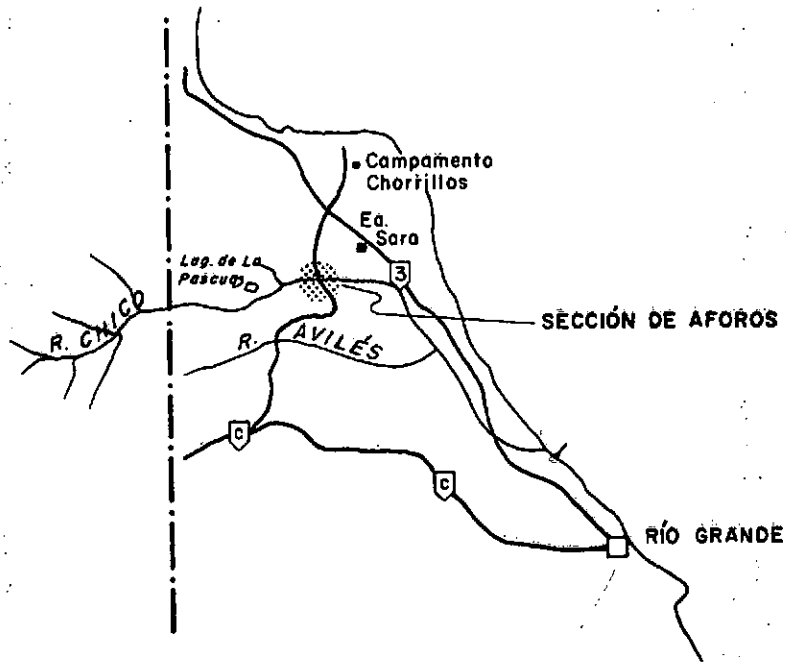
Río	Modelo	$r'$	validez
Chico	$Q=62,18-72,91.h+21,43.h'$	0,9841	2,5 m > h escala > 2,0 m
Grande	$Q=34,33-93,33.h+66,21.h'$	0,9829	2,2 m > h ficticia > 0,6 m
Menéndez	$Q= 1,76+31,49.h+31,82.h'$	0,9928	0,7 m > h escala > 0,0 m
Mc. Lennan	$Q= 1,46-11,77.h+44,19.h'$	0,9927	1,0 m > h escala > 0,2 m

El cómputo fue descartado en aquellos ríos donde el coeficiente de determinación no alcanzó valores suficientemente elevados (Rassmusen y Candelaria) o donde la ley de mejor ajuste no tenía sustento hidrológico (Fuego y Ewan Sur). Que esto último haya ocurrido en el río Fuego es consistente con la impresión preliminar que se tiene sobre los aforos, sobre lo que ya advertía el informe sobre caudales garantizables mencionado en el numeral 1 y es el golpe de gracia que ayuda a formular una de las recomendaciones, en el sentido de abandonar el trabajo en esta sección.

Se presentan tres pares de croquis con la ubicación de las estaciones de aforo en los ríos Chico, Ewan y Fuego. Los de las restantes se encuentran en el estudio del Centro Austral De Investigaciones Científicas citado en el numeral 2.

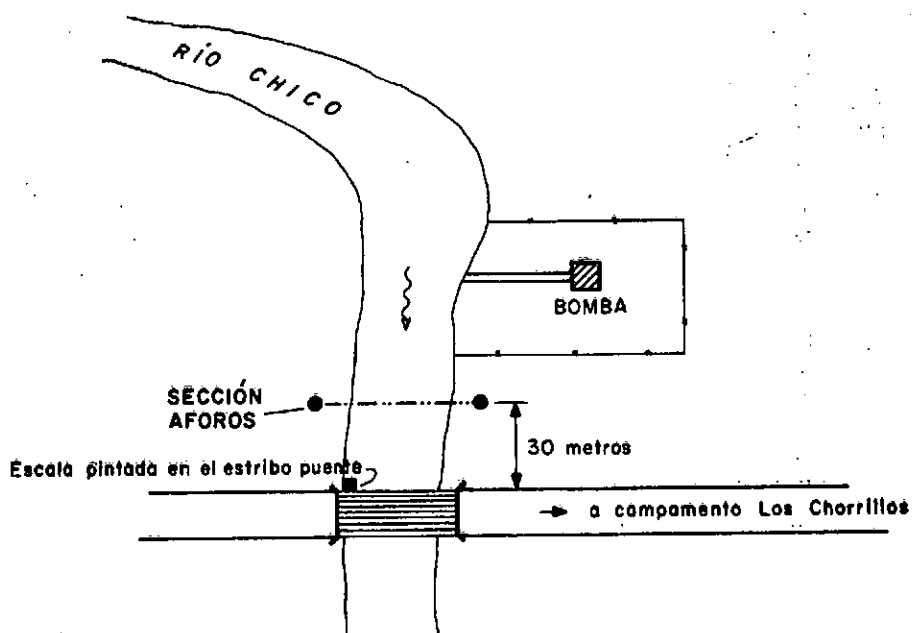
En Anexo se acompañan las planillas completas de cada aforo realizado, que incluye información sobre cada sección, número de revoluciones, velocidad, área mojada, caudales parciales, etc.

## CROQUIS REGIONAL



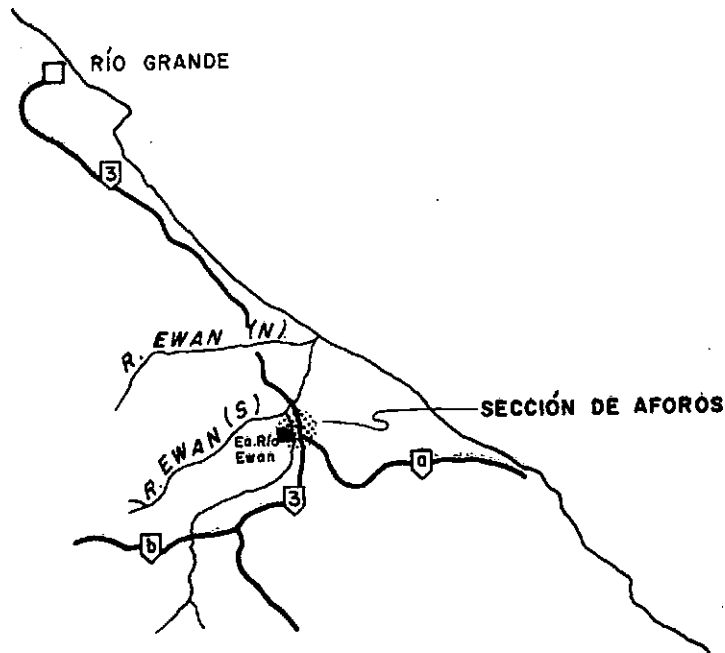
Croquis Nº 5.1.

## CROQUIS LOCAL



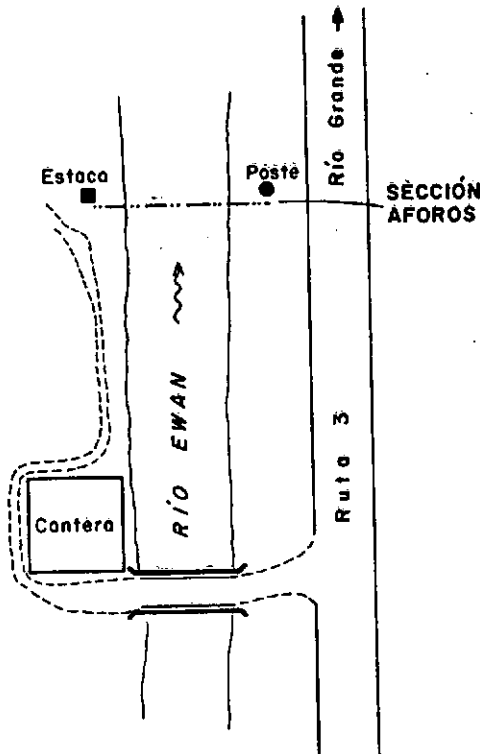
Croquis Nº 5.1.bis

## CROQUIS REGIONAL



Croquis Nº 5.2.

## CROQUIS LOCAL



Croquis 5.2.bis

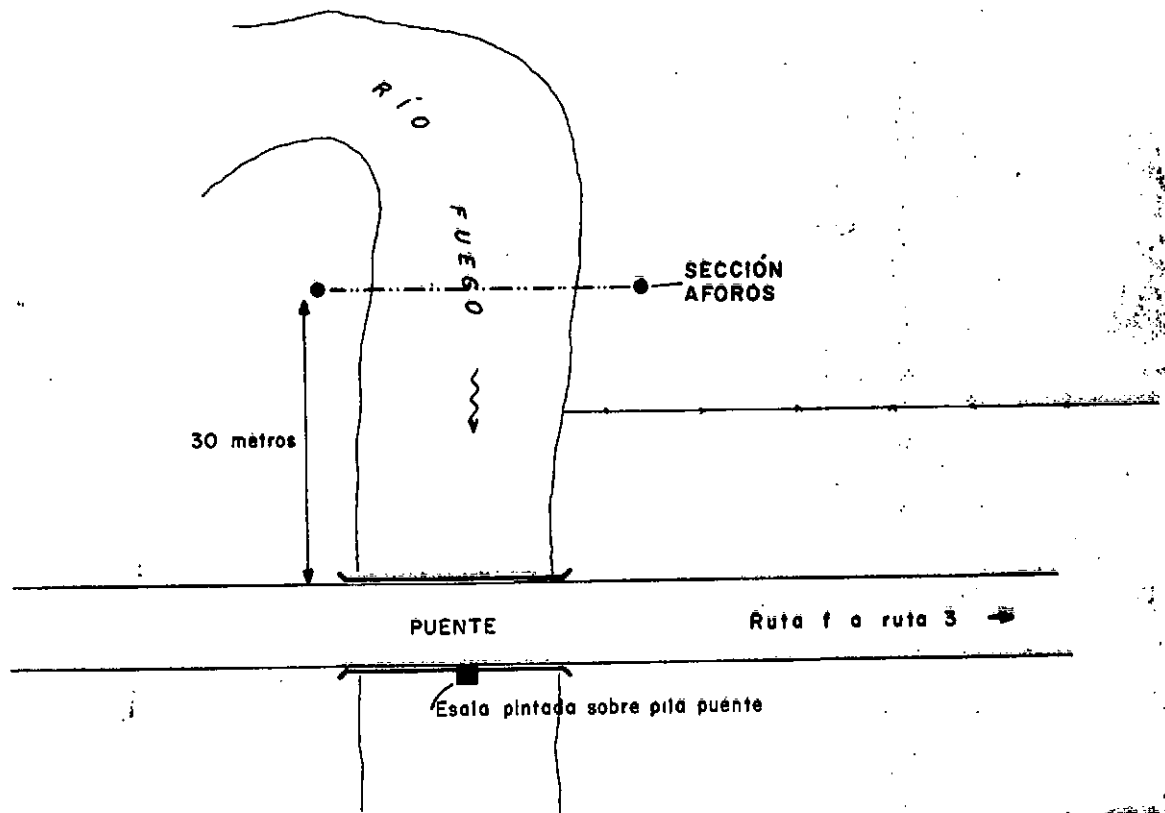


CROQUIS REGIONAL



Croquis Nº 5.3.

CROQUIS LOCAL



Croquis Nº 5.3.bis

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 6.1. Vinculado al estudio de priorización de áreas de riego.

A favor de la experiencia personal obtenida en campaña, de los resultados de los aforos (especialmente los de un agudo estiaje aforado en febrero de 1992, febrero y marzo de 1982, estos dos últimos aforados por el INCyTH en Río Grande), de relatos locales, se puede concluir que para una dotación preliminar de 1 lt/seg.ha no existirán carencias de agua en las denominadas áreas piloto que se estudien sobre los ríos Grande y Chico.

Lo mismo se puede decir para el área Tolhuin, porque el lago Fagnano es un regulador de dimensión tal que no quedan dudas acerca de existencia del recurso en cantidad suficiente, pero sí en cambio sobre si existe dominio topográfico como para que el agua llegue por gravedad o si se debe pensar en algún sistema de bombeo.

Otro caso particular es el del río Fuego, cuyo valle tiene una dimensión longitudinal notablemente desarrollada; ésta característica obligará a definir, aunque sea en forma preliminar, la ubicación de las obras de toma como paso previo a los cálculos que se hagan acerca de superficies regables.

Como caudal regional garantible con destino al riego en las cuencas de los ríos Grande y Chico se debe tomar la cifra de 0,02 lt/seg.ha; éste valor es suficientemente conservativo como para suponer que no habrá fracaso agrícola imputable a carencia de agua en superficie.

### 6.1. Vinculado al conocimiento del recurso.

Se debe seguir midiendo, con algunos cambios operativos.

Es necesario formular un plan de mediano plazo dentro del cual se rediseñe la red hidrometeorológica e hidrométrica de toda la Provincia; las reparticiones provinciales interesadas (primariamente las Direcciones de Hidráulica y de Recursos Naturales) deberían establecer líneas de acción conjuntas para evitar tanto la duplicación de esfuerzos como el dejar sitios (ríos) sin mediciones por períodos prolongados.

Las metas futuras deben contemplar: 1) caudales más altos que los aforados hasta ahora porque en lo sucesivo interesará caracterizar el conocimiento total del recurso y no sólo la magnitud de los estiajes; 2) con caudales de creciente aforados sin que bloques de hielo pongan en peligro la integridad del aforador, establecer leyes altura - caudal como las de la Tabla 5.9; 3) mejorar la performance operativa en base a la experiencia atesorada, incrementando el número de verticales que se aforan allí donde se produjo el sobrepasamiento del diez por ciento del caudal total; 4) colocar puntos fijos en la sección del río Ewan (en Cantera); 5) organizar un mecanismo de medición diaria de alturas hidrométricas en los ríos Grande, Chico y Menéndez o McLennan tal que con el correr de los años, ya bien identificada numéricamente la ley de vinculación altura - caudal en cada estación de aforos, se pueda acceder al conocimiento profundo de la magnitud del recurso hídrico superficial en esas cuencas (a esos efectos se hace entrega a la Provincia de tres limnógrafos electrónicos); 6) abandonar las mediciones del río Fuego en Puente Rebeca; 7) puesto al final para resaltar la importancia que posee esta cuestión, proceder a la mejor determinación posible de las áreas de aporte de la totalidad de las cuencas de los ríos provinciales, en que la única dificultad pasa por la necesidad de relevar territorio chileno. En el marco de las relaciones de buena vecindad establecidas, no es descabellado recomendar que se busque el posible interés de centros académicos trasandinos por materializar un convenio a favor del cual se realice un vuelo fotogramétrico que permita la posterior elaboración de esas cartas.

**ANEXO**

**PLANILLAS DE LOS AFOROS  
REALIZADOS POR EL  
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

I N D I C E   D E L   A N E X O

Aforos del río Chico . . . . .	1
Aforos del río Grande . . . . .	28
Aforos del río Candelaria . . . . .	49
Aforos del río Mc. Lennan . . . . .	67
Aforos del río Menéndez . . . . .	83
Aforos del río Rassmusen . . . . .	106
Aforos del río Fuego . . . . .	122
Aforos del río Ewan Sur . . . . .	145

AFORO DEL 5-11-91 DEL RIO CHICO EN PUENTE DE LA ESTANCIA SARA.  
 LAS VELOCIDADES FUERON TOMADAS AL 60 % DE LA PROFUNDIDAD.  
 ESTE FUE EL PRIMER AFORO EN LA SECCION. QUE ESTA AGUAS ARRIBA DEL  
 PUENTE. ENTRE DOS CURVAS. AGUAS ARRIBA -APENAS- HAY UNA BOMBA QUE  
 EXTRAE 30 M3/HORA PARA RECUPERACION SECUNDARIA EN POZOS PETROLIFEROS.  
 SEGUN INFORMA LA EMPRESA CRUZ DEL SUR. EN EL CAMPAMENTO LOS CHORRILLOS.

VERTI- CAL	DISTANCIA METROS (*)	PROFUNDIDAD METROS	AREA M2	N. REVO- LUCIONES	TIEMPO SEG.	VELOCIDAD M/S (**)	Q. PARCIAL M3/S
1	.00	.00					
2	1.00	.70	.35	31	30	.1555	.027
3	2.00	.75	.73	55	30	.2462	.146
4	3.00	.65	.70	72	30	.3105	.195
5	4.00	.70	.67	87	30	.3672	.229
6	5.00	.78	.74	72	30	.3105	.251
7	6.00	.75	.76	68	30	.2953	.232
8	7.00	.70	.73	83	30	.3520	.235
9	8.00	.60	.65	90	30	.3785	.237
10	9.00	.58	.59	99	30	.4125	.233
11	10.00	.60	.59	94	30	.3936	.238
12	11.00	.60	.60	86	30	.3634	.227
13	12.00	.60	.60	95	30	.3974	.228
14	13.00	.59	.60	98	30	.4087	.240
15	14.00	.57	.58	89	30	.3747	.227
16	15.00	.55	.56	92	30	.3861	.213
17	16.00	.52	.53	92	30	.3861	.207
18	17.00	.78	.65	49	30	.2235	.198
19	17.45	.00	.18	0	30	.0000	.020

(\*) DISTANCIAS MEDIDAS DESDE LA MARGEN DERECHA.  
 (\*\*) VELOCIDAD MEDIA EN LA VERTICAL.

VELOCIDADES TOMADAS A 0.6 DE LA PROFUNDIDAD.

CAUDAL = 3.582 M3/SEG  
 VELOCIDAD MEDIA = .331 M/SEG  
 AREA DE LA SECCION = 10.806 M2  
 FACTOR GEOMETRICO = .1755

ALTURA INICIAL = -2.57 M.  
 ALTURA FINAL = -2.57 M.

AFORO REALIZADO CON UN MOLINETE DE ECUACION:  
 $V = .0383 + .1134 * N$   
 N = VUERTAS/SEG



AFORO DEL 5-12-91 DEL RIO CHICO EN PUENTE SARA.  
 ESTE FUE EL SEGUNDO AFORO EN LA SECCION. QUE ESTA AGUAS ARRIBA DEL  
 PUENTE. ENTRE DOS CURVAS. AGUAS ARRIBA -APENAS- HAY UNA BOMBA QUE  
 EXTRAE 30 M3/HORA PARA RECUPERACION SECUNDARIA EN POZOS PETROLIFEROS.  
 SEGUN INFORMA LA EMPRESA CRUZ DEL SUR. EN EL CAMPAMENTO LOS CHORRILLOS.  
 EL DIA 4-12-91 LLOVIO EN LA REGION. LECTURA DE LA ESCALA EN EL PUENTE.

VERTI- CAL	DISTANCIA METROS (*)	PROFUNDIDAD METROS	AREA M2	N. REVO- LUCIONES	TIEMPO SEG.	VELOCIDAD M/S (**)	Q. PARCIAL M3/S
1	.00	.78					
2	1.00	.78	.78	87	60	.3516	.137
3	2.00	.68	.73	108	60	.4338	.287
4	3.00	.65	.66	105	60	.4221	.285
5	4.00	.65	.65	127	60	.5082	.302
6	5.00	.65	.65	129	60	.5160	.333
7	6.00	.68	.66	142	60	.5669	.360
8	7.00	.68	.68	133	60	.5317	.374
9	8.00	.69	.69	138	60	.5513	.371
10	9.00	.66	.68	136	60	.5434	.369
11	10.00	.70	.68	140	60	.5591	.375
12	11.00	.75	.73	137	60	.5474	.401
13	12.00	.80	.77	129	60	.5160	.412
14	13.00	.85	.83	130	60	.5199	.427
15	14.00	.85	.85	112	60	.4495	.412
16	15.00	.86	.86	128	60	.5121	.411
17	16.00	.80	.83	121	60	.4847	.414
18	17.00	.80	.80	110	60	.4417	.371
19	18.00	.85	.83	98	60	.3947	.345
20	19.00	.95	.90	77	60	.3125	.318
21	20.00	.95	.95	41	60	.1715	.230
22	21.00	.30	.63	0	60	.0000	.054
23	21.01	.00	.00	0	60	.0000	.000

(\*) DISTANCIAS MEDIDAS DESDE LA MARGEN IZQUIERDA.  
 (\*\*) VELOCIDAD MEDIA EN LA VERTICAL.

VELOCIDADES TOMADAS A 0.6 DE LA PROFUNDIDAD.

CAUDAL = 6.987 M3/SEG /  
 VELOCIDAD MEDIA = .442 M/SEG  
 AREA DE LA SECCION = 15.821 M2  
 FACTOR GEOMETRICO = .0015

ALTURA INICIAL = 2.30 M.  
 ALTURA FINAL = 2.30 M.

AFORO REALIZADO CON UN MOLINETE DE ECUACION:  
 $V = .0110 + .2349 * N$   
 N = VUELTAS/SEG

