

34.659
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES



EVALUACION DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE FUNCIONAMIENTO DEL
CANAL DE DIOS Y CONDICIONES DE DISEÑO EN DISTINTOS TRAMOS

Expediente: OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL CANAL DE DIOS

INFORME FINAL

O
H1112
A292w
III
X12

Autor: Ingeniero Jorge ARANCIBIA

Colaborador: Ingeniero Marcelo CALVINO

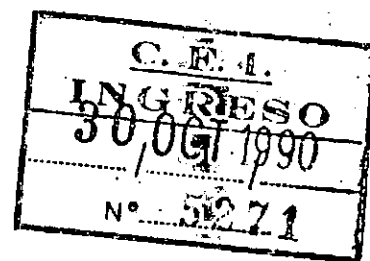
1990

Buenos Aires, 27 de octubre de 1990

Consejo Federal de Inversiones

Sr. Secretario general

Juan José Ciaccera



Ref: Evaluación de las condiciones
actuales de funcionamiento del
Canal de Dios y condiciones de
diseño en distintos tramos

De mi mayor consideración:

Por la presente tengo el agrado de
dirigirme a usted a los efectos de elevarle el informe final.

Sin mas saludo a usted muy atte..

Ing Jorge H. Arancibia

I - INTRODUCCION

El presente informe final resume las subetapas de recopilación de antecedentes, estimación de condiciones de diseño en los distintos tramos del canal, evaluación de sus condiciones de funcionamiento actuales y de evaluación general de las soluciones para el funcionamiento futuro del canal, supuesto un rango de variación del ingreso de material sólido en la toma compatible con el tipo de obras esperable en esta estructura.

Para su realización se recopilaron y analizaron los antecedentes disponibles enumerados en el punto VII y citados en la descripción de cada uno de los ítem del presente informe. Se realizaron dos viajes terrestres y un vuelo a la región del estudio que incluyeron un recorrido a la toma, a las trazas del canal y sus derivaciones así como a los reservorios y plantas potabilizadoras y un sobrevuelo a la zona del proyecto en el área de la toma y las trazas del canal y el río aguas abajo.

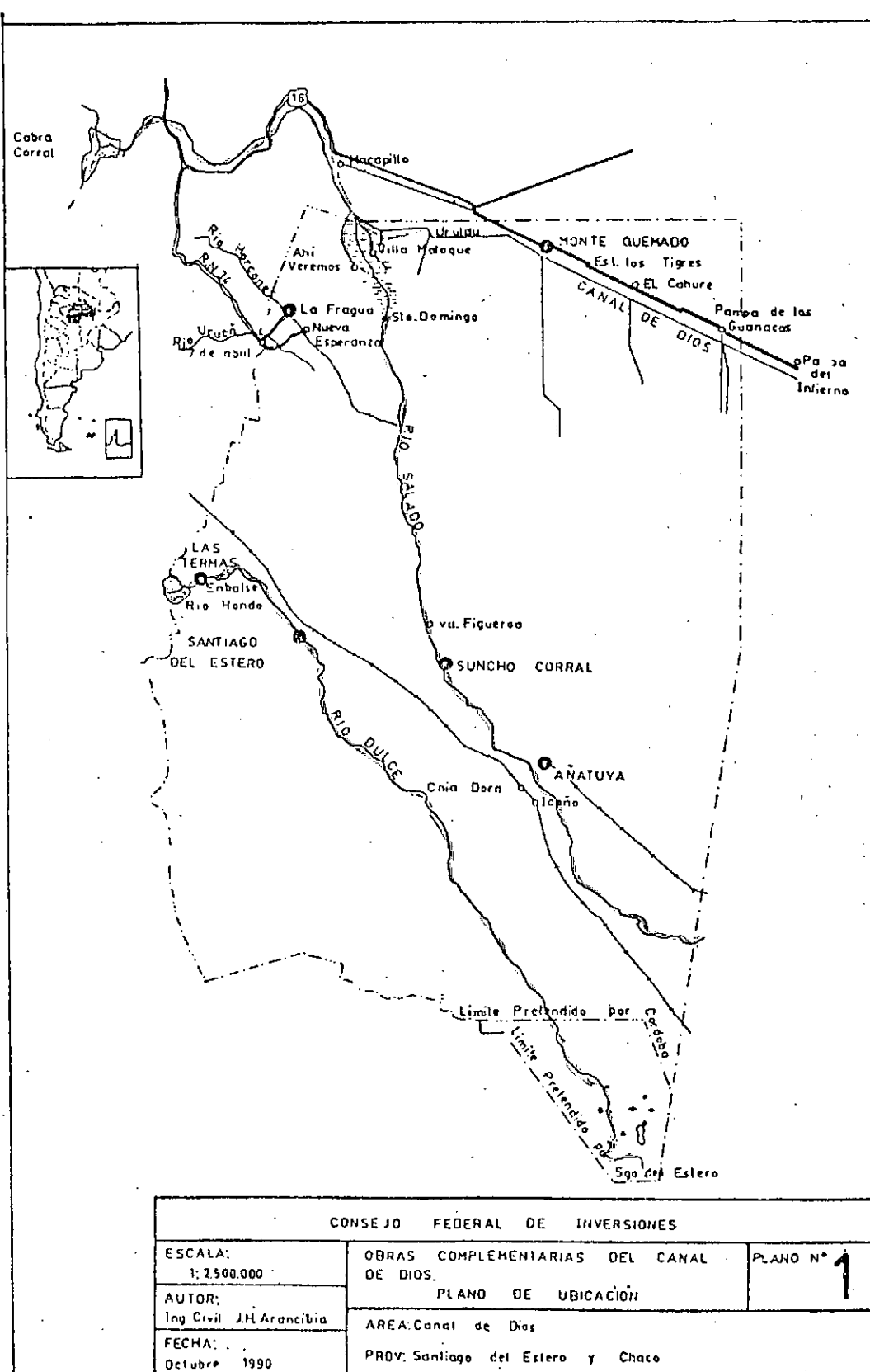
Además se efectuaron en la provincia de Santiago del Estero, reuniones de trabajo con técnicos de la Administración Provincial de Recursos Hídricos de Santiago del Estero, de la delegación del Convenio Bajos Submeridionales y con el Subsecretario de Planeamiento de la Provincia de Santiago del Estero así como con el personal técnico responsable del mantenimiento del Canal de Dios y de la Dirección Provincial de Obras Sanitarias y, en Buenos Aires, con los Ingenieros responsables del área infraestructura hídrica del Consejo Federal de Inversiones.

El análisis de la demanda hídrica realizado en este informe fue basado en los estudios disponibles, y en datos dados por los profesionales y técnicos de las Pcias. de Santiago del Estero y del Chaco, información esta perfeccionada y completada

después del último viaje al área del proyecto mediante inspecciones a la zona de los reservorios, plantas potabilizadoras o acueductos existentes o factibles de construir en el futuro.

Las principales recomendaciones que surgen de las tareas objeto de este informe se mencionan en el tratamiento de cada parte de las obras. Las mismas se resumen y complementan en el punto VI.

A partir de los problemas operativos encontrados en la obra de toma, sobre todo los derivados del descenso del cauce del río por degradación, y de la interrelación del ingreso de material a la toma con el tipos y características de la operación y mantenimiento previsibles en el canal, sus derivaciones y reservorios, se hace necesario realizar un estudio de la toma, sustentado en información de campo complementaria y que incluya el análisis y selección de la alternativa más conveniente para la misma, así como una profundización de los estudios de metodología operativa y costos de mantenimiento del canal y de los criterios de diseño de los reservorios con sus obras de alimentación tratamiento y distribución, de forma de adecuar el conjunto de las obras de costo razonable y comparable con los fines buscados.



INDICE

- I. Introducción

- II. Demandas hídricas
 - II.1 Demanda de agua potable
 - II.2 Demanda agropecuaria

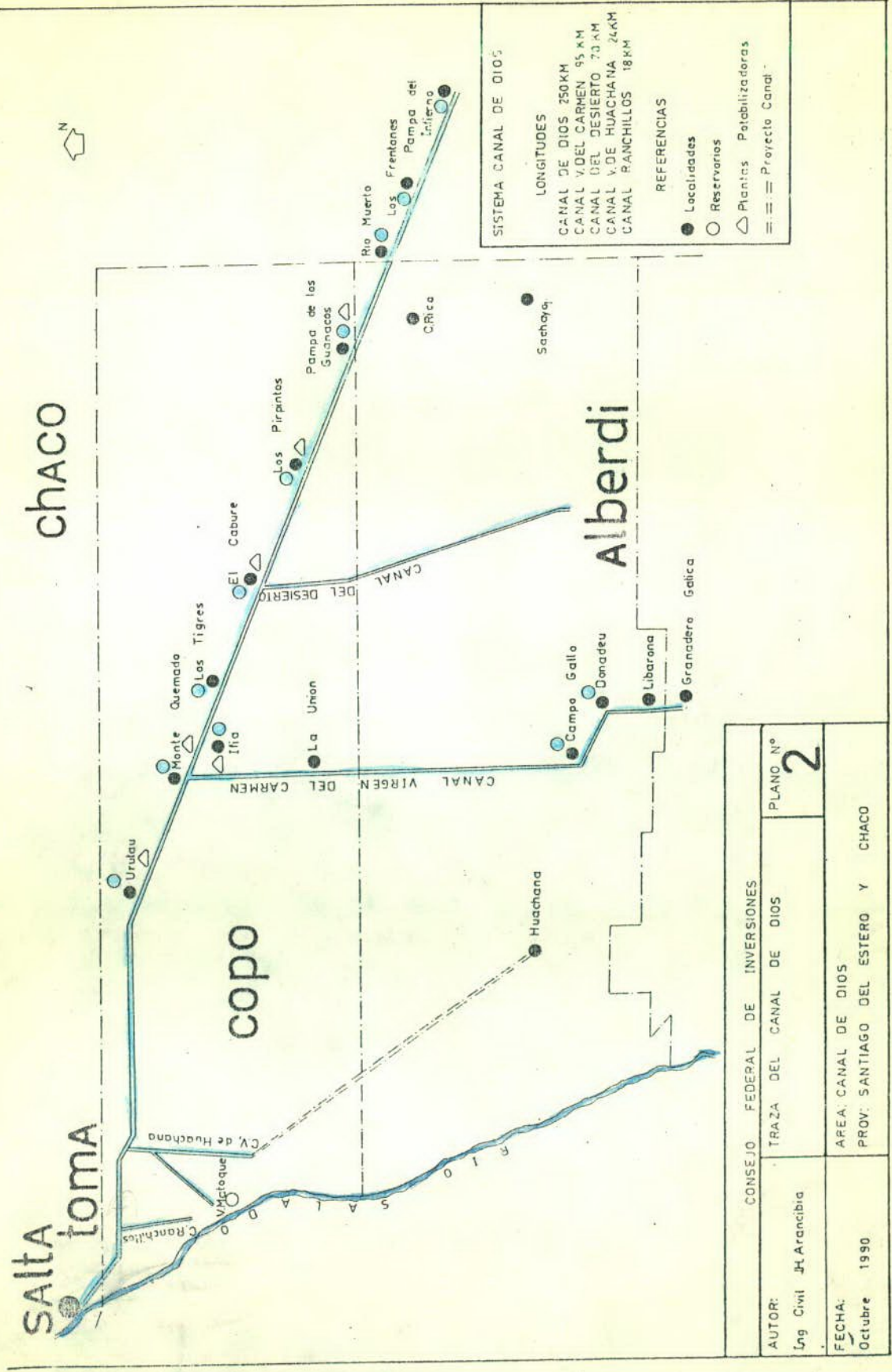
- III. Oferta de agua del río

- IV. Evaluación de las obras existentes y su funcionamiento
 - IV.1 Obra de toma
 - IV.2 Conducciones en canal
 - IV.2.1 Parámetros de diseño
 - IV.2.2 Procesos de erosión y deposición
 - IV.2.3 Pérdidas por infiltración y evaporación

- V. Evaluación de Soluciones para el funcionamiento del Canal.
 - V.1 Obra de Toma
 - V.2 Conducción en Canal
 - V.2.1 Estudio de revestimientos
 - V.2.2 Costos de operación y mantenimiento
 - V.2.3 Abastecimiento de agua a poblaciones

- VI. Conclusiones y recomendaciones

- VII Información obtenida y referencias



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES		
AUTOR:	TRAZA DEL CANAL DE DIOS	PLANO N°
Ing Civil H. Arancibia		2
FECHA:	AREA, CANAL DE DIOS	
Octubre 1990	PROV. SANTIAGO DEL ESTERO Y CHACO	

II - DEMANDAS HIDRICAS

El Canal de Dios fue construido por la Provincia de Santiago del Estero para el abastecimiento de agua para consumo poblacional y de ganado, como también para el desarrollo de pequeñas áreas de riego en el Chaco Santiagueño. A partir de 1982 se realizó una prolongación para llegar a varias localidades del oeste de la provincia del Chaco.

II.1 - DEMANDA DE AGUA POTABLE

El canal abastece de agua a diversas localidades que de otra manera no podrían tener acceso al vital elemento con características adecuadas (debido al alto contenido de arsénico de las aguas subterráneas del área abastecida).

El consumo de agua está integrado por los siguientes tipos:

Uso doméstico

Uso industrial

Uso público

Derroches y pérdidas

Los diversos autores dan cifras dispares para proyectos de abastecimiento. Pero todos coinciden en dar valores mayores a localidades con mayor desarrollo. Basándose en las características del área y los factores de orden físico-geográfico (temperatura, vientos, lluvias, humedad, etc.) se determinó la dotación de agua según autores abajo citados:

- Según lo expresado por el Ing. Alberto Busto la dotación en los abastecimientos de agua potable para pequeñas poblaciones en zonas cálidas, para un desarrollo como el registrado en el área de influencia del canal de Dios y una distribución con

instalación de medidores se considera de hasta 200 l/h.día. (Rev. DSN Nro. 164)

- En las Normas de estudios, diseño y presentación de Proyectos. Plan Nacional de Agua Potable. Ministerio de Economía, toma un valor de hasta 200 l/hab.día.

- Este valor está dentro de los límites que indican Tomas R. Camp y Joseph C. Lawer para las poblaciones residenciales de los Estados Unidos, entre 120 y 475 l/hab.día, estando los mismos muy relacionados al desarrollo de la comunidad.

El canal cuya traza se indica en el plano II.2 abastece directamente o a través de sus derivaciones a las poblaciones de Urutaú, Caburé, Los Pirpintos, Pampa de los Guanacos, Monte Quemado, IFIA, Campo Gallo, y Santos Lugares en la provincia de Santiago del Estero y a partir de 1982 se prolonga hasta Río Muerto, Los Frentones, Pampa del Infierno y Concepción del Bermejo en la provincia del Chaco.

En el cuadro Nro. II.1 se indican las localidades y sus poblaciones futuras determinadas por los técnicos de la Dirección Provincial de Agua Potable de la provincia de Santiago del Estero para los proyectos de Plantas Potabilizadoras y de distribución de agua, así como sus consumos estimados. Esta repartición establece para estas poblaciones una dotación de 200 l/hab.día (Calculado para una red futura con instalación de medidores).

Para asegurar el abastecimiento de agua en caso de corte de del escurrimiento del canal, cada población cuenta con un almacenamiento de reserva para 30 días de consumo. El mismo está materializado mediante dos represas, lo que permite realizar la limpieza de mantenimiento (desembanque de la represa), de una y continuar utilizando la otra.

En el caso de las poblaciones de la Provincia del Chaco,

los consumos y las poblaciones futuras fueron determinados por los técnicos de la Dirección General de Hidráulica con iguales criterios que en la provincia de Santiago del Estero. Para ellas se proyectaron represas con una previsión de almacenamiento de 60 días.

La situación relevada en la actualidad nos muestra un funcionamiento distinto al convencional de sistemas canal-represas.

Se presenta en el Cuadro II-2 la situación actual de cada población en cuanto al estado y capacidad de las represas y la estimación del tiempo de abastecimiento a cada población, de los que se realiza una descripción a continuación:

URUTAU

Deriva del canal de Dios mediante una toma a 90° y un canal a cielo abierto, cuenta con una represa de gran tamaño 20.000m³ sin compactación la que alcanza para abastecer a la población por un lapso de 30 a 45 días provista de planta potabilizadora.

MONTE QUEMADO

Tiene una toma aguas abajo del canal Virgen del Carmen.

Cuenta con dos represas de 200m x 100m x 5m de las que sólo una está habilitada y que se encuentra embancada en un 70% de su capacidad por lo que solo permite un abastecimiento de 10 a 15 días.

Las represas se encuentran aproximadamente a 2 km de la planta potabilizadora.

IFIA

Esta localidad cuenta con dos represas que permiten

almacenar 20.000 m³ y planta potabilizadora, pero se encuentra todavía sin habitar el barrio de viviendas construido, por lo que en la actualidad viven en esta localidad unas pocas familias.

LOS TIGRES

Tiene una represa muy pequeña con una capacidad inferior a los 2000 m³ y carece de planta potabilizadora.

CABURE

Se han construido dos represas con una capacidad de 30.000 m³ y una planta potabilizadora. Con el volumen almacenado puede abastecerse aproximadamente 60 días.

El mayor inconveniente que se verifica en esta localidad es que el ingreso de agua a los reservorios se realiza mediante un caño de 100 mm de diámetro, lo que sumado a la gran cantidad de sedimentos que transporta el agua del canal, torna muy lento el ingreso de caudales.

LOS PIRPINTOS

Tiene un sistema de represas similar al anterior pero con un reservorio fuera de operación por problemas de filtración, por lo que solo cuenta con una capacidad de abastecimiento de 20 a 25 días.

PAMPA DE LOS GUANACOS

Tiene dos reservorios con una capacidad de 30.000 m³ y planta potabilizadora, en una de las represas se encuentra disminuida su capacidad a causa de las filtraciones.

RIO MUERTO

Contaba con un solo reservorio de muy poca capacidad pero recientemente se han construido dos represas con una capacidad de aproximadamente 15.000 m³ c/u.

Se observa que estas represas recientes, por tener taludes muy fuertes 1:1 se erosionan por el escurrimiento de agua de lluvia. Este inconveniente está agravado por la poca compactación posible de dar a los taludes por la fuerte pendiente adoptada en los mismos.

LOS FRENTONES

En esta localidad se utiliza una represa de 12.000 m³ y existiría la posibilidad de adicionar al sistema dos canchales a ser transformados en represas mediante una adecuada impermeabilización que incrementarían ampliamente la capacidad de almacenamiento.

PAMPA DEL INFIERNO

Cuenta con dos represas grandes que tienen una capacidad de almacenamiento de casi 100.000 m³ aun cuando solo en una ocasión ha llegado el agua a esta localidad.

En general se observa que el gran inconveniente que tienen los reservorios actualmente construidos es la filtración, que en algunos casos llega a hacer inutilizables las represas. Se recomienda efectuar un análisis de evaluación de revestimientos en los reservorios además del aumento de sus capacidades.

II.2 DEMANDA AGROPECUARIA

Demanda de Riego

Para la cuantificación de los requerimientos de riego en la zona, se contó con la información disponible en los estudios: "Disponibilidad y Calidad del Agua", "Consumo, Dotación y Sistema de Distribución de Agua para Riego" del Proyecto NOA Hidrico Segunda Fase de los años 1979 y 1980 respectivamente y con estimaciones de los técnicos responsables del mantenimiento actual del canal.

Se resumen a continuación las informaciones contenidas en este estudio:

El sistema de Distribución de Agua del área de riego del Canal de Dios es de caudal constante y tiempo variable.

El caudal de manejo para riego en el total de las parcelas (excepto IFIA) está determinado en 200 l/s, lo que permite regar 400 has en años normales, las que se distribuyen de la siguiente forma.

Urutau	25 has
Mte. Quemado	50 has
Los Tigres	25 has
El Caburé	25 has
Los Pirpintos	50 has
Pampa de los Guanacos	50 has
Estacion Experimental	
Pampa de los Guanacos	175 has

El caudal requerido se ha limitado a este valor de 0,200 m³/s para evitar posibles problemas de erosión, mayor demanda de mano de obra regante y sobredimensionamiento de acequias. Dado que I.F.I.A. (Campo Experimental Los Tigres) tiene una superficie mayor (450 has), el caudal continuo se

estableció en 220 l/s para años de precipitación normal y se hace rotar dentro de las 19 parcelas que componen el bloque. En años de precipitación escasa, el caudal en los meses pico, debiera incrementarse al orden de 270 l/seg.

Teniendo en cuenta las características topográficas y de textura de los suelos del área, se aconseja la aplicación del método de riego por "superficie sin pendiente" en pileta rectangular. El mismo consiste en cubrir el suelo con una capa de agua cuyo espesor está en relación con la lámina de riego que se desea aplicar, quedando el agua embalsada por bordos que rodean las unidades de riego, siendo el número de bordos el mínimo posible por ha, y adoptando la unidad de riego una forma y tamaño de acuerdo a la topografía, textura del suelo y mecanización utilizada.

Para la actividad agropecuaria los particulares han construido una serie de tomas libres a ambos márgenes del canal las que se encuentran aproximadamente 1 c/2 km. Además han construido reservorios los que en general no tienen una impermeabilidad adecuada.

Dentro de los reservorios construidos por particulares se encuentran varios que interceptan el canal por lo que impiden el escurrimiento hacia aguas abajo hasta que no alcancen un determinado nivel.

Se han destinado también a represas algunas excavaciones de cantera, las que tienen muy importantes pérdidas por infiltración.

Con el fin de adecuar la capacidad de respuesta del canal a los requerimientos de riego y agua potable se construyeron aproximadamente cien represas o reservorios de agua cruda que totalizarían un volumen embalsado de 1.000.000 m³, tanto en el Canal de Dios como en las derivaciones. Además, en el Canal Del Desierto, los ganaderos han construido unas 30 represas para uso

pecuario que embalsan aproximadamente 50.000 m³ cada una.

El caudal previsto para la derivación Campo Gallo (Canal Virgen del Carmen) es de 500 l/seg en la toma sobre el Canal de Dios, el que será utilizado para consumo humano, bebida para ganado y agricultura. Sobre esta se encuentran censadas 7 has. destinadas a la agricultura y hay construidas 7 represas para consumo pecuario en distintos establecimientos que almacenan 159.000 m³.

El caudal de la derivación a El Desierto es de 300 l/seg en la toma sobre el Canal de Dios. Luego de descontarse los consumos y las pérdidas de conducción queda un remanente de 140 l/seg. El agua en su mayoría es utilizada para consumo de la hacienda. A lo largo del canal se ubican una serie de 17 represas en los distintos establecimientos con una capacidad de almacenamiento de 260.000 m³.

Los caudales para riego utilizados son fijos en todos los meses del año y obedecen al sistema de distribución y esquema de riego adoptado. Ellos se mantienen constantes debido a la escasa variabilidad que presentan las dotaciones mensuales de los cultivos.

- Caudal por turno en bloques (excepto IFIA)	200 l/s
- Caudal para IFIA	220 l/s (en años de precipitación normal)
- Caudal derivación Campo Gallo	500 l/s
- Caudal derivación El Desierto	300 l/s
Caudal Total	1.220 l/s

Demanda Pecuaria

Para estimar la provisión de agua de la ganadería se tomó una franja de influencia de 5 km a ambos márgenes del canal. Se adoptaron de acuerdo con las premisas dadas por la Dirección General de Planificación de la Gobernación de Santiago del Estero en lo referente a uso de poblaciones, ganadería y de los caudales a derivar a Campo Gallo y El Desierto, los siguientes criterios.

- Receptividad de: 5 ha/cabeza vacuna para cría
- Dotación establecida: 50 l/cabeza/día

Por otra parte la estimación del consumo en ruta para ganado se hizo de acuerdo al esquema que se transcribe a continuación:

1ro. Tramo a Urutau: Franja de 10 km x 90 km.

2do. Tramo a Monte Quemado: Colonización 100.000 ha más una franja de 10 km x 26 km.

3ro. Tramo a Los Tigres: Franja de 10 km x 30 km más Reserva Forestal (No hay ganadería).

4to. Tramo a El Caburé: Franja de 10 km x 30 km.

5to. Tramo Ramal a El Desierto: 2 Franjas de 10 km x 40 km.

6to. Tramo a Los Pirpintos: Franja de 10 km x 30 km más 75.000 ha.

7mo. Tramo a Pampa de los Guanacos: 2 franjas de 10 km x 25 km (ver cuadro Nro. II.4).

De las recorridas a la zona y del análisis de censos agropecuarios se observa que el desarrollo de las prácticas

agropecuarias no responden a una planificación como la indicada precedentemente.

La mayor discrepancia con la planificación se encuentra en la localidad de I.F.I.A. en la que se había proyectado una estación experimental y se construyó un barrio de viviendas, represas y planta potabilizadora. Sin embargo hasta la fecha no se ha comenzado su desarrollo.

Se destaca que a lo largo del canal hay gran cantidad de tomas libres construidas por particulares para consumo propio de ganado y desarrollo de pequeñas áreas de riego. Este consumo no responde a la regulación programada.

Respecto de las áreas de riego se observa que se han desplazado hacia aguas arriba. (al área de la toma y primer tramo del canal de Dios)

El desarrollo agrícola del área de Cruz Bajada y el canal a Ranchillos debe estar relacionado con el hecho de que el canal hasta la progresiva 32000 no presenta las limitaciones en la capacidad de escurrimiento que existen aguas abajo.

disminución de la variación de los caudales medios. En el Gráfico III-15, permanencia de caudales se visualiza este efecto mediante las curvas de caudales clasificados para ambos periodos.

En los gráficos III-16 y III-17 son presentados los volúmenes derramados por año hidrológico para la serie de registros y su acumulado.

Para la estación El Arenal son mostrados para los periodos considerados los valores de: caudal máximo mensual $219 \text{ m}^3/\text{s}$ y $101 \text{ m}^3/\text{s}$; caudal mínimo mensual 0 y 0, caudal medio mensual 17.5 y $26.5 \text{ m}^3/\text{s}$; caudal máximo diario $300 \text{ m}^3/\text{s}$ y $170 \text{ m}^3/\text{s}$ y caudal mínimo diario 0 y 0. Asimismo los volúmenes medios escurridos durante el periodo enero-abril fueron: 548 Hm^3 y 487 Hm^3 , que representan el 88% y el 66% de los volúmenes medios anuales derramados.

ABASTECIMIENTO PARA AGUA POTABLE

DOTACION DE AGUA 250 l/dia ha

POBLACION	POBLA FUTUR hab	CONSU FUTUR m3/d
URUTAU	750	188
EL CABURE	2 250	563
LOS PIRPINTOS	3 500	875
PAMPA DE LOS GUANA	7 000	1 750
MONTE QUEMADO	13 000	3 250
I.F.I.A.	1 800	450
CAMPO GALLO	10 500	2 625
RIO MUERTO	800	200
LOS FRENTONES	6 160	1 540
PAMPA DEL INFIERNO	5 840	1 460
CONCEPCION DEL BER	7 400	1 850
TACO POZO	7 400	1 850

CUADRO N° II.1

REPRESAS PUBLICAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

POBLACION	CANTIDAD DE REP num	CAPACIDAD REPRESA m3	PORCENTAJE UTILIZAC %	PLANTA POTAB	ABAST	
					ACTUAL dbs	FUTURO dbs
URUTAU	1	20 000	66.00%	SI	30/45	15
MONTE QUEMADO	1	200 000	15.00%	SI	10/15	4
EL CABURE	2	30 000	100.00%	SI	60	33
LOS PIRPINTOS	1	30 000	50.00%	SI	20/25	14
I.F.I.A.	2	20 000	100.00%	SI		22
LOS TIGRES	1	2 000	100.00%			7
PAMPA DE LOS GUANACOS	2	50 000	50.00%	SI	30	5
RIO MUERTO	2	30 000	100.00%			150
LOS FRENTONES	3	52 000	23.08%			8
PAMPA DEL INFIERNO	2	50 000	100.00%			34
VILLA MATCOQUE	2	20 000	0			0
CAMPO GALLO	3	115 000	80.00%	SI		51
DONADEU	3	32400	25.00%			

III OFERTA DE AGUA DEL RIO SALADO

Consideraciones generales

El estudio del comportamiento del río y su cuenca de aporte debe considerar la dinámica a la que responde debido a las condiciones naturales que lo gobiernan, y en el caso del río Salado, los condicionamientos impuestos por la realización de obras hidráulicas.

La propia dinámica del recurso propicia la necesidad de efectuar y mantener actualizados los conocimientos al efecto de seguir la marcha de los factores hidrológicos a través del tiempo.

En función de esta premisa se ha realizado una cuidadosa recopilación de antecedentes (Ver Capítulo V Información obtenida y referencias), de los cuales para este tópico resultan como más importantes los vinculados a los registros pluviométricos, aforos y registros limnimétricos, características del medio por donde escurre el río y sus afluentes de mayor importancia, de las obras hidráulicas y su funcionamiento.

El río y sus afluentes de mayor importancia son aforados en secciones de control atendidas principalmente por la Empresa Agua y Energía Eléctrica, y por la Administración Provincial de Recursos Hídricos en la Provincia de Santiago del Estero. En el Cuadro siguiente son indicadas para cada estación de aforo, su ubicación, periodo de funcionamiento y organismo que la opera.

En forma general se puede clasificar a la zona de análisis según los criterios de Thornthwaite, como semiárida.

Rio	Estación	Periodo de funcionamiento	Organismo
Arenales	Potr. de Diaz	1944/45-1966/67	AyEE
Arias	San Gabriel	1941/42-1967/68	AyEE
Calchaquí	La Punilla	1948/49-1967/68	AyEE
Juramento	Cabra Corral	1934/35-1967/68	AyEE
Medina	Desembocadura	1941/42-1967/68	AyEE
Pasaje	Miraflores	1928/29-1979/80	AyEE
Pasaje	El Tunal	1941/42-1979/80	AyEE
Salado	El Arenal	1929/30-1979/80	AyEE
Salado	Suncho Corral	1914/15-1961/62	AyEE

nota: los periodos de funcionamiento se obtuvieron de las Estadísticas hidrologicas hasta 1980 de Agua y Energía Eléctrica

- Cuenca Activa

El rio Salado tiene sus nacientes en la precordillera salteña. Se considera el inicio del rio Juramento o Salado en la confluencia de los rios Arias y Guachipas en la zona de Cabra Corral.

Aguas abajo el rio recibe la afluencia de los rios Piedras y Medina.

La cuenca activa del rio Salado se desarrolla hasta la sección el Tunal en la Provincia de Salta, sobre una superficie de 38.000 km².

Los valores de las series hidrologicas que caracterizan al rio y sus afluentes son mostrados en el siguiente cuadro.

RIO	ESTACION	PERIODO DE OBSERVACIONES	Q medio Anual (m ³ /s)	Q max med.diar. (m ³ /s)	Q min med.diar. (m ³ /s)	V Anual (ha3)
Arenales	Potrero de Diaz	1944/45- 1966/67	7.0	260	0.5	221
Arias	San Gabriel	1941/42- 1967/68	24.4	441	5.0	771
Calchaquí	La Punilla	1948/49- 1967/68	6.5	374	0.2	204
Juramento	Cabra Corral	1934/35- 1967/68	29.5	835		930
Pasaje	Miraflores	1928/29- 1972/73	33.5	954	6.0	1056
Pasaje	Miraflores	1973/74- 1979/80	37.6	199	2.0	1188
Medina	Desembocadura	1941/42- 1979/80	3.2	221	0.5	100
Pasaje	El Tunal	1941/42- 1972/73	37.1	1092	1.0	1170
Pasaje	El Tunal	1973/74- 1979/80	42.3	510	1.0	1336

Corresponde indicar que a partir del cierre y llenado del embalse Cabra Corral los caudales en régimen natural son modificados por el efecto regulador de la obra hidráulica.

- Cuenca Media

Aguas abajo de la sección el Tunal el río cambia su rumbo hacia el Sur penetrando en la Provincia de Santiago del Estero sin recibir aportes encauzados de importancia.

En términos generales el río en este tramo resulta efluente y se caracteriza por la presencia de bañados, entre ellos son identificados el Bañado de Copo (actualmente seco) de una superficie de 300 km²; Bañado Hoyo Seco; el Bañado de Figueroa (actualmente con graves problemas de erosión lineal retrograda) y el Bañado de Añatuya.

En el tramo santiagueño del río Salado, en casos excepcionales, los ríos Horcones y Urueña pueden resultar afluentes. Los dos tienen sus nacientes en la Provincia de Salta y atraviesan el territorio santiagueño, siendo sus aguas utilizadas para riego.

En el caso del río Horcones hasta 1981 se perdían los exedentes en el bañado homónimo, posteriormente se construyó una pequeña canalización con el objeto de inducir su drenaje hacia el río Salado. El cambio producido en el nivel de base ha provocado un aumento de la pendiente, que ha originado un proceso de erosión lineal retrograda (cárcavas) que busca reestablecer un nuevo perfil de equilibrio. Esta modificación producirá cambios limitando el efecto amortiguador del bañado.

La dinámica de los derrames en este tramo del río Salado presenta variaciones significativas a lo largo del recorrido. Se realiza entonces una breve descripción del mismo desagregado en subtramos que permitan identificar sus características.

Asimismo, teniendo en cuenta la ubicación de las secciones de control existentes.

A efectos de ampliar el análisis se lo extiende hasta la sección Cabra Corral.

- Subtramo Cabra Corral - Miraflores

Este subtramo se desarrolla en la parte activa de la cuenca en la Provincia de Salta en una longitud aproximada de 90 km. El río recibe afluentes laterales provistos por la pluviometría de la zona, entre ellos el más importante es el Río Piedras, con crecidas estivales entre diciembre y marzo.

En forma general se puede indicar que los aportes son superiores a las pérdidas e insumos para riego, conservándose gastos mayores en la sección Miraflores que en Cabra Corral. En ambos casos en régimen natural el volumen de escurrimiento medio para el período diciembre-marzo representa el 68% del derrame anual, es también durante este período cuando se producen las mayores ganancias de caudales en el tramo.

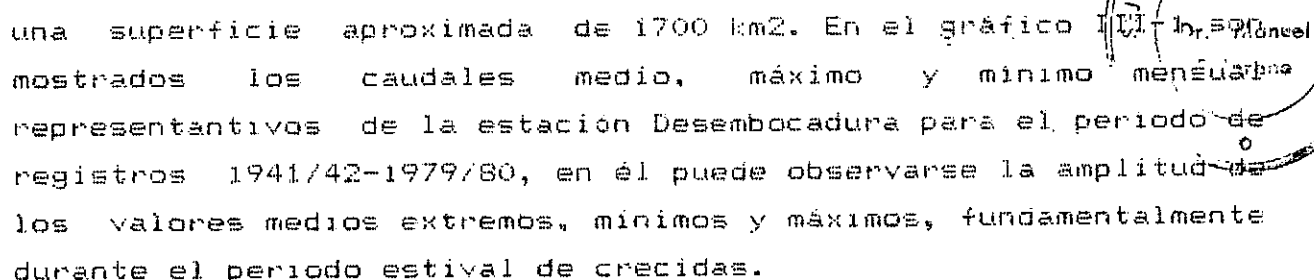
Para el período de registros común a ambas estaciones 1934/35-1967/68 los caudales medios y volúmenes medios derramados resultan:

Cabra Corral: $Q_m = 29.5 \text{ m}^3/\text{s}$
 $V_m = 930 \text{ Hm}^3$

Miraflores: $Q_m = 34.3 \text{ m}^3/\text{s}$
 $V_m = 1082 \text{ Hm}^3$

- Subtramo Miraflores - El Tunal

Este subtramo también se desarrolla en la parte activa de la cuenca, su longitud es de 35 km, y recibe como afluente más importante por margen derecha al río Medina, cuya cuenca tiene



El río Medina aporta en promedio un caudal de $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$, con un derrame anual de 100 Hm^3 .

En términos medios para el periodo común 1941/42-1971/72 de registros en las estaciones sobre el río Pasaje, Miraflores y el Tunal y sobre el río Medina la ya mencionada Desembocadura se ha confeccionado el siguiente cuadro que muestra cuantitativamente la marcha de los caudales medios y las pérdidas y ganancias en el tramo en régimen natural.

En los gráficos III-2, III-3, III-7 y III-8 son presentados los caudales medios, máximos y mínimos mensuales del río Pasaje en las estaciones Miraflores y El Tunal para los periodos 1929/30-1971/72 y 1973/74-1979/80, 1941/42-1971/72 y 1979/80 respectivamente. Las series han sido desdobladas considerando el efecto regulador del embalse Cabra Corral, cuyo llenado se ha realizado en 1973. En estos gráficos se observa la marcha anual de los caudales medios y extremos mensuales como asimismo su amplitud de variación.

En los gráficos III-4 y III-9 son mostradas las curvas de permanencias de caudales medios mensuales para las estaciones Miraflores y El Tunal en los periodos considerados, en ellos se observa la incidencia de la regulación impuesta por la operación del embalse Cabra Corral, que atenúa los valores pico y aumenta los caudales del periodo de estiaje. El mismo resultado se obtiene comparando los gráficos de caudales promedios mensuales de ambos periodos considerando para cada una de las estaciones.

Para el periodo de operación del embalse 1973/74-1979/80 se presenta en el siguiente cuadro los valores de caudales medios mensuales y las pérdidas y ganancias producidas en el tramo.

ESTACION	Sab.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	ANO
Miraflores (1)	28.7	27.9	29.1	32.1	41.1	65.6	59.9	48.0	30.0	28.1	28.0	27.5	37.8
Mecina	1.5	3.7	9.6	16.0	18.5	6.6	2.4	1.8	1.6	1.6	1.5	1.5	5.5
El Tunal (2)	27.1	24.1	25.9	31.9	55.6	77.0	84.5	56.6	34.5	28.1	27.6	26.5	42.3
El T. (2) - (1)	-1.6	-3.8	-3.2	-0.2	14.5	11.4	24.7	8.6	4.5	0.0	-0.4	0.9	4.6

Merece indicarse que en este subtramo son regadas mediante derivaciones aproximadamente 7000 ha. en la zona denominada El Galpón, que podrían explicar las pérdidas durante el periodo de estiaje.

De la información obtenida y de los gráficos presentados pueden extraerse algunos valores que permiten identificar al régimen del río en ambas estaciones para los periodos considerados. Para el primero de ellos los caudales máximo, medio mensual, mínimo medio mensual y medio mensual son respectivamente para las estaciones Miraflores y el Tunal: 381 m³/s y 339 m³/s; 8 m³/s y 4 m³/s; y 33.5 m³/s y 37.1 m³/s; los caudales máximos y mínimos medios diarios resultaron: 954 m³/s y 1092 m³/s y 6 m³/s y 1 m³/s.

En los gráficos III-5 y III-10 son presentados los derrames anuales en las secciones Miraflores y el Tunal, en los gráficos III-6 y III-11 los volúmenes acumulados de esos derrames, y en el gráfico III-12 la curva de doble masa en valores de volúmenes anuales de ambas estaciones sobre el río Pasaje.

Para el segundo periodo los caudales fueron Q_{\max} mens.= 92 m^3/s ; Q_{\min} men= 8 m^3/s ; Q_{\max} diario= 199 m^3/s ; Q_{\min} diario= 2 m^3/s para la estación Miraflores y Q_{\max} mens.=123 m^3/s ; Q_{\min} mens. 9 m^3/s ; Q_{\max} diario= 510 m^3/s ; Q_{\min} diario = 1 m^3/s , para la estación El Tunal y los volúmenes derramados para el periodo de crecientes: 515 Hm^3 y 647 Hm^3 que representan el 43% y el 49% de los volúmenes medios anuales derramados.

- Subtramo El Tunal - El Arenal

Presenta diferentes comportamientos entre las porciones que se desarrollan en territorio salteño y santiagueño, pero la información existente impide que se realice tal discretización por lo que el análisis cuantitativo es realizado en forma integrada para el tramo de 190 km de longitud aproximada.

Aguas abajo de la sección El Tunal son derivados caudales para las siguientes zonas de riego: en la Provincia de Salta: El Tunal, Chel. Olleros, González, Gaona, Quebrachal, Macapillo, Santa Rosa y en la Provincia de Santiago del Estero: Villa Matoque, las que suman en total una superficie regada de 21.000 has. aproximadamente.

El río al ingresar al territorio de la Provincia de Santiago del Estero escurre con una muy débil pendiente por la zona conocida como Bañado del Copo que se extiende sobre una superficie aproximada de 32.000 has., en la que se producen importantes pérdidas por evaporación o infiltración. En este tramo la precipitación es escasa, la zona carece de una red de drenaje hacia el río y los suelos y subsuelos, están

constituidos por sedimentos finos de baja cohesión.

En el bañado del Copo se ha detectado un proceso de erosión lineal retrógrada que ha provocado prácticamente su secado mediante el encauzamiento sucesivo a través de las cárcavas hasta formar un cauce único que actúa de drenaje evitando la inundación de la zona.

Estos procesos tienen su origen en los cambios sufridos en la dinámica del río por causa de la operación del embalse Cabra Corral que ha modificado mediante la regulación los derrames líquidos y sólidos del río, que de esta manera se manifiesta variando las zonas de erosión y deposición en procura de una nueva estabilización. En la zona del bañado del Copo el río actualmente presenta una importante actividad erosiva aumentando el caudal sólido que transporta hacia aguas abajo, el que en parte será depositado al norte del bañado de Figueroa.

La estacionalidad del clima y de las crecidas anuales conjuntamente con la carga de sólidos que vá provocando por deposición la elevación del valle aluvial, algunas veces hasta alcanzar y sobrepasar la altura de la llanura adyacente, ocasionan frecuentes salidas de cauce. Entonces esta zona es caracterizada por fenómenos de aluvionamiento excesivo, hidromorfismo y salinización causada por los bloqueos en los drenajes.

En el tramo comprendido entre las estaciones El Tunai y el Arenal son producidas importantes pérdidas en los caudales de escurrimiento, las cuales son evaluadas para las condiciones de río en estado natural y regulado mediante la operación del embalse Cabra Corral, a través de la diferencia de los caudales medios mensuales entre ambas estaciones para los periodos comunes 1941/42-1971/72 y 1973/74-1979/80 respectivamente. Los resultados se presentan en los cuadros siguientes:

Periodo 1941/42 - 1971/72

ESTACION	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	ANO
El Tunal	9.8	9.0	18.7	23.4	69.9	120.0	86.8	40.1	22.3	17.4	14.9	12.8	37.1
El Arenal	0.0	0.2	0.6	4.7	31.5	73.3	58.3	26.8	8.9	3.3	1.8	0.8	17.5
Diferencia	-9.8	-8.8	-18.1	-18.7	-38.4	-46.7	-28.5	-13.3	-13.4	-14.1	-13.1	-12.0	-19.6
Pérdida en %	100.0	98.0	97.0	80.0	55.0	39.0	33.0	33.0	60.0	81.0	88.0	94.0	53.0.

Periodo 1973/74 - 1979/80

ESTACION	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	ANO
El Tunal	27.1	24.1	25.9	31.9	55.6	77.0	84.6	56.6	34.6	28.1	27.6	28.5	42.3
El Arenal	7.9	6.9	8.3	11.8	26.4	57.7	77.4	50.6	26.0	13.8	12.5	10.4	26.5
Diferencia	-19.2	-17.2	-17.6	-20.1	-29.2	-19.3	-7.2	-6.0	-8.6	-14.3	-15.1	-18.1	-15.8
Pérdida en %	71.0	71.0	68.0	63.0	53.0	25.0	9.0	11.0	25.0	51.0	55.0	64.0	37.0.

Es decir que en el tramo se produce para el río no regulado una pérdida media del 53% del caudal medio anual de El Tunal. Naturalmente las mayores pérdidas en porcentaje se producen durante el periodo de estiaje y el comienzo de la creciente, es decir, de junio a diciembre; los valores menores se registran en marzo y abril hacia el final del periodo de creciente.

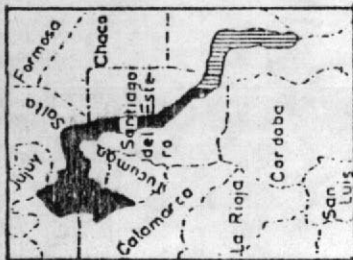
Para el periodo 1973/74 - 1979/80 la pérdida media ha sido del 37% del volumen derramado en El Tunal.

Para la estación El Arenal se presenta en los Gráficos III-13 y III-14 los caudales medios, máximos y mínimos mensuales para los periodos 1929/30 - 1971/72 y 1973/74 - 1979/80. En el primero se observa la gran amplitud existente entre los valores máximos y mínimos a nivel mensual, como asimismo su dispersión respecto a los valores medios, en el segundo como producto de la operación de Cabra Corral el río presenta una atenuación de los caudales máximos, aumento de los caudales mínimos y una notable

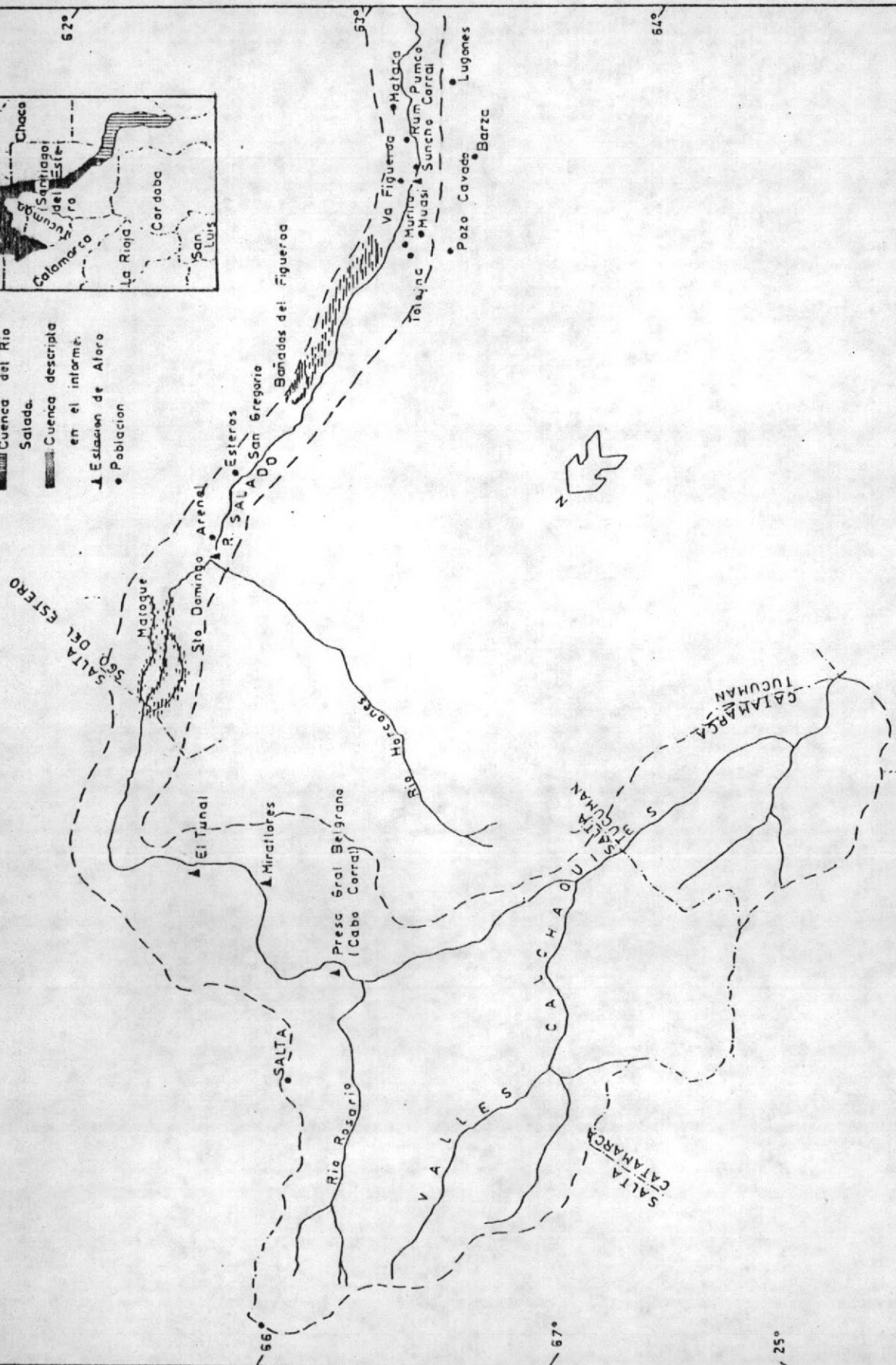
disminución de la variación de los caudales medios. En el Grafico III-15, permanencia de caudales se visualiza este efecto mediante las curvas de caudales clasificados para ambos periodos.

En los gráficos III-16 y III-17 son presentados los volúmenes derramados por año hidrológico para la serie de registros y su acumulado.

Para la estación El Arenal son mostrados para los periodos considerados los valores de: caudal máximo mensual $219 \text{ m}^3/\text{s}$ y $101 \text{ m}^3/\text{s}$; caudal mínimo mensual 0 y 0, caudal medio mensual 17.5 y $26.5 \text{ m}^3/\text{s}$; caudal máximo diario $300 \text{ m}^3/\text{s}$ y $170 \text{ m}^3/\text{s}$ y caudal mínimo diario 0 y 0. Asimismo los volúmenes medios escurridos durante el periodo enero-abril fueron: 548 Hm^3 y 487 Hm^3 , que representan el 88% y el 66% de los volúmenes medios anuales derramados.

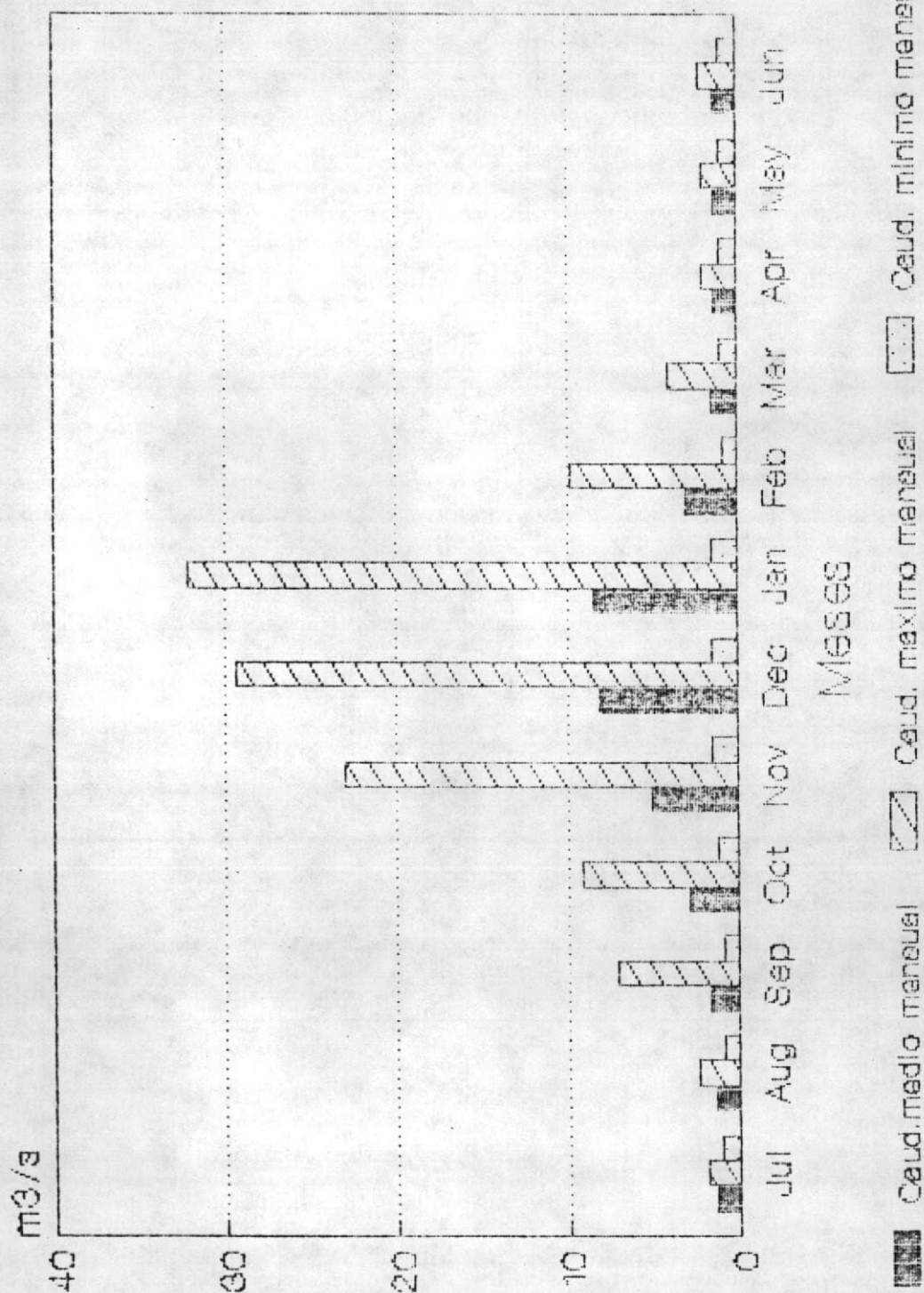


- REFERENCIAS:**
- Cuenca del Río Salado.
 - Cuenca descripta en el informe.
 - ▲ Estación de Alaro.
 - Población.



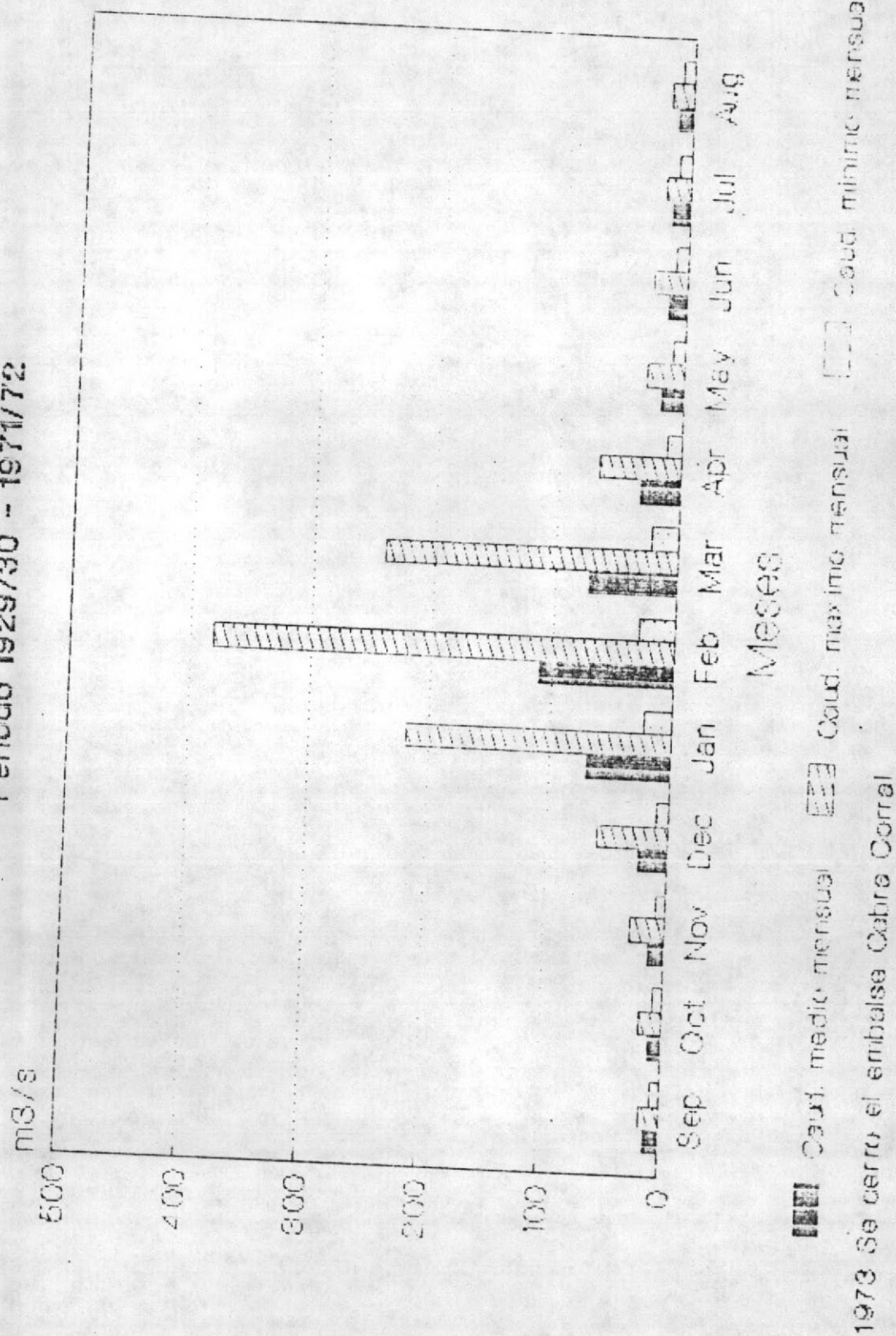
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES			PLANO N° 3
Escala Gráfica 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 km		CUENCA DEL RIO SALADO (hasta la zona del Dique Figueroa)	
AUTOR: Ing. Civil J. H. Arancibia		AREA: CANAL DE DIOS PROV: SANTIAGO DEL ESTERO Y CHACO	
FECHA: Octubre 1950			

Caudales promedio mensuales
Rio MEDINA. Est. Desembocadura
Periodo 1941/42 - 1979/80

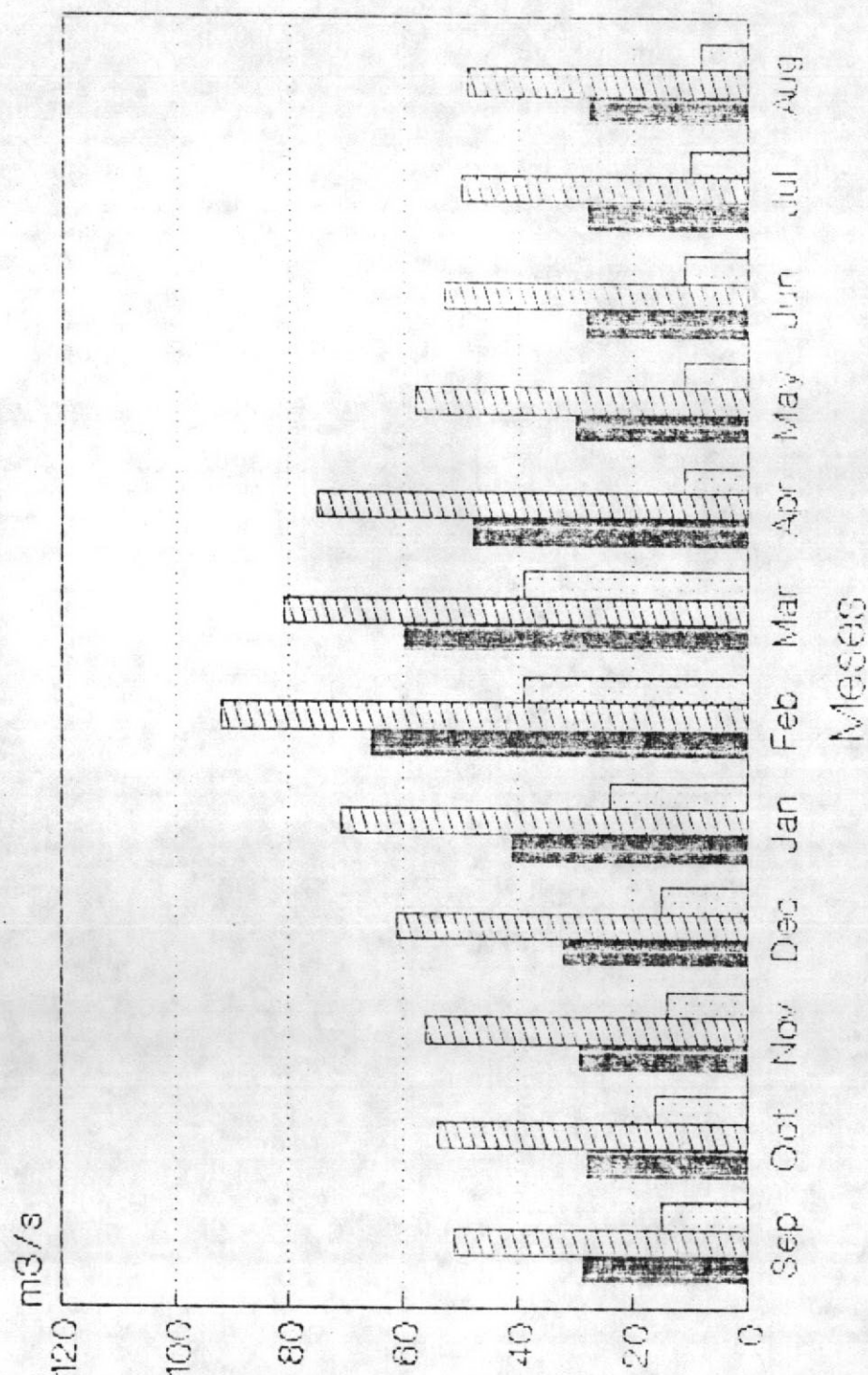


Caudales promedios mensuales Est. MIRAFLORES

Periodo 1929/30 - 1971/72

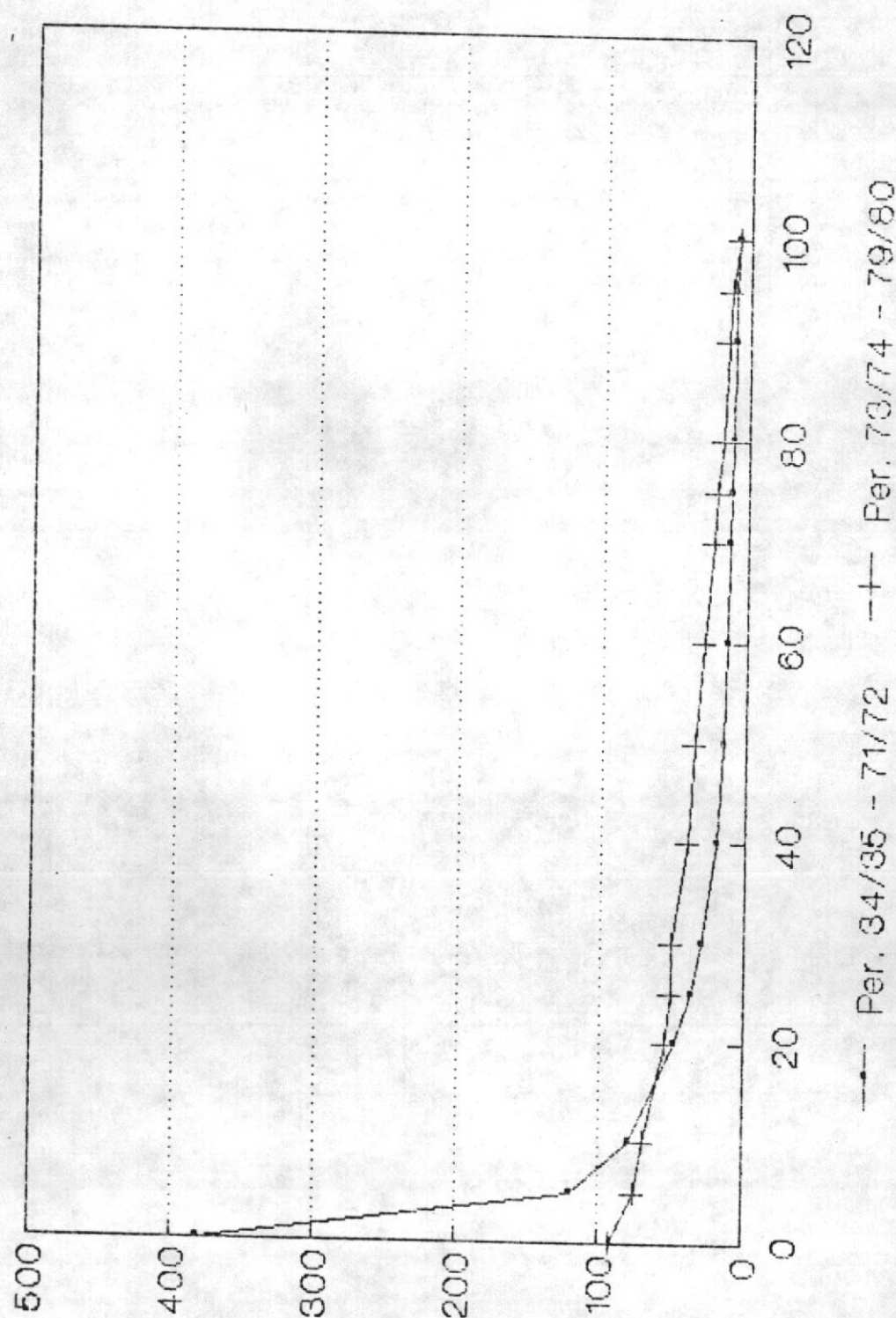


Caudales promedio mensuales
Est. MIRAFLORES
Periodo 1973/74 - 1979/80



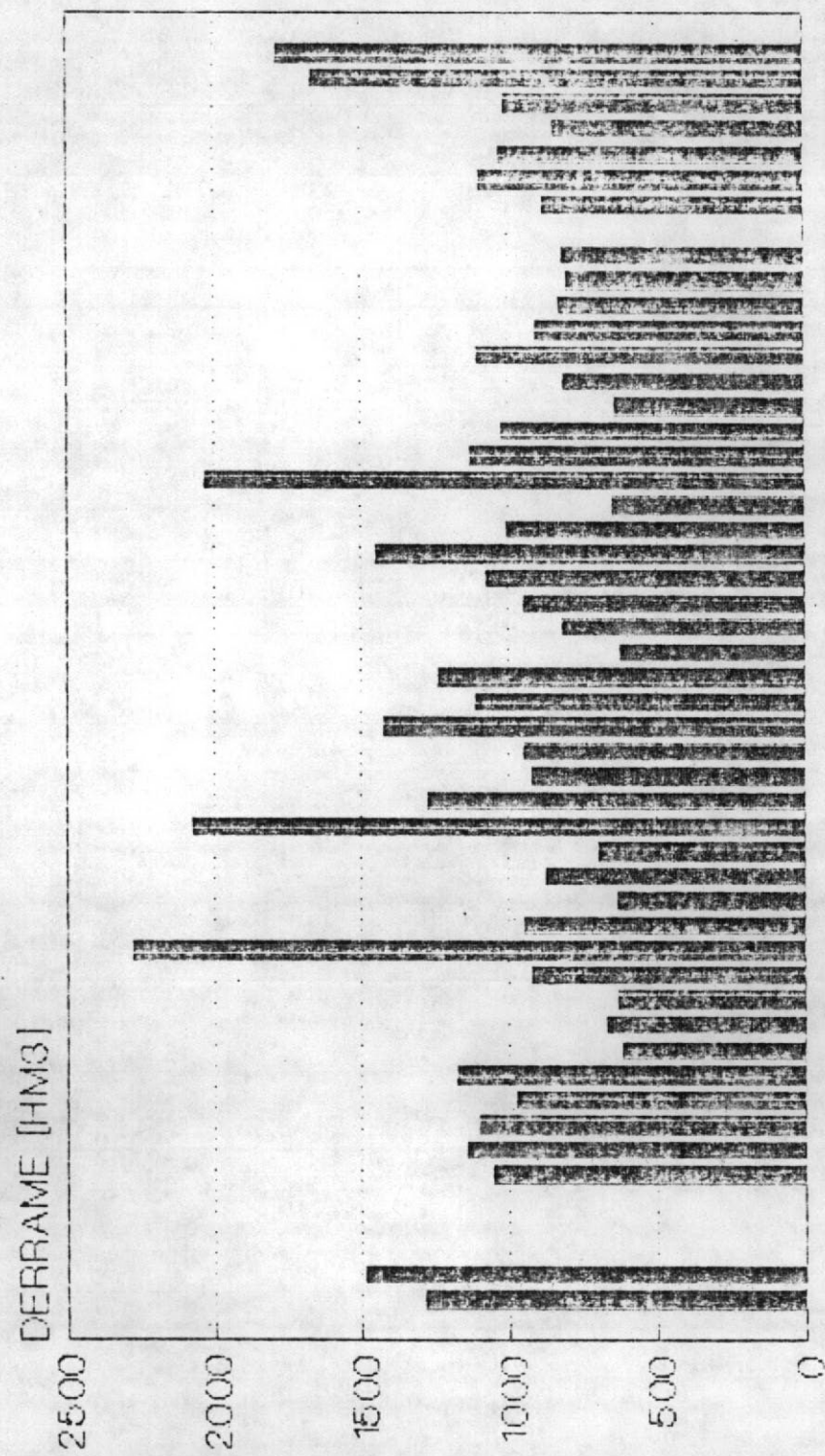
1973 Sa cerro el embalse Cebra Corral

Permanencia de caudales medios mensuales Est.: MIRAFLORES

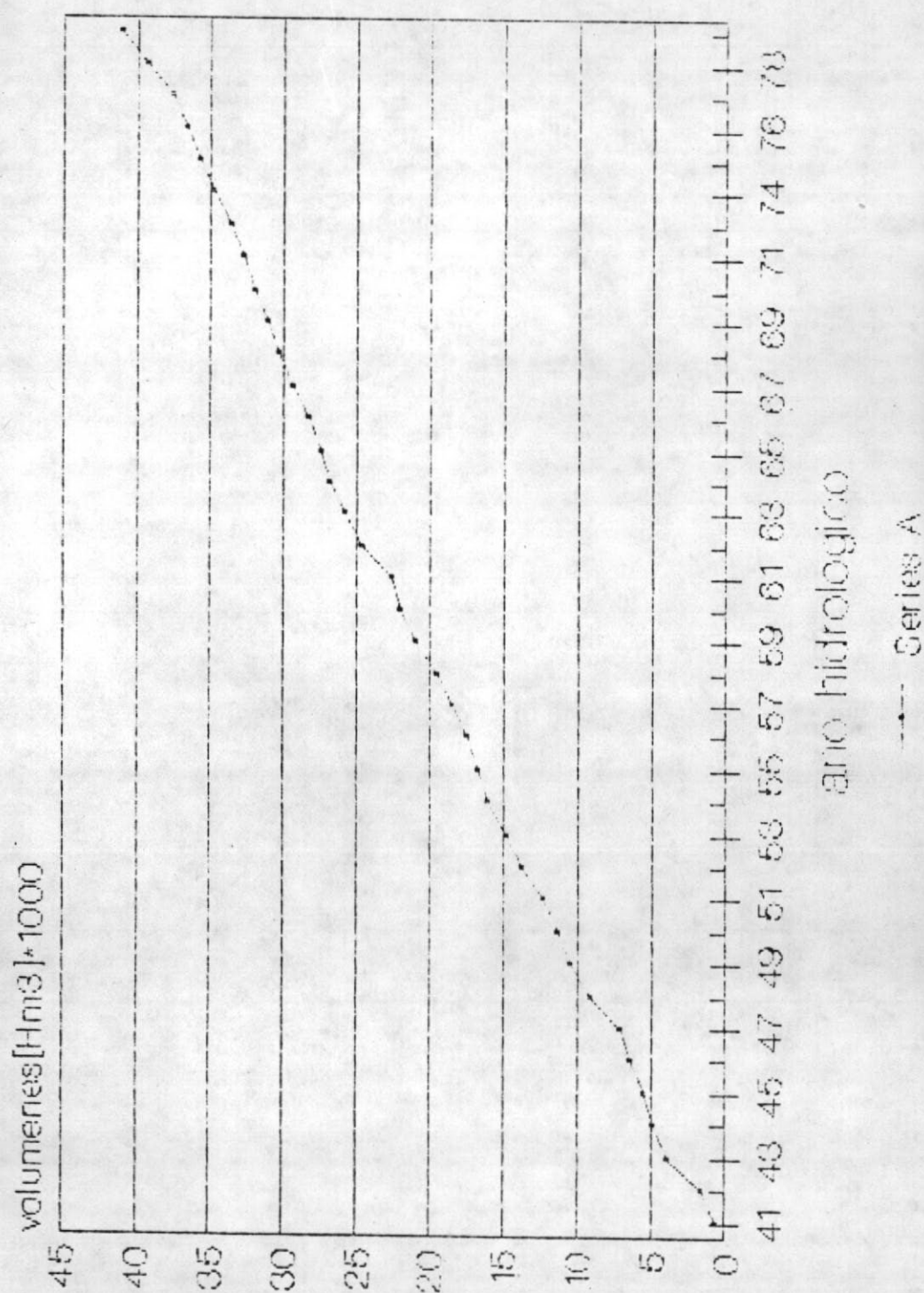


1973 Se carro el embalse Cebra Corral

DERRAMES ANO HIDROLOGICO RIO SALADO MIRAFLORES



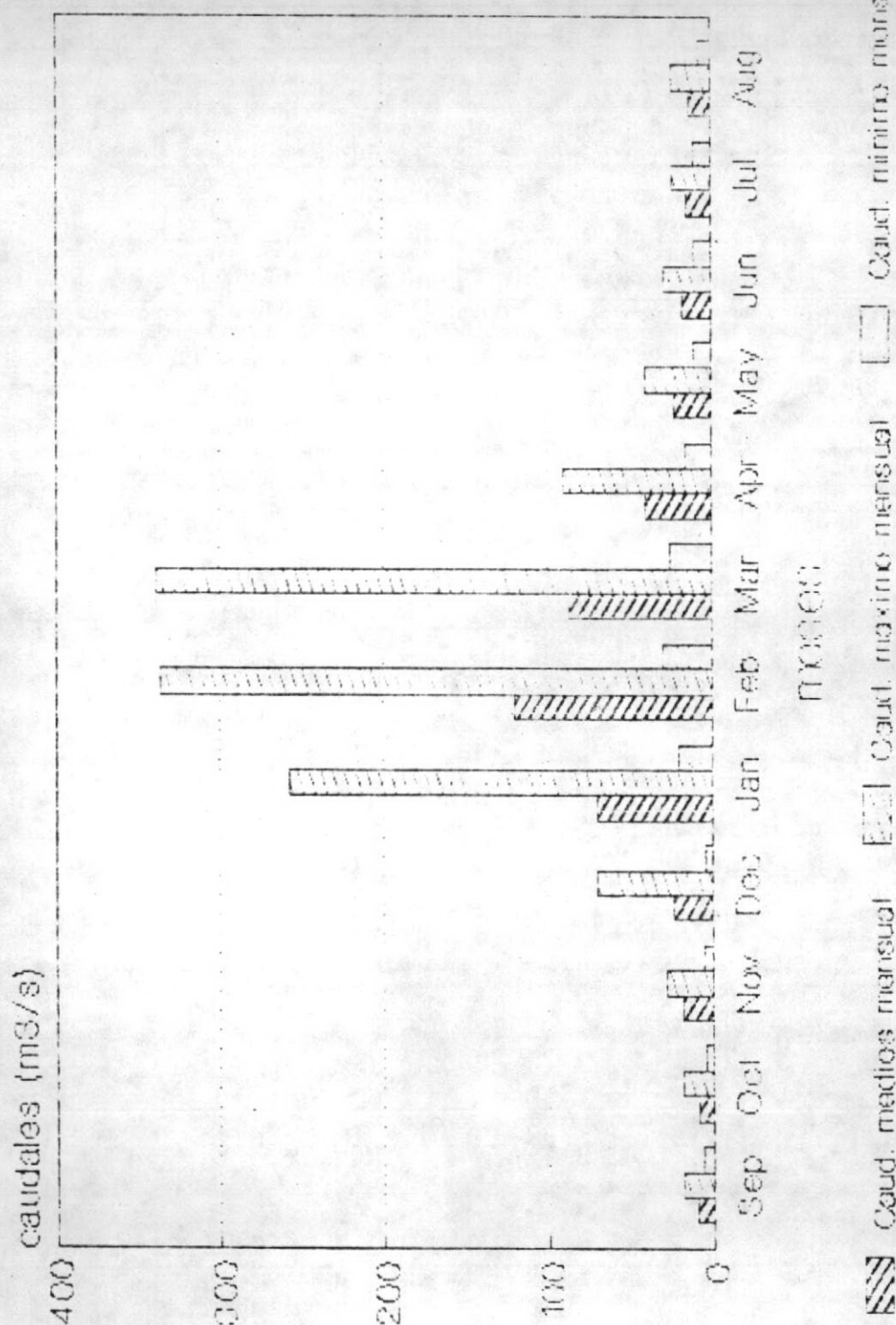
Volumenes acumulados 1041/42-1979/80 Miraflores



Caudales promedios mensuales

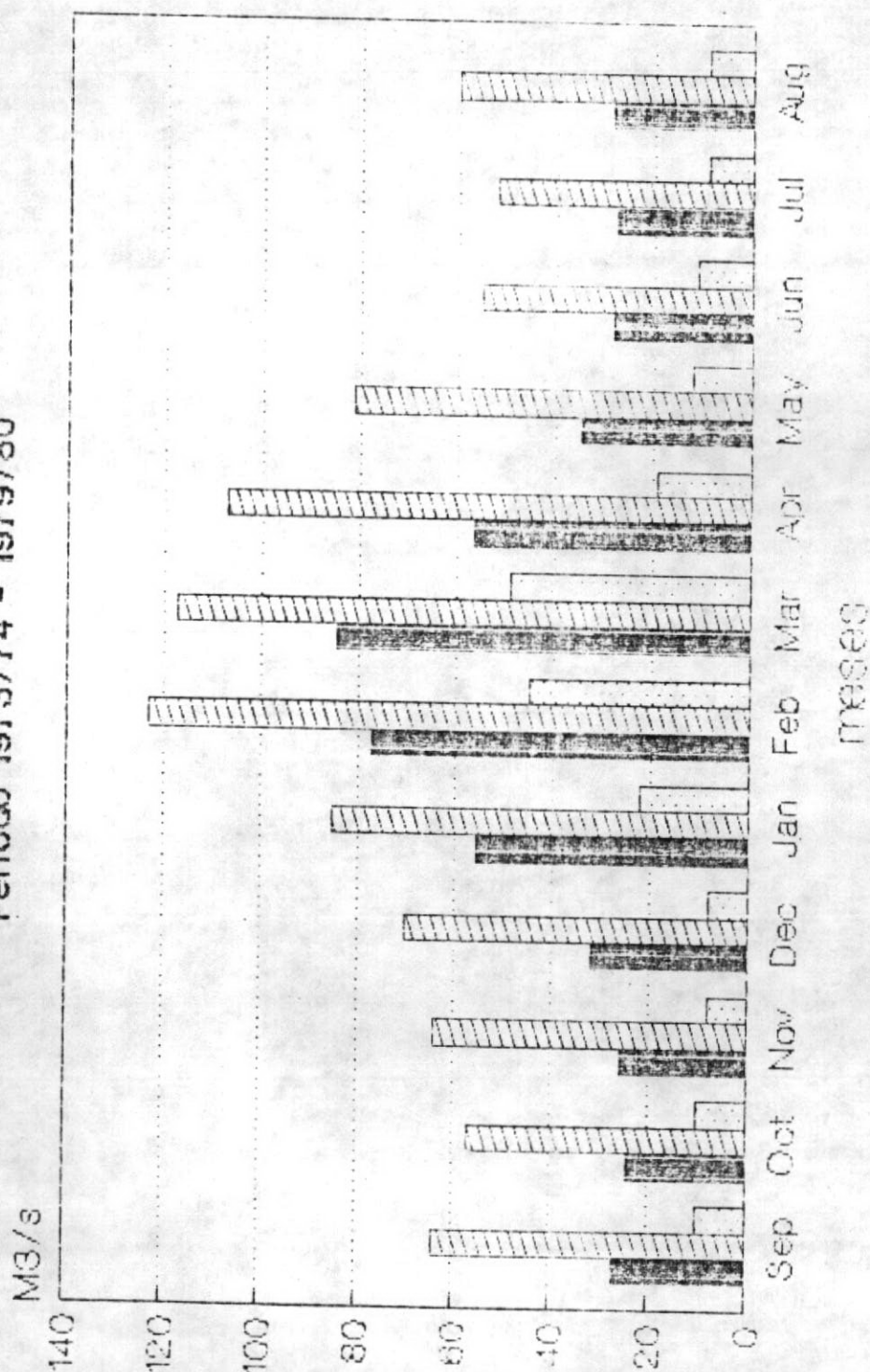
Est. EL TUNAL

Periodo 1941/42 -1971/72



Caudales promedios mensuales Est. EL TUNAL

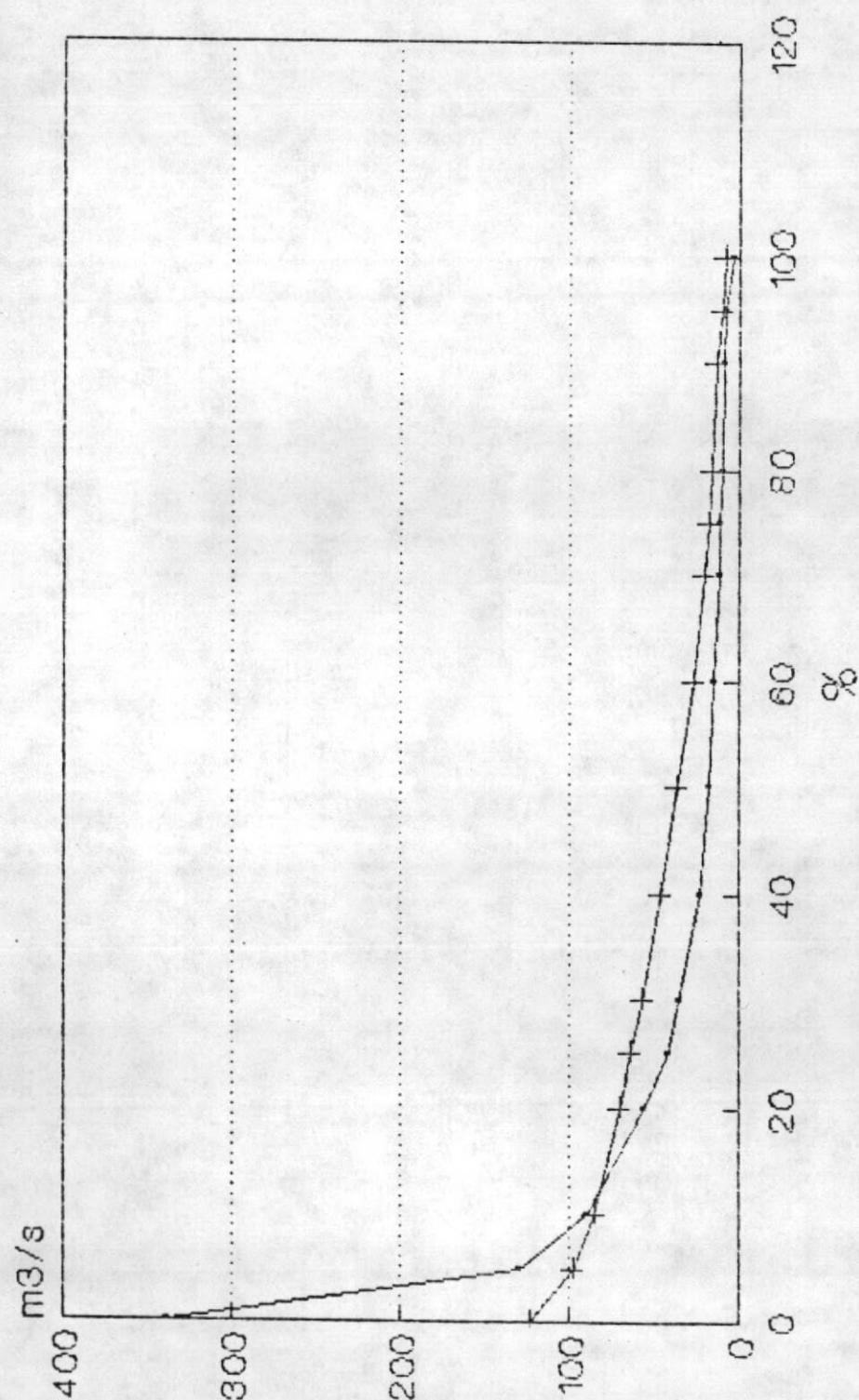
Periodo 1973/74 - 1979/80



Caud. medio mensual
 Caud. maximo mensual
 Caud. minimo mensual

1973 Se cerro el embalse de Cebra Corral

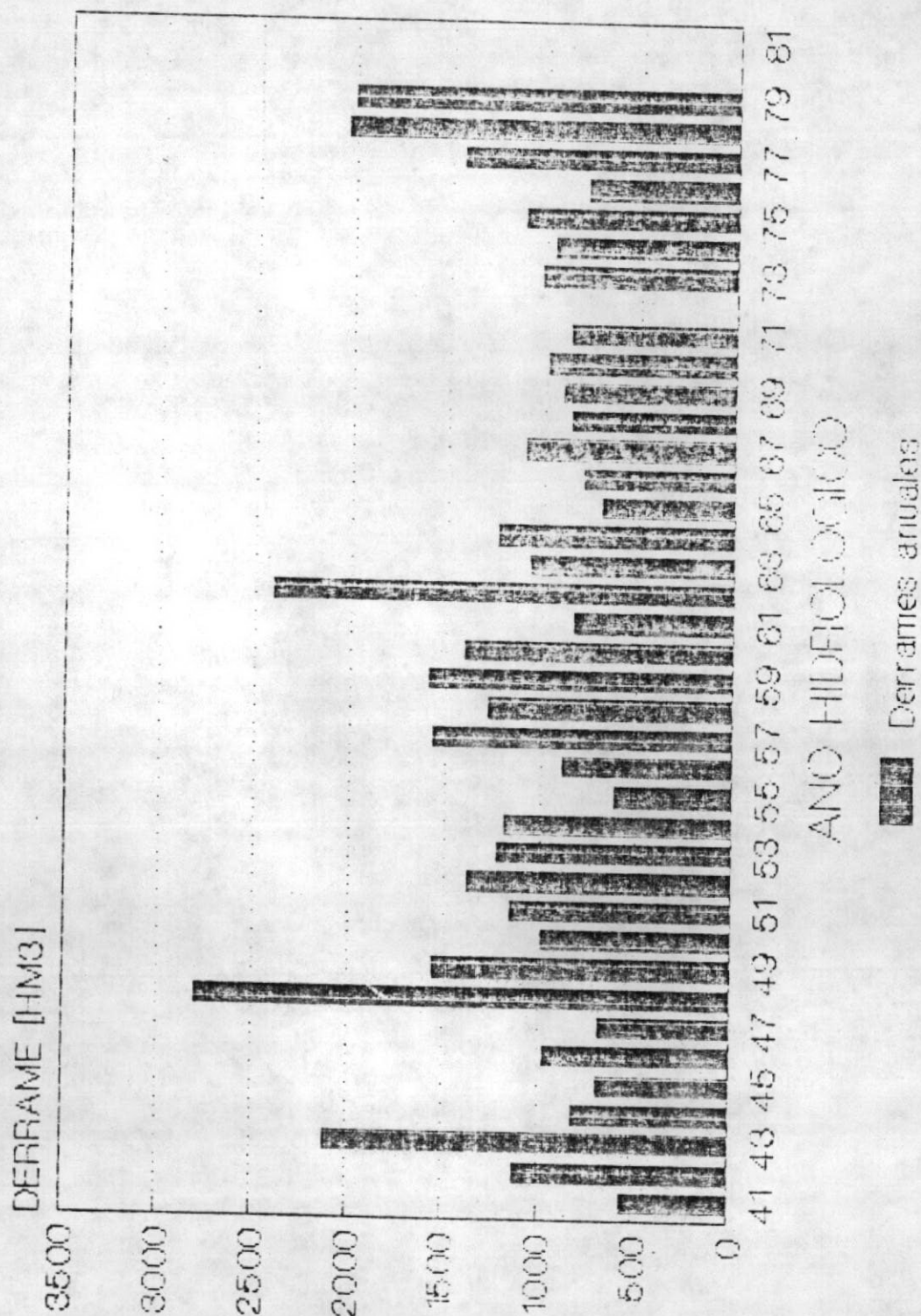
Permanencia de caudales medios mensuales Est. EL TUNAL



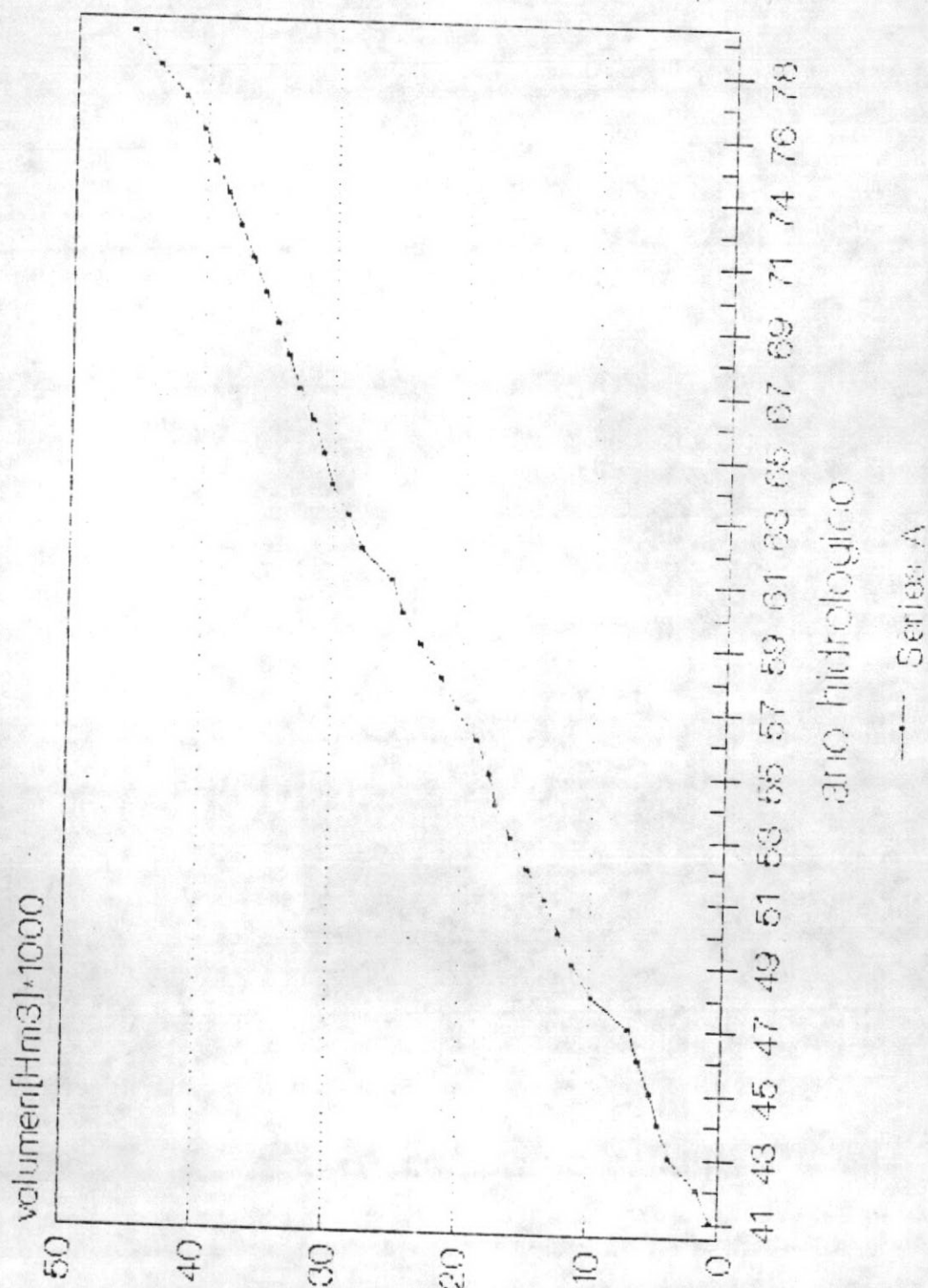
—•— Per. 41/42 - 71/72 -+ Per. 73/74 - 79/80

1973 Se cerró el embalse Cabra Corral

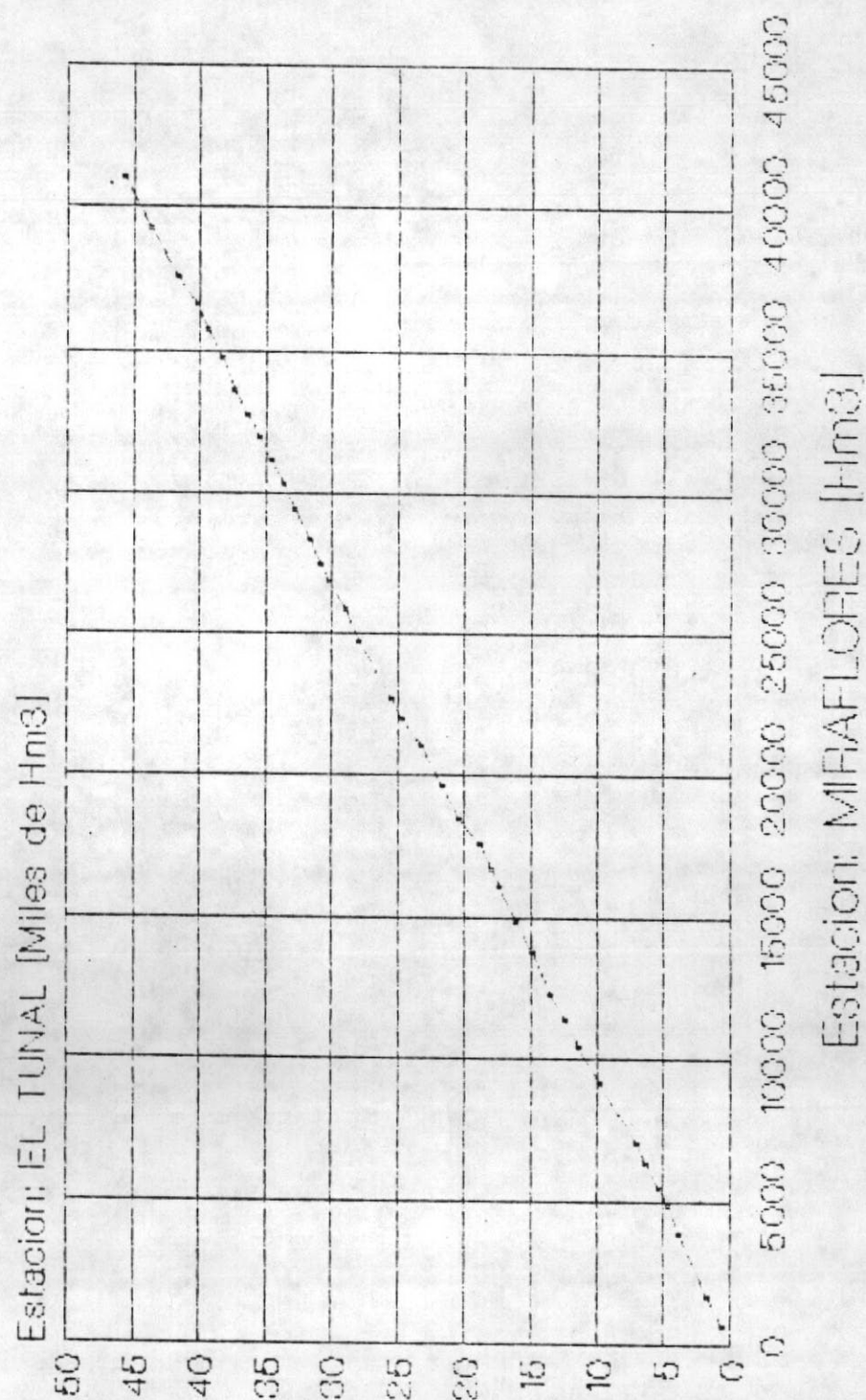
DERRAMES ANO HIDROLOGICO RIO SALADO EL TUNAL



Volumenes acumulados 1941/42-1979/80 El Tunal



DERRAMES ANUALES MIRAFLORES-EL TUNAL

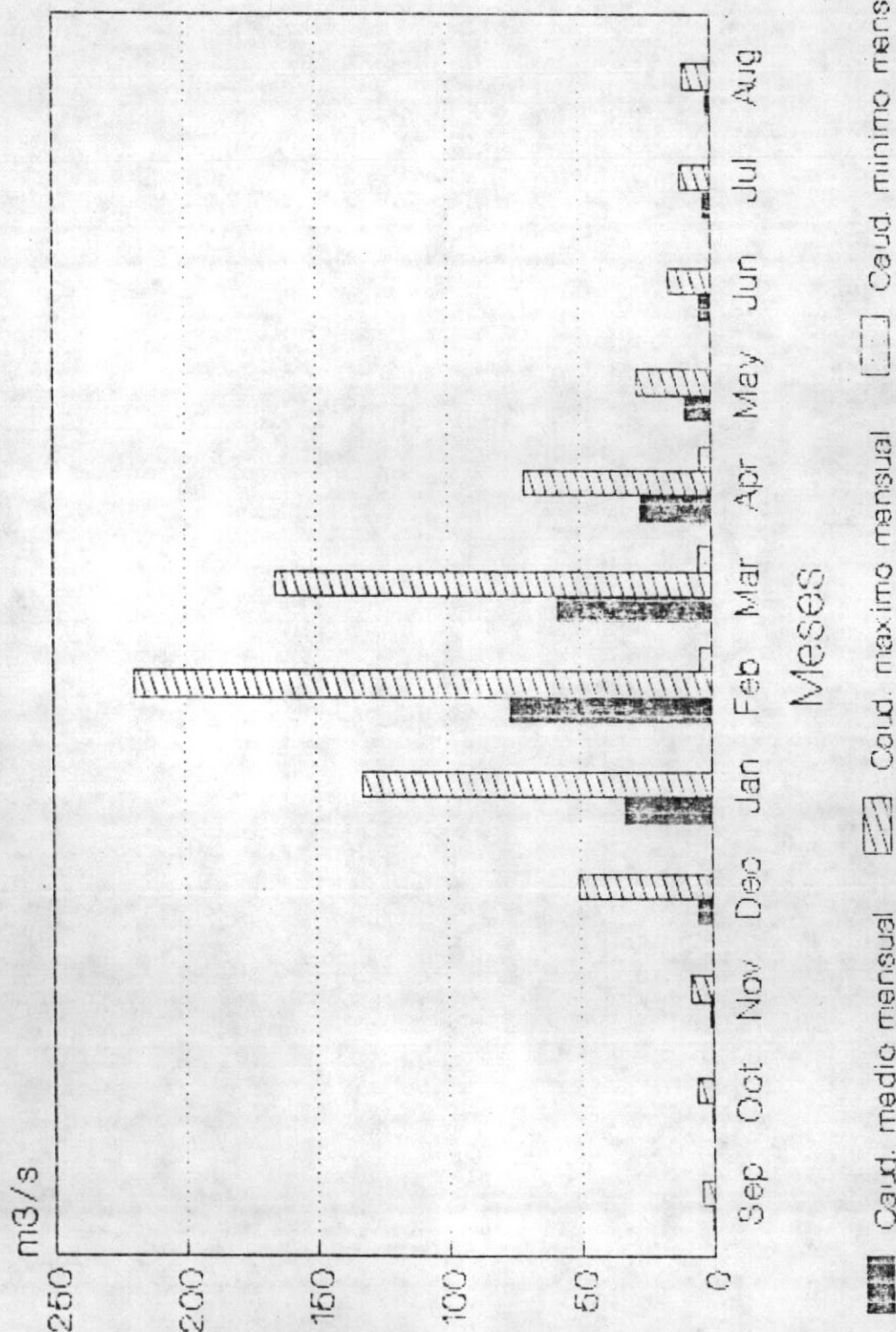


Desde el año 1941

Caudales promedio mensuales

Est. EL ARENAL

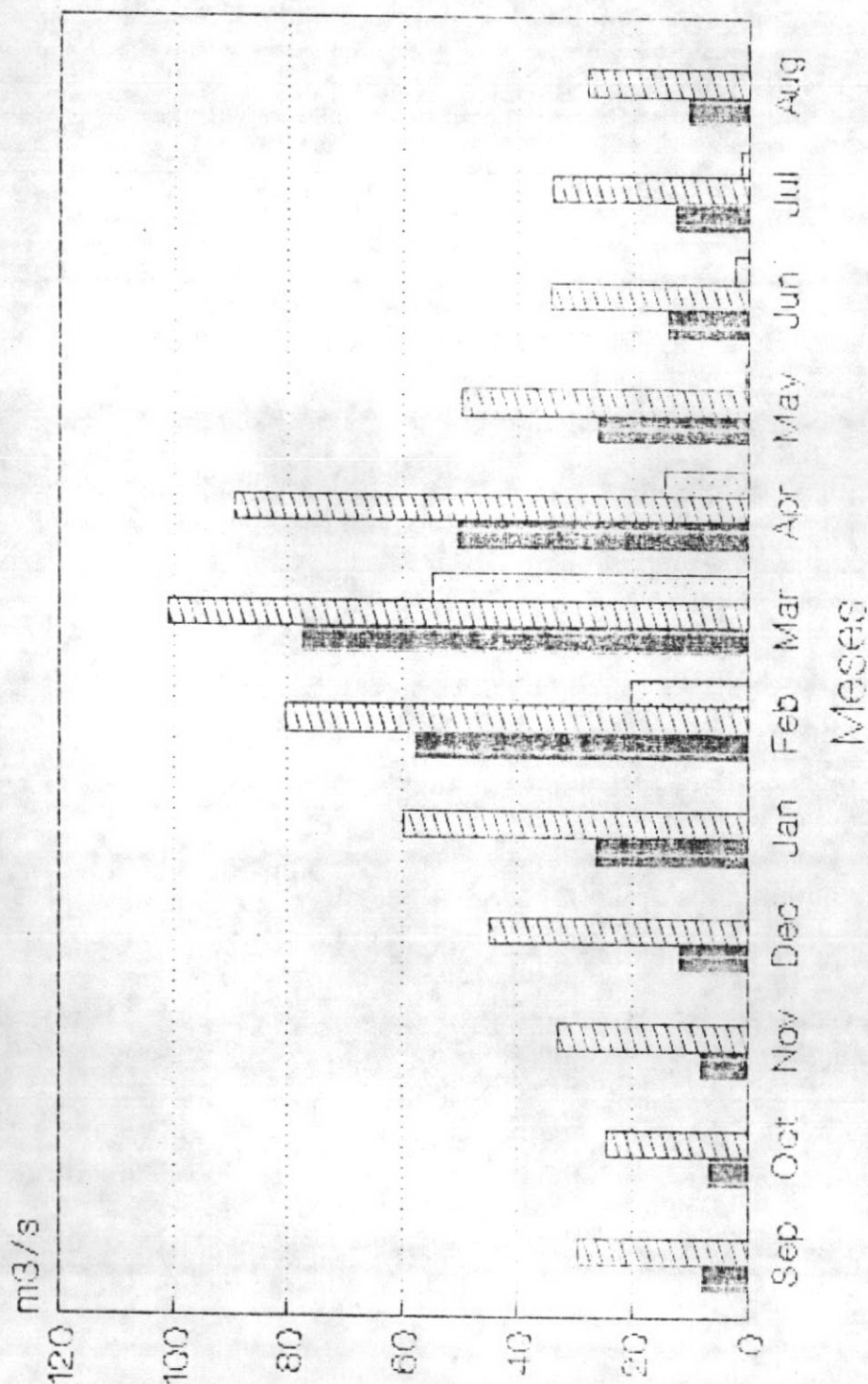
Periodo 1929/30 - 1971/72



1973 Se cerro el embalse Cabra Corral

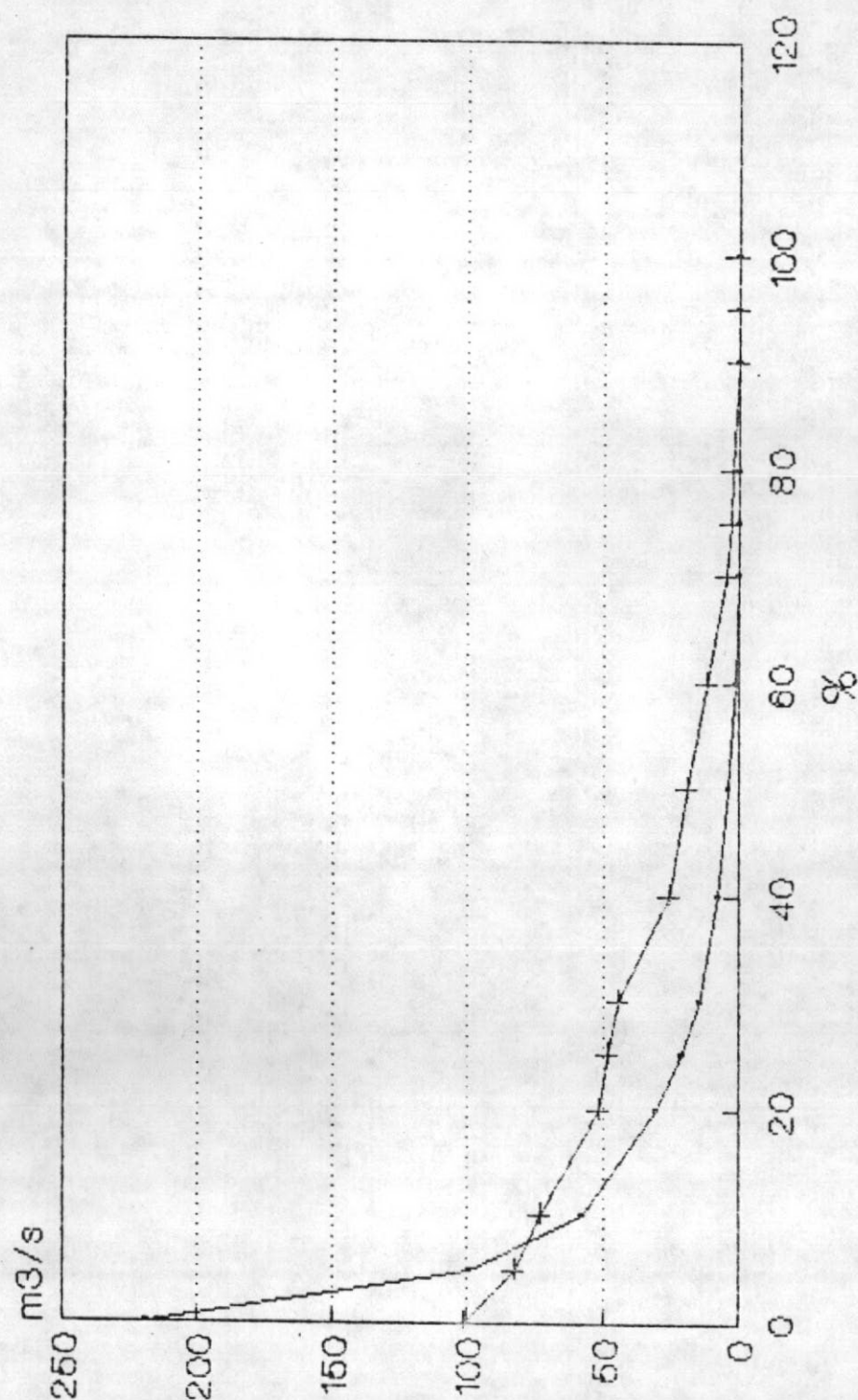
Caudales promedio mensuales est. EL ARENAL

Periodo 1973/74 - 1979/80



1973 Sta cerro al embalse Cobre Corral

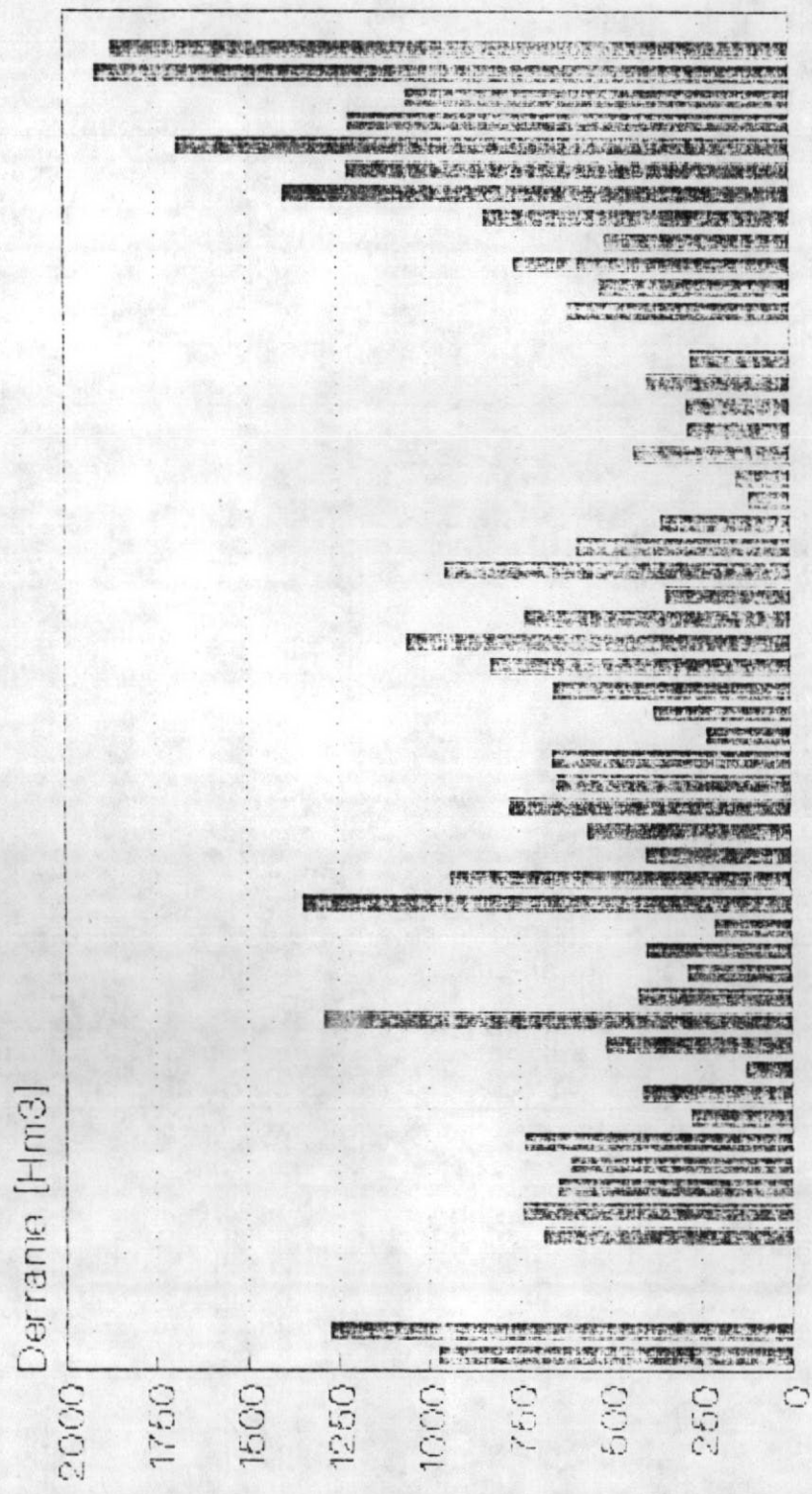
Permanencia de caudales medios mensuales Est. EL ARENAL



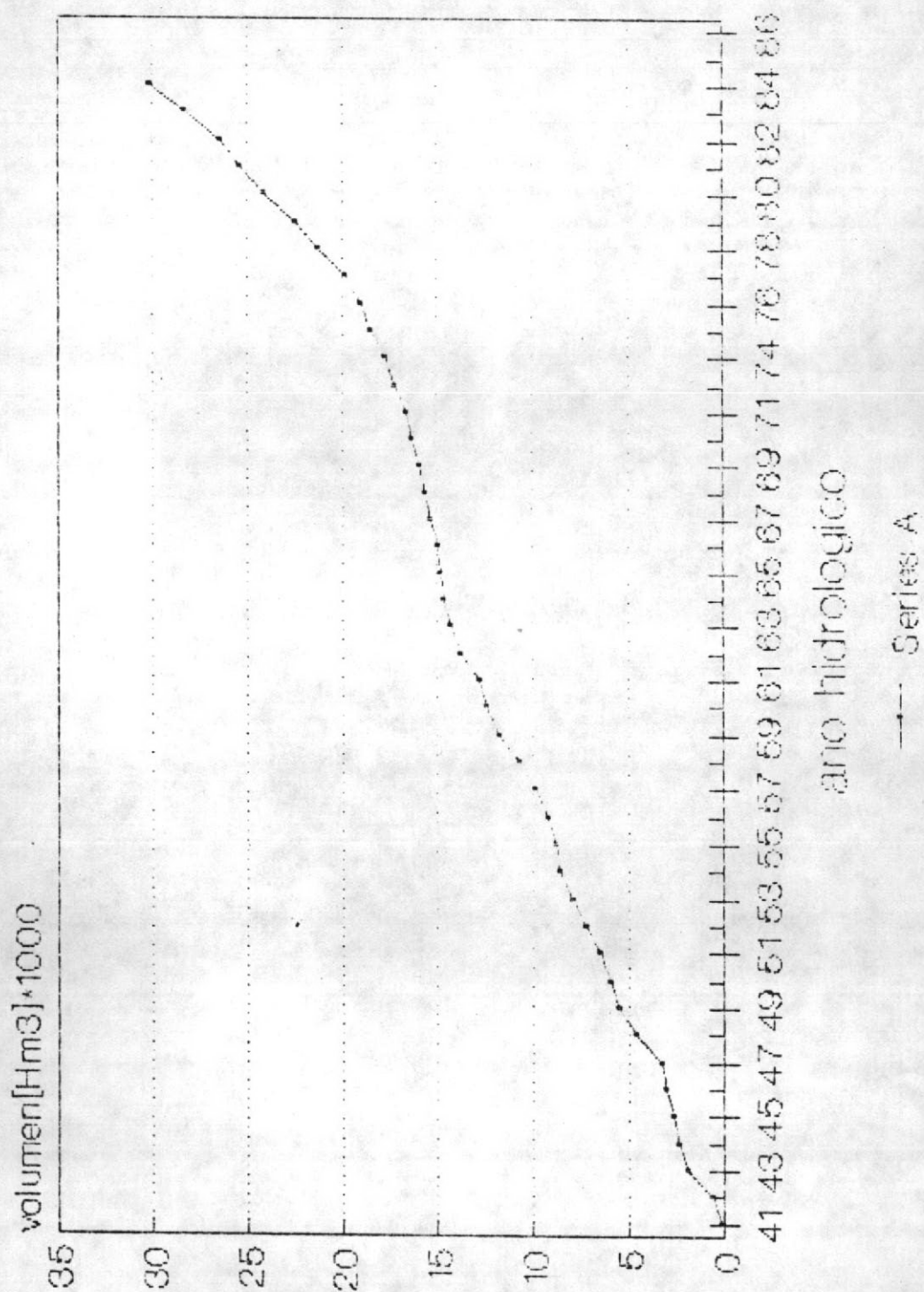
— Per. 34/35 - 71/72 - - - Per. 73/74 - 79/80

1973 Se cerro el embalse Cebra Corral

DERRAMES ANO HIDROLOGICO RIO SALADO EL ARENAL



Volumenes acumulados 1941/42-1984/85 El Arenal



IV - EVALUACION DE LAS OBRAS EXISTENTES Y SU FUNCIONAMIENTO

El Canal de Dios de aproximadamente 250 km tiene su origen en el límite de Salta y Santiago del Estero en las proximidades de la localidad de Cruz Bajada en la margen izquierda del río Salado. El agua ingresa al mismo mediante una toma libre, atraviesa el Chaco Santiagueño y termina en Pampa de los Guanacos. A partir de 1982 se prolonga hacia la provincia del Chaco para abastecer a las localidades de Río Muerto y Los Frentones, a unos 30 km de Pampa de los Guanacos.

El Canal ha sido construido con el objeto de suministrar agua a las poblaciones aledañas, ganadería y para generar pequeñas áreas de riego.

La obra se proyectó para conducir un caudal de aproximadamente 3,5 m³/s con un ancho de solera de 2,5 m y con una profundidad variable de 1,6 a 1 m.

El canal está construido con taludes 1:1 sin revestimiento

IV.1 - OBRA DE TOMA

La obra de toma actual es del tipo libre.

Consta de un canal de aducción sobre margen izquierda cuya entrada está protegida mediante espigones de troncos y ramas.

La sección del canal de acceso es trapezoidal y se observa en la foto Nro. IV.1. El mismo desemboca en una estructura de toma provista de una compuerta de segmento basculante de

funcionamiento automático (ver foto Nro. IV.2), seguida de un tramo de canal revestido con compuertas deslizantes previstas para controlar el caudal a derivar y regularlo mediante módulos de acuerdo a las necesidades (ver foto Nro. IV.3).

Aguas abajo de la toma se observa que el primer tramo de canal es de dimensiones generosas excediendo la capacidad de conducción del resto del canal por lo que la presencia de la vegetación no genera actualmente restricciones sensibles a las condiciones de escurrimiento, las que en cambio aparecen dictadas por la pérdida de capacidad de conducción en los tramos de canal ubicados más agua abajo debido a problemas de deposición de sedimentos.

Posteriormente a la construcción de la toma, el cauce del río Salado fue descendiendo, proceso que en la actualidad continúa, lo que llevó a que la cota de emplazamiento de la toma quedara alta en relación a los niveles de agua del escurrimiento actual del río. En un intento de posibilitar la continuación del funcionamiento de la toma, se realizó una profundización parcial de la solera del canal de acceso, mediante la construcción de una zanja revestida en una parte de la solera del canal (la ubicada más próxima al río). Sin embargo, la ejecución de esta obra, influida posiblemente por la urgencia de encontrar un paliativo siquiera temporal al suministro de agua al Canal de Dios, provocó el desbalance de las condiciones de aducción a la estructura de toma con la aparición de marcadas asimetrías de funcionamiento que provocaron problemas de embancamiento y mal funcionamiento de las compuertas y de todo el sistema de control y regulación de caudales en la estructura de entrada.

Además en la actualidad, la continuación del proceso de erosión y descenso del cauce ha dejado también fuera de servicio

al canal de acceso aún contando con la profundización parcial ya descripta.

Por lo tanto, el funcionamiento de la toma exige la ejecución periódica de largos "canales" de acceso excavados lateralmente al cauce del río (ver foto IV.4) con las consiguientes interrupciones en el suministro de agua.

Estos canales excavados en el cauce mayor del río quedan destruidos durante las crecientes debiendo reexcavarse. Estas operaciones son onerosas y ocasionan faltas de continuidad en el servicio de agua, además de tender paulatinamente a incrementarse en el futuro al avanzar el proceso de degradación del cauce del río Salado.

Se sugiere que aun obras de duración transitoria o de emergencia como la profundización parcial de la solera del canal de acceso citada más arriba, sean ejecutadas previa una planificación y análisis expeditivo de alternativas posibles de solución, para tender a optimizar recursos y obtener una durabilidad compatible con los costos involucrados así como asegurar un funcionamiento aceptable del conjunto de obras.

Se señala que después de la construcción de la presa Cabra Corral los caudales disponibles para la captación en la obra de toma son suficientes durante todo el año como se muestra en el punto III Oferta de agua del Río Salado (ver gráfico III. 9 "Permanencia de caudales medios mensuales") quedando un caudal remanente para el escurrimiento de aguas abajo.

La localización actual de la toma fue diseñada en su momento en una curva del río aparentemente adecuada en cuanto a las condiciones de erosión-deposición del cauce natural, pero

resultan altamente preocupantes tanto el continuo proceso de profundización del cauce del río como la ausencia de barrancas suficientemente estables, la tendencia del río a mutar su curso en dirección este-oeste y la facilidad con que se puede producir nuevos cambios del curso en el futuro ante cualquier alteración en la dinámica del escurrimiento.

Debido a estas razones se realizó un sobrevuelo tanto aguas arriba (aprox. 12 km) del emplazamiento actual de la toma como aguas abajo (hasta mas aguas abajo de una toma antigua la que quedó alejada del río por la desaparición del bañado debido a procesos de erosión, visando obtener una idea preliminar de la posibilidad de encontrar alguna solución alternativa en el futuro.

En las fotos Nro. IV. 5 y 6 se observa una vista aérea del canal de acceso y la estructura de la toma actual.

Lo cierto es que los análisis hasta ahora realizados permiten concluir que el obtener un buen funcionamiento de la obra de toma es vital para la operación aceptable del canal y que por lo tanto la solución a este problema es prioritaria en relación a otras obras a ser emprendidas en el futuro en el canal de Dios.

IV.2 - CONDUCCION EN CANAL

Dentro de los alcances del presente estudio debe determinarse en base a la información disponible, los parámetros de diseño del canal y verificar su funcionamiento actual.

De los antecedentes localizados en las diversas

reparticiones: Administración Provincial de Recursos Hídricos, Dirección Provincial de Obras Sanitarias, Unidad Convenio Bajos Submeridionales y C.F.I. se identificaron y se extractaron los parámetros de diseño de las diversas secciones, los que se indican en el cuadro Nro. IV.1 junto con las velocidades medias y los caudales. En el cuadro Nro. IV. 2 se indican las principales derivaciones, la longitud y el caudal de diseño de las mismas.

Para la evaluación del comportamiento del canal además de los análisis visuales en los tres viajes realizados se efectuaron verificaciones en base a la información disponible. Esta información consistió en pendientes y secciones de proyecto, perfiles longitudinales y trasversales realizados por la Administración Provincial de Recursos Hídricos, estudios realizados por el Proyecto NOA Hídrico y estudios de suelos en el Canal Virgen de Huachana.

En los viajes de inspección realizados se observó el estado del canal y aprovechando que uno de ellos coincidió con un momento de corte del escurrimiento del canal, se pudo verificar las secciones actuales, la magnitud y características de los embanques, y el diseño y estado de los saltos - disipadores de energía. Se observó en estos últimos las marcas dejadas por las crecidas con clara indicación de la conformación de la capa superior del escurrimiento.

En el primer tramo del canal ingresan hasta $5 \text{ m}^3/\text{seg}$, sin regulación. Los caudales que exceden la capacidad de conducción a partir de la progresiva 32.000 son derivadas por el canal Virgen de Huachana.

La primera derivación es el canal a Ranchillos que tiene 18

km de longitud y que fue construido por particulares. Su toma libre sobre el canal de Dios es a 90° y esta a un nivel alto. Su capacidad actual es de 150 a 200 l/s y se utiliza para el riego de unas 50 has.

El canal Virgen de Huachana del que se encuentran contruidos solamente 24 km, se utiliza en la actualidad como descargador. Desde el mismo se capta y conduce agua, mediante un canal de aproximadamente 150 l/s construido a pala, a la localidad de Villa Matoque. En las proximidades de Villa Matoque hay varios canales contruidos por los pobladores con colaboración de la provincia.

En la toma del Canal Virgen de Huachana se deriva el excedente de 3 m³/s que es la capacidad actual del Canal de Dios en el tramo inmediato aguas abajo.

A lo largo del canal hay tomas libres a ambas márgenes contruidas por particulares para abastecer pequeños reservorios y para agricultura.

El caudal que puede escurrir por el canal de Dios, el que como se dijo es de 3 m³/s a la altura de la derivación Canal Virgen de Huachana, es sólo 1 m³/s en Monte Quemado. Los 2m³/s de diferencia se consumen a lo largo del canal y se pierden por infiltración y evaporación.

A la altura del Km 115 tiene su toma el Canal Virgen del Carmen, que abastece a Campo Gallo y otras localidades. En los primeros 10 km de su traza se encuentra la zona de mayores pérdidas, la construcción de este tramo es en terraplen. Durante el mes de setiembre se derivó por este canal 400 l/s de los cuales llegaron a Campo Gallo unos 70 l/s. Se señala

sin embargo que este caudal puede aumentar hasta unos 200 l/s cuando funciona en régimen. La longitud a Campo Gallo es de aproximadamente 85 km.

Este canal es de pendiente variable de 0,20% a 0,61%, teniendo tramos de más de 10 km con pendientes del orden de 0,20%.. Debido a las reducidas velocidades en el canal se observa un importante embanque.

El siguiente tramo del canal, de Campo Gallo a Donadeu, se habilitó hasta el momento en 2 oportunidades.

El último tramo del Canal Donadeu - Ganadero Gatica, funcionó solo al comienzo ya que no llega suficiente agua como para el que el canal entre en régimen.

En el tramo del Canal de Dios hasta El Caburé pueden escurrir de 400 a 600 l/s.

La última derivación es el canal a del Desierto, el que tiene su toma sobre el Canal de Dios a 90° y una longitud es de 70 km. Su pendiente es variable entre 0,20 a 0,70 %. teniendo un tramo de 15 km con una pendiente de 0,2 %.. En septiembre del presente año se derivaban aproximadamente 300 l/s.

Este canal abastece a diversos establecimientos agropecuarios, aunque en su mayor parte el agua se utiliza para bebida del ganado.

En el tramo hasta Pampa de los Guanacos el canal tiene una capacidad de aproximadamente 400 l/s. En este tramo se encuentran algunas obras de arte que disminuyen sensiblemente la capacidad de conducción del canal, entre las que se destacan un

puente alcantarilla que embalsa el canal y una alcantarilla de menor capacidad que la sección del canal.

Cuando escurren 400 l/s a la altura de los Pirpintos llegan a Pampa de los Guanacos aproximadamente 200 l/s. La diferencia se consume en el tramo y se pierde por infiltración y evaporación.

El tramo Pampa de los Guanacos - Rio Muerto tiene una capacidad de aproximadamente 1 m³/s lo que dificulta el escurrimiento de pequeños caudales. En este tramo se encuentran varias represas privadas, algunas de ellas de gran tamaño.

Cuando el canal entra en régimen, si escurren 250 l/s en Pampa de los Guanacos, llegan a Rio Muerto aproximadamente 150 l/s.

El tramo del Canal entre Rio Muerto y Los Fretones es de grandes dimensiones, con una capacidad de aproximadamente 2 m³/s esto aumenta sensiblemente las pérdidas, no aporta ningún beneficio para los caudales reales con que se puede trabajar y aumenta el tiempo necesario para que el canal entre en régimen.

En el tramo del canal entre Los Fretones y Pampa del Infierno la sección se reduce sensiblemente estando dimensionada aproximadamente para 150 l/s. En la actualidad rara vez existe disponibilidad de agua para posibilitar el escurrimiento en este tramo.

Es importante hacer notar que son pocos los tramos contruidos del Canal de Dios en los que se han construido lastomas según lo indican las reglas del arte o sea

aproximadamente a 135° . La casi totalidad de las tomas se han construido a 90° generando grandes problemas de sedimentación además de pérdidas de eficiencia.

IV.2.1 - Parámetros de diseño

Para la evaluación del funcionamiento, se verificó, en base a los aforos realizados por el Proyecto NOA Hidrico en el estudio "Disponibilidad y calidad de agua. Area Canal de Dios", el valor de 0,029 adoptado como coeficiente de rugosidad de Manning en el proyecto. Para ello se fijó este valor de rugosidad y para las secciones relevadas y los caudales obtenidos se calculó la pendiente de la línea de energía. Cuadro IV.3 a IV.8. Este valor de pendiente es próximo a los valores de proyecto por lo que es aceptable el valor adoptado de 0,029 como coeficiente de rugosidad de proyecto del canal. Este valor por otra parte concuerda con los ordenes esperados en función de la observación visual y de su comparación con rangos de valores observados en obras similares.

Los aforos en la sección Los Firpintos conducen a valores de pendientes más bajas que los de proyecto, esto pudo deberse a que la sección está afectada por perturbaciones aguas abajo o que el tramo, por causa de la sedimentación, haya tomado una pendiente menor a la de proyecto.

No resultó posible localizar estudios de suelos sobre la traza del canal, pero en cambio se encontró el antecedente titulado: "Estudios geotécnicos de los suelos en la traza del canal Virgen de Huachana" del cual se extractaron los siguientes párrafos de interés:

"Las características granulométricas y de plasticidad de los materiales permite considerarlos como aptos para la elaboración de revestimientos de suelo cemento el que puede ser del tipo compactado o plástico.

Para la clasificación de ambos tipos de estabilizantes será necesaria la realización de experiencias de laboratorio y en obra, de las cualidades de cada porcentaje utilizado. El uso de suelos modificados se hace recomendable en especial en los tramos de suelos arenosos de alta permeabilidad.

El valor económico relativo del agua será generalmente la base que determinará la necesidad del tratamiento a seguir.

Las pendientes laterales aconsejadas son de 1,5:1 en caso de usar revestimiento. Los taludes en zonas de suelos plásticos serán de 2:1 o más suaves debido a la pérdida de estabilidad al saturarse.

Las velocidades máximas no erosivas (m/seg), de acuerdo a las características de los suelos según Sharon, I.A. (Summaries and extracts from selected chapters of operations of hydraulic reclamation systems - FAO) en función de los caudales son:

Caudal	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	
(m ³ /s)						
Velocidad						
no erosiva	0,53	0,56	0,59	0,61	0,64	"
(m/seg)						

Como estos estudios son próximos al primer tramo del Canal

de Dios y no existen causas aparentes que determinen un cambio significativo de las características de los suelos en ambas zonas, se utilizan estos datos para las determinaciones preliminares del estudio. Estos datos son:

ángulo de fricción interna: 25º

diámetro medio de las partículas: 0,1 mm

Sin embargo se recomienda la toma de muestras de suelo a lo largo de la traza del canal principal y sus derivaciones y la realización de los ensayos de caracterización correspondientes.

IV.2.2 - Procesos de erosión y deposición

- Estabilidad de los taludes

Con un material de ángulo de fricción interna del orden de 25º y sin una cohesión significativa, a juzgar por los ensayos disponibles en la zona del Canal de Virgen de Huachana, sería razonable en principio suponer que para lograr un talud estable en el canal sin revestir no debería adoptarse un ángulo superior a éste, o sea con una relación profundidad ancho del orden de 1:2. Este talud es, por otra parte, cercano al que se conforma naturalmente en algunos tramos del canal por el derrumbe de las paredes laterales.

Sin embargo en la mayor parte del canal sin revestir actualmente en servicio, el talud se aproxima a 1,5 horizontal - 1 vertical o en ocasiones aun más fuerte. Esto se puede interpretar como el resultado, por un lado, de los trabajos de mantenimiento con extracción de sedimentos (por lo que los taludes resultan influidos por el tipo de maquinaria utilizada para reconstruirlos) y por otro por procesos de erosión del talud que llevan a que el mismo adopte un perfil de erosión más

fuerte que el deposición). Por otra parte, es de reiterar que los datos de estudios de suelos con los que se cuenta hasta el momento son muy escasos y que por lo tanto solo deben utilizarse como información complementaria, siendo más relevantes para la estimación de los parámetros de diseños la observación de la obra en funcionamiento y la apreciación visual y táctil de las características de los suelos del lecho y las paredes.

En base a lo expuesto, se decidió adoptar como talud de diseño para los tramos sin revestir del canal 1,5 vertical - 1 horizontal o sea un valor del orden del actualmente en explotación ya que también, como se describe más adelante, se prevee un mantenimiento periódico del mismo y la aceptación de procesos de deposición erosión entre estos mantenimientos periódicos. Para los tramos revestidos se adoptó un talud algo más fuerte de 1 vertical - 1 horizontal, de forma de posibilitar comparaciones de costo coherentes con la alternativa sin revestimiento, teniendo en cuenta que el revestimiento protege adecuadamente el talud de problemas de erosión de pie por efecto de la corriente y de las laderas por drenaje de aguas de lluvia.

- Estabilidad del lecho

Para el cálculo de la estabilidad del lecho se determinó la fuerza tractiva que produce el escurrimiento en la partícula, y se comparó este valor con los valores recomendados.

El siguiente cuadro está calculado según Ven T. Chow - Hidráulica de los canales abiertos. Capítulo VII para partículas de diámetro medio 0,1 mm.

Fuerzas tractivas permitidas recomendadas por el U.S. Bureau of Reclamation.

agua clara 0,136 kg/m²

baja cant.sed.fino 0,244 kg/m²

alta cant.sed.fino 0,391 kg/m²

Tramo Obra de Toma - Prg 32.000

$$\tau_o = \Gamma * R * S = 1000 \text{ kg/m}^3 * 0.8 \text{ m} * 0.0006 = 0.48 \text{ kg/m}^2$$

Tramo Prog 32.000 - Monte Quemado

$$\tau_o = \Gamma * R * S = 1000 \text{ kg/m}^3 * 0.55 \text{ m} * 0.0006 = 0.33 \text{ kg/m}^2$$

donde

- τ = Tensión de corte
- R = Radio hidráulico
- S = Pendiente de la sección
- Γ = Peso específico

Se destaca que estos valores son muy altos y que el del primer tramo está por sobre los valores recomendados para agua con alto contenido de sedimento fino. Se desprende de las observaciones y análisis realizados (ver punto siguiente Sedimentos) que se está ante un escurrimiento con muy alto contenido de sedimentos por lo que la deposición es mayor que la erosión. Las verificaciones arriba realizadas demuestran que si el agua que escurre por el canal disminuyera su carga de sedimentos, se generarían problemas de erosión en el lecho.

- Sedimentos

Existe información disponible sobre los sedimentos en suspensión del Río Salado la que fue consultada en el informe: "Sólidos en suspensión y Análisis de sedimentos, 1980, NOA Hidrico y determinaciones de sólidos en suspensión en el Tunal Agua y Energía Eléctrica, 1973-1982.

De acuerdo a esta información la carga de sedimentos del río Salado es variable entre valores de 0,120 a 21,340 kg/m³ (ver cuadro IV - 9) y a la altura de la Toma del Canal de Dios tiene un tamaño medio inferior a los 0,074 mm (tamiz 200).

Los tiempos requeridos por una partícula para sedimentar dada la profundidad $h=1,3$ m y la velocidad de caída $w=0,018$ m/s extraída de "Flow in Alluvial Sand Channels" de D.B. Simons y E.V. Richardson - Abaco 9.12 de la pág. 9.33 Tomo I para temperaturas de agua de 16°C.

$$t = h/w = 1,3 \text{ m} / 0,018 \text{ m/s} = 72 \text{ s}$$
$$w = 0,018 \text{ m/s}$$

donde:

t tiempo de deposición.

h tirante de agua.

w velocidad de caída.

La longitud necesaria para que caiga esa partícula es de

$$l = v \cdot t$$

$$l = 0,664 \text{ m/s} \cdot 72 \text{ s} = 48 \text{ m}$$

Siendo:

v: velocidad media de la sección de diseño.

(ver parámetros de diseño)

Estos análisis son coherentes con lo observado in situ, ya que el cauce del canal presenta gran cantidad de material fino sedimentado (ver fotos Nro. IV.7 IV.9). Por otra parte el material sedimentado es levantado nuevamente cuando las velocidades son superiores a un valor máximo admisible de la velocidad. Este valor máximo para evitar la remoción de partículas del fondo y su desplazamiento sigue la siguiente ley:

$$v_{lim} = a * \sqrt{d} \quad \text{cm/s} \quad \text{para} \quad \begin{array}{l} a = 36 \text{ para } d > 1 \text{ mm} \\ a = 44 \text{ " } 1 \text{ mm} < d < 0,1 \text{ mm} \\ a = 51 \text{ " } d < 0,1 \text{ mm} \end{array}$$

donde:

v_{lim} velocidad critica en cm/s.

d diámetro de la partícula en mm.

Fuente: "Water Power Development" tomo II, Mosonyi -

Para el diámetro medio de partículas que se han medido en el Canal de Dios, inferior al tamiz Nº 200, según la publicación "Sólidos en suspensión y análisis de sedimentos". Area: Río Salado - Pcia. Stgo. del Estero - Proyecto NOA Hidrico - Segunda Fase - Año 1980-, se obtiene la siguiente velocidad critica.

$$d = 0,074 \text{ mm} \quad v_{lim} = 51 * \sqrt{0,074} = 13,9 \text{ cm/s}$$

La velocidad minima permitida o la velocidad no depositante, es la más baja velocidad que no inicia sedimentación y no induce el crecimiento de plantas acuáticas y musgo. Esta velocidad es según Hidráulica de los canales abiertos de Ven Te Chow "muy incierta y su valor exacto no puede ser facilmente determinado". se pueden usar velocidades medias de 0,61 a 0,91

m/s cuando el porcentaje de limo presente en el canal es pequeño.

Para el estudio del caudal sólido en el área de la toma del canal de Dios, se encuentra muy poca información disponible, solo se encuentran 4 muestreos para el estudio "Sólidos en suspensión y análisis de sedimentos" Proyecto NOA Hidrico. De este trabajo se puede observar la composición granulométrica de los sólidos transportados y la importante variación de los derrames sólidos a partir de la construcción del embalse de Cabra Corral.

Ante la falta de determinación de caudales sólidos en la toma se calcularon éstos en base a los valores medios mensuales en la estación El Tunal, estación más próxima, con los datos de los Anuarios Hidrológicos de AyEE -para el periodo 1974-75/81-82. Se consideraron solamente datos a partir de 1974 para que todo el periodo sea posterior al cierre del río en Cabra Corral. Estos valores se presentan en el Cuadro IV.9, junto con los promedios mensuales y los valores máximo y mínimo medio mensual.

Para una rápida visualización de la estacionalidad del fenómeno se presenta en el Gráfico IV.1 los caudales sólidos específicos en kg de sólidos transportados por metro cúbico de agua.

Se observa de las determinaciones realizadas que el promedio anual para el periodo de análisis es de $3,37 \text{ kg/m}^3$ valor que para nueve meses baja a $1,32 \text{ kg/m}^3$ lo que indica la importancia del derrame sólido transportado en los meses de enero a marzo.

Si realizamos similares consideraciones para los años de mayores aportes se tiene que el promedio anual de sólidos en suspensión para el año 1977-78 es de $6,99 \text{ kg/m}^3$ y que el máximo promedio para 9 meses se registra en el periodo 1980-81 con $2,62 \text{ kg/m}^3$.

La capacidad de transporte de sólidos en suspensión se determinó teniendo en cuenta las características hidráulicas de la sección y los tamaños de los materiales en suspensión. Los resultados correspondientes se presentan en el cuadro IV-10 donde se indica la metodología de cálculo utilizada que sigue a: "A Sediment Transport Model for Straight Alluvial Channels" Frank Engelund y Jorge Fredsøe. Technical University.

Los valores obtenidos son del orden 320 g/m^3 .

Si se comparan estos valores máximos transportados con los indicados en el Cuadro IV - 9, surge inmediatamente la importancia de los fenómenos de sedimentación en el canal ya que el sólido que puede transportar el canal es del orden del 10% del promedio anual que transporta el río y de un 20% del aporte promedio del río durante los nueve meses restantes de excluir los meses de crecida anual.

Es de destacar que el mayor problema de funcionamiento que se observa actualmente, es la gran sedimentación que origina una sensible disminución de la sección de escurrimiento y obliga a trabajos de mantenimiento periódicos.

Es de resaltar que la capacidad de proyecto del canal cubre la demanda de agua potable, riego y uso pecuario actuales y proyectadas. por lo que solo es necesario asegurar su funcionamiento sin pérdidas sensibles de eficiencia.



Los taludes de proyecto del canal (que está diseñado sin revestir en su totalidad), son excesivamente fuertes y no estables. Además la estabilidad del lecho del canal frente la erosión se encuentra en el límite de lo admisible aun contando con el hecho, válido actualmente, que el agua circulante contenga muy elevada proporción de partículas finas y de limo. (ro variable de 0.48 a 0.33 kg/m², τ admisible = 0.39 kg/m²)

Como por otro lado un escurrimiento con tan alta proporción de materiales sólidos como el actual produce grandes deposiciones que tornan dificultoso su funcionamiento y operación, debería analizarse la posibilidad y costo de diseñar en la toma estructuras que eliminen una proporción de los finos que actualmente ingresan a la misma. Esta alternativa originaria, empero, el ingreso de aguas más limpias y por lo tanto más erosivas al canal obligando a tratamientos especiales en el mismo.

Por todas estas razones no es de extrañar lo constatado en cuanto al funcionamiento actual del canal, el que se ve sensiblemente alterado y disminuido en su capacidad de evacuación por la presencia de depósitos de sedimentos deslizamiento de taludes, formación de terreno vegetal, erosiones de la corriente sobre los taludes previamente alterados y trabajos de mantenimiento realizados mediante equipos mecánicos operados desde las margenes que alteran la conformación de las secciones.

Esto es válido tanto para el canal matriz como para las derivaciones y puede visualizarse en las fotografías Nros. IV. 7 a 9, ya mencionadas. Esto se ha constatado también

en las secciones de aforo del proyecto NOA Hidrico y en los relevamientos topográficos realizados por los técnicos a cargo del mantenimiento del canal.

Ademas las perdidas en algunos tramos, por el efecto combinado de evaporación e infiltración son considerables.

Por este motivo, además de la ya señalada conveniencia de estudiar un eventual ingreso futuro a la toma de aguas más limpias y por lo tanto más erosivas, se debe pensar que en estudiar alternativas de impermeabilización o revestimiento de los tramos más criticos del canal. Sin embargo la adopcion de este criterio deberia compatibilizarse con la solución a adoptar para el ingreso de sedimentos a la toma, ya que, a menos que exista una forma técnico-económicamente viable para disminuir sensiblemente el volumen de sedimentos ingresados a la misma el revestimiento del canal aun parcial careceria de sentido.

- Obras de Arte

Existen 35 saltos a lo largo de la traza del canal. la función de los mismos es contribuir a salvar el desnivel topográfico existente de forma de adaptarse a la diferencia de cotas del terreno a lo largo de la traza, sin superar la pendiente de diseño de escurrimiento uniforme prevista para evitar la erosión del material del lecho.

Se observa, ver. foto IV. 9, que en la mayoría de los casos no se ha previsto adecuadamente la disipación de energía dentro de los cuencos amortiguadores lo que ha ocasionado erosiones indeseables en la restitución las que son utilizadas por el ganado como bebederos.

Se ha intentado efectuar en algunos casos para paliar este efecto, protecciones con ramas y piedras con resultados relativos.

IV.2.3 Pérdidas por infiltración y evaporación

Pérdidas por infiltración

El río Salado ha sufrido mutaciones de cauce ocasionadas por fenómenos tectónicos, cambios climáticos y aportes sólidos durante las crecidas así como alteraciones recientes en sus condiciones de escurrimiento ocasionadas por la construcción de las presas de Cabra Corral y El Tunal y el desagüe del río Horcones al Salado con sus procesos de degradación de cauce y formación de erosiones localizadas asociados.

El cambio de las condiciones de escurrimiento se ha evidenciado por ejemplo, en la sensible alteración del área crítica de acumulación de aluviones que dio origen en su momento al Bañado del Copo, cuyos rasgos predominantes fueron descritos en los antecedentes disponibles (entre ellos en el estudio del Licenciado Vicente Ferreyrina en superficie de ancho variable que no supera los 250 m de ancho con rumbo sinuoso o rectilíneo, mientras que la paleollanura de inundación circundante está compuesta por limos y arcillas.

Debido a la textura arenosa de los paleocauces el agua superficial se infiltra rápidamente constituyendo buenos reservorios de agua subterránea. La permeabilidad es mayor en su interior que en las zonas aledañas.

Los paleocauces se diferencian entre sí en dos grupos (ver esquema Nro. 1): Los antiguos ubicados en su origen y tendencias.

Se cita en este trabajo la tendencia del curso de agua a desplazarse de este a oeste, manifestada a través de trenes de meandros con poco funcionamiento o abandonados.

Como conclusiones de este estudio se mencionan las siguientes:

"- El río Salado, en el área estudiada (zona del Bañado del Copo y tramo aguas abajo), se comporta como un río de llanura baja, meandriforme, con bloqueo del drenaje por sedimentación excesiva y tendencia -al menos local- a desplazar su cauce de este a oeste.

- En el área con sedimentación excesiva, representada por el explayado del Río Salado, se plantean especialmente los problemas de encharcamiento causados por el bloqueo del drenaje.

- Las obstrucciones naturales del drenaje actual han sido activadas seguramente por acción antrópica (explotación forestal desmedida y sobrepastoreo), pero resultarán aminoradas por las obras hidráulicas que regulen el canal aguas arriba".

Como se ve, en este informe ya se mencionaba el efecto que producirían posteriormente las obras de regulación -de aguas arriba.

Otro estudio de interés y muy reciente (años 1988/89) para el análisis de las infiltraciones en el Canal de Dios es la Tesis de Doctorado de Ciencias Geológicas: "Hidrogeología de la Región Chaqueña Semiárida de Santiago del Estero" del Dr. Alfredo P. Martín.

En este estudio, mediante la aerofotografía se han detectado numerosos paleocauces dentro de una amplia zona, llanura de inundación, producto de las rotaciones que sufrió el Río Salado desde su curso original Oeste-Este desagüando en el Paraná hasta su curso actual Noroeste-Sudeste desagüando en el Río Paraná a la altura de la Pcia. de Santa Fe.

Los paleocauces producidos por la mutación del cauce se caracterizan por una capa de arena fina en superficie de ancho variable que no supera los 250 m de ancho con rumbo sinuoso o rectilíneo, mientras que la paleollanura de inundación circundante está compuesta por limos y arcillas.

Debido a la textura arenosa de los paleocauces el agua superficial se infiltra rápidamente constituyendo buenos reservorios de agua subterránea. La permeabilidad es mayor en su interior que en las zonas aledañas.

Los paleocauces se diferencian entre sí en dos grupos (ver esquema Nro. 1): Los antiguos ubicados en los primeros 529 de giro respecto a la dirección Oeste-Este, más anchos y sinuosos, limitados por albardones laterales producto de las deposiciones posteriores a las crecientes desbordantes, donde la escorrentía superficial los activa formando cárcavas de origen pluvial y confinando las aguas subterráneas en pequeños volúmenes debido a la alternancia de limos y arenas finas a muy finas lo que provoca aguas más salinas. La génesis de estos paleocauces produjo un aumento de la tasa de acumulación, caracterizado por la predominancia de capas de poco espesor limo-arcillosas que posteriormente fueron recimentados parcialmente como polvo eólico (loess). Debido a su sinuosidad generan con más facilidad barras de punta con espesores granodecrecientes (ver esquema Nro. 2).

Los modernos no tan sinuosos forman cauces abarrancados con escaso espesor debido a su origen erosivo por efecto de la velocidad del cauce principal. Estos ocupan una faja comprendida entre los 529 y los 859 respecto de la dirección Oeste-Este y están también sujetos a los efectos de la escorrentia superficial.

El efecto de estos paleocauces en las pérdidas por infiltración es grande, como ha sido comprobado en mediciones efectuadas en el canal Virgen de Huachana, lo que era esperable debido a la marcada diferencia en la permeabilidad en los mismos la que ha sido constatada mediante la realización de ensayos de bombeo.

Se señala por otro lado, que en la actualidad estas pérdidas se ven aminoradas en gran parte por el efecto de la colmatación debida a los sedimentos más finos que aporta el agua conducida por el canal.

Pérdidas por Evaporación

En cuanto a las pérdidas por evaporación se realizó una estimación en base a los datos suministrados por la estación de observación Pampa de los Guanacos para un récord de 10 años de registros de evaporación (1941-1950). Se tomó el promedio mensual correspondiente al mes de diciembre, que es de 177,4 mm, para compensar la menor precipitación que se registra en Urutau punto cabecera del aprovechamiento.

Debe señalarse, a fin de poder evaluar las pérdidas, que en la superficie expuesta a la evaporación se deben considerar las superficies de los embalses de las represas.

La superficie total de evaporación del canal es de 80,15 ha.

En el cuadro Nro. IV.8 adjunto se hace una estimación de las pérdidas.



FOTO IV-1

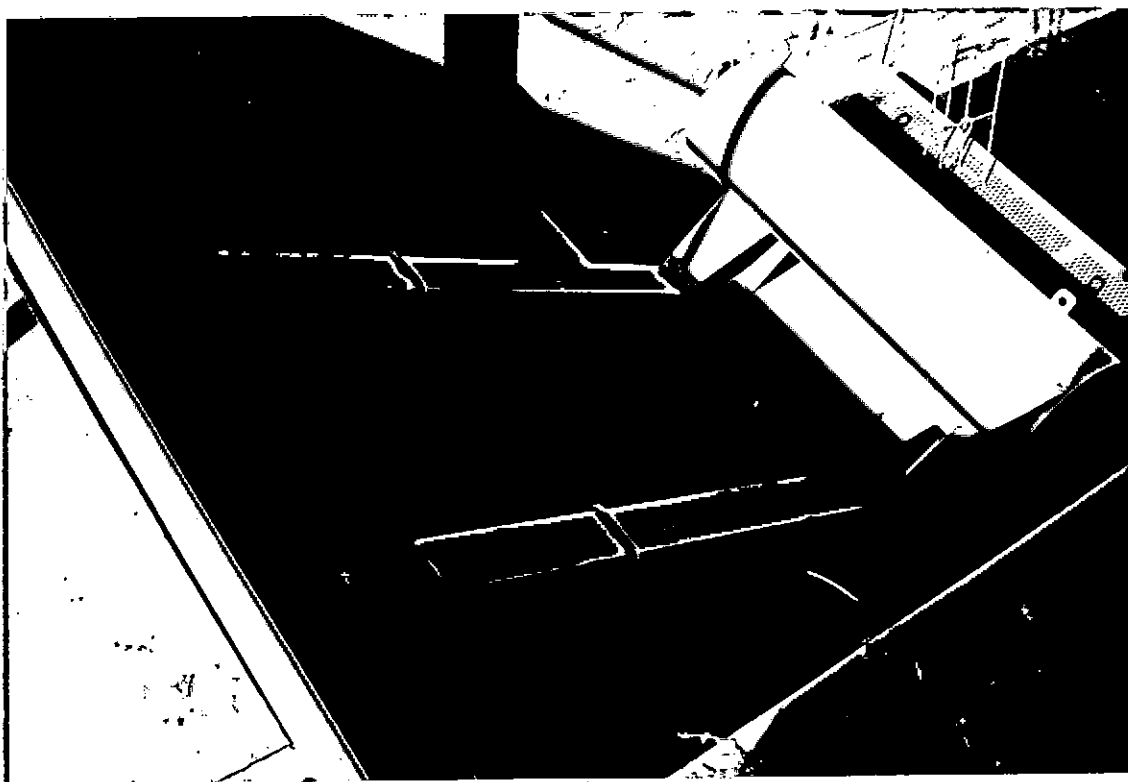


FOTO IV-2



FOTO IV-3



FOTO IV-4

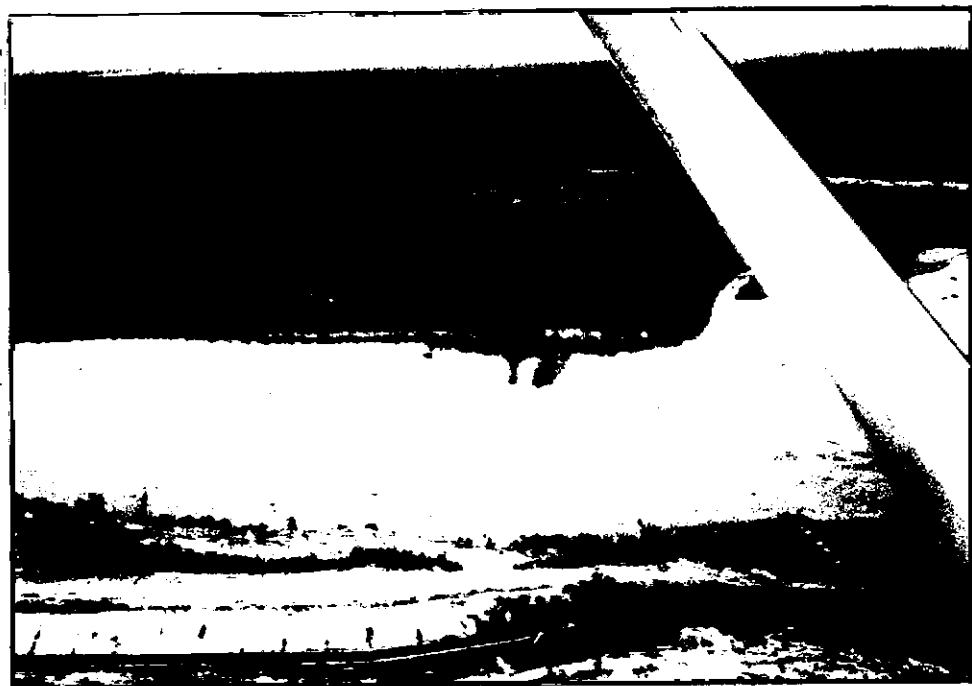


FOTO IV-5



FOTO IV-6



FOTO IV - 7



FOTO IV - 8

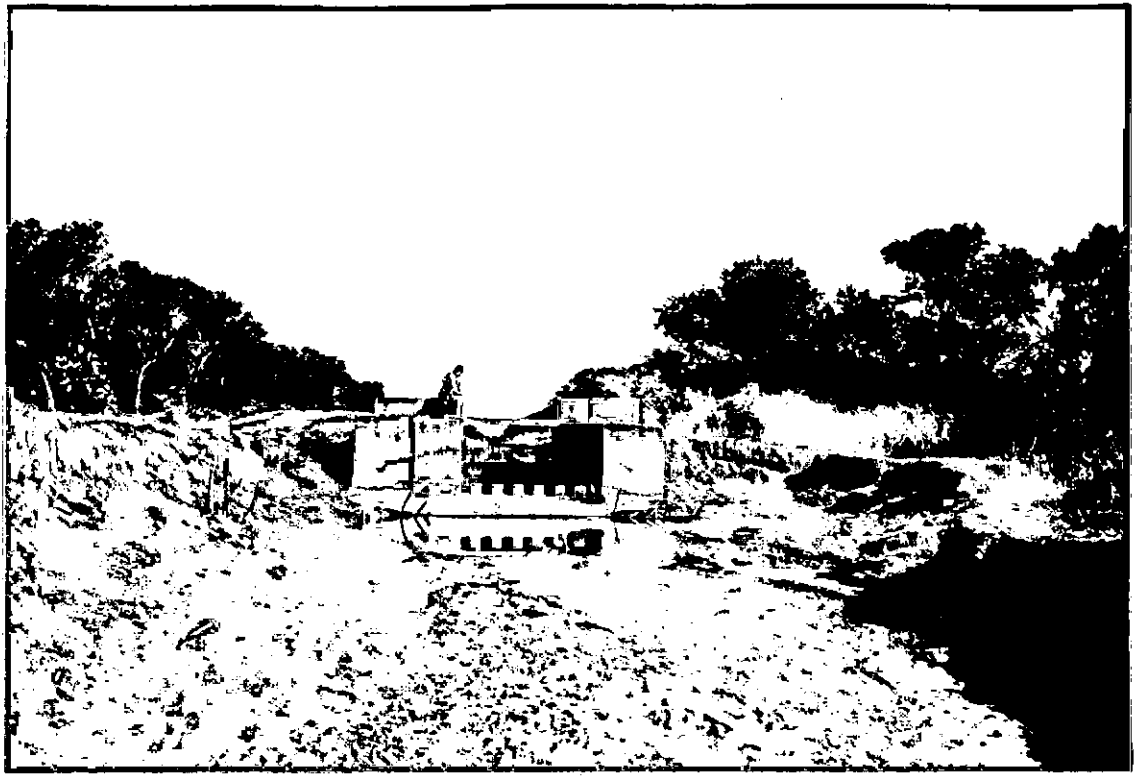


FOTO IV-9

CANAL DE DIOS PARAMETROS DE PROYECTO

Sección	Prog (m)	Ancho de fondo (m)	Alura (m)	retancho (m)	Unid	Pendiente (m/km)	Rugosidad	Velocidad media (m/s)	caudal (m ³ /s)
Obra de Toma	0	2.50	1.60	0.30	1	0.57	0.029	0.709	3.504
Prog 32.000	32.000	2.50	1.60	0.30	1	0.60	0.029	0.728	3.595
Vinallito	39.000	2.50	1.60	0.30	1	0.60	0.029	0.728	3.595
Urutau	95.000	2.50	1.00	0.20	1	0.60	0.029	0.570	1.505
Marte Quemado	115.300	2.50	1.00	0.20	1	0.60	0.029	0.570	1.505
Los Tigres	145.000	2.50	1.00	0.20	1	0.58	0.029	0.560	1.479
El Cabure	176.300	2.50	1.00	0.20	1	0.58	0.029	0.560	1.479
Los Pirpintos	206.800	2.50	1.00	0.20	1	0.40	0.029	0.465	1.229
Pampa de los Guanacos	229.000	2.50	1.00	0.20	1	0.40	0.029	0.465	1.229

Cuadro nº 1

DERIVACIONES CANAL DE DIOS

CANAL	PROYECTO		SITUAC ACTUAL	
	LONG	CAUDAL	LONG	CAUDAL
	(km)	(m ³ /s)	(km)	(m ³ /s)
Virgen de Huachana	240	3.00	24	3.00
Deriv Villa Matoque		0.15		0.15
Virgen del Carmen	95	1.00	95	0.50
del Desierto	60	0.40	60	0.30
der a Ranchillos	40	0.20	18	0.20

Quadro no IV - 2

CANAL DE DIOS AFOROS en la Toma

lectura escala	Caudal aforado (m ³ /s)	Ancho de fondo (m)	altura (m)	talud ./1	Rugosid	Pendien (m/km)
0.53	0.453	1.80	0.77	0.5	0.029	0.192
0.62	0.558	1.80	0.86	0.5	0.029	0.205
0.76	0.883	1.80	1.00	0.5	0.029	0.315
0.89	1.062	1.80	1.13	0.5	0.029	0.306
0.91	1.117	1.80	1.15	0.5	0.029	0.319
1.08	1.633	1.80	1.32	0.5	0.029	0.433
0.97	1.335	1.80	1.21	0.5	0.029	0.386
0.52	0.453	1.80	0.76	0.5	0.029	0.200

Cuadro no IV - 3



CANAL DE DIOS AFOROS en URUTAU

lectura escala	Caudal atorado (m ³ /s)	Ancho de fondo (m)	altura (m)	talud	Rugosidad	Pendien (m/km)
				/1		
0.24	0.8131	2.10	0.58	1.2	0.029	0.644
0.23	0.7142	2.10	0.57	1.2	0.029	0.529
0.4	1.0194	2.10	0.74	1.2	0.029	0.420
0.41	1.003	2.10	0.75	1.2	0.029	0.387
0.35	0.855	2.10	0.69	1.2	0.029	0.381

CANAL DE DIOS AFOROS en LOS I.F.I.A.

lectura escala	Caudal aforado (m ³ /s)	Ancho de fondo (m)	altura (m)	talud	Rugosid	Pendien (m/km)
				/1		
0.5	0.941	1.20	0.84	1.2	0.029	0.510
0.41	0.93	1.20	0.75	1.2	0.029	0.777
0.35	0.672	1.20	0.69	1.2	0.029	0.560
0.4	0.84	1.20	0.74	1.2	0.029	0.668
0.43	0.906	1.20	0.77	1.2	0.029	0.665

CANAL DE DIOS AFOROS en el CABURE

lectura escala	Caudal aforado (m ³ /s)	Ancho de fondo (m)	altura (m)	talud	Rugosid	Pendien (m/km)
				/1		
0.5	0.76667	2.10	0.61	1.5	0.029	0.388
0.55	0.8364	2.10	0.66	1.5	0.029	0.343
0.28	0.51	2.10	0.39	1.5	0.029	0.886

CANAL DE DIOS AFOROS en los Pirintos

lectura escala	Caudal aforado (m ³ /s)	Ancho de fondo (m)	altura (m)	talud	Rugosid	Pendien (m/km)
				./1		
0.5	0.256	1.50	0.64	1.5	0.029	0.060
0.43	0.168	1.50	0.57	1.5	0.029	0.040
0.47	0.223	1.50	0.61	1.5	0.029	0.055
0.4	0.159	1.50	0.54	1.5	0.029	0.045
0.4	0.155	1.50	0.54	1.5	0.029	0.042

CUADRO NRO. IV.8

Localidad	Progre- siva (km)	Pérdidas evapor. (l/seg)

Toma (Cruz Bajada)	0	-
Urutau	92	25,185
Campo Exp. Los Tigres (IFIA)	127	9,576
Caburé (Derivacion al Desierto)	168	11,128
Firpintos	204	9,655
Fampa de los Guanacos	229	6,844

Calculo de sedimentos transportados por el Canal de Dios

Cuadro VI - 10

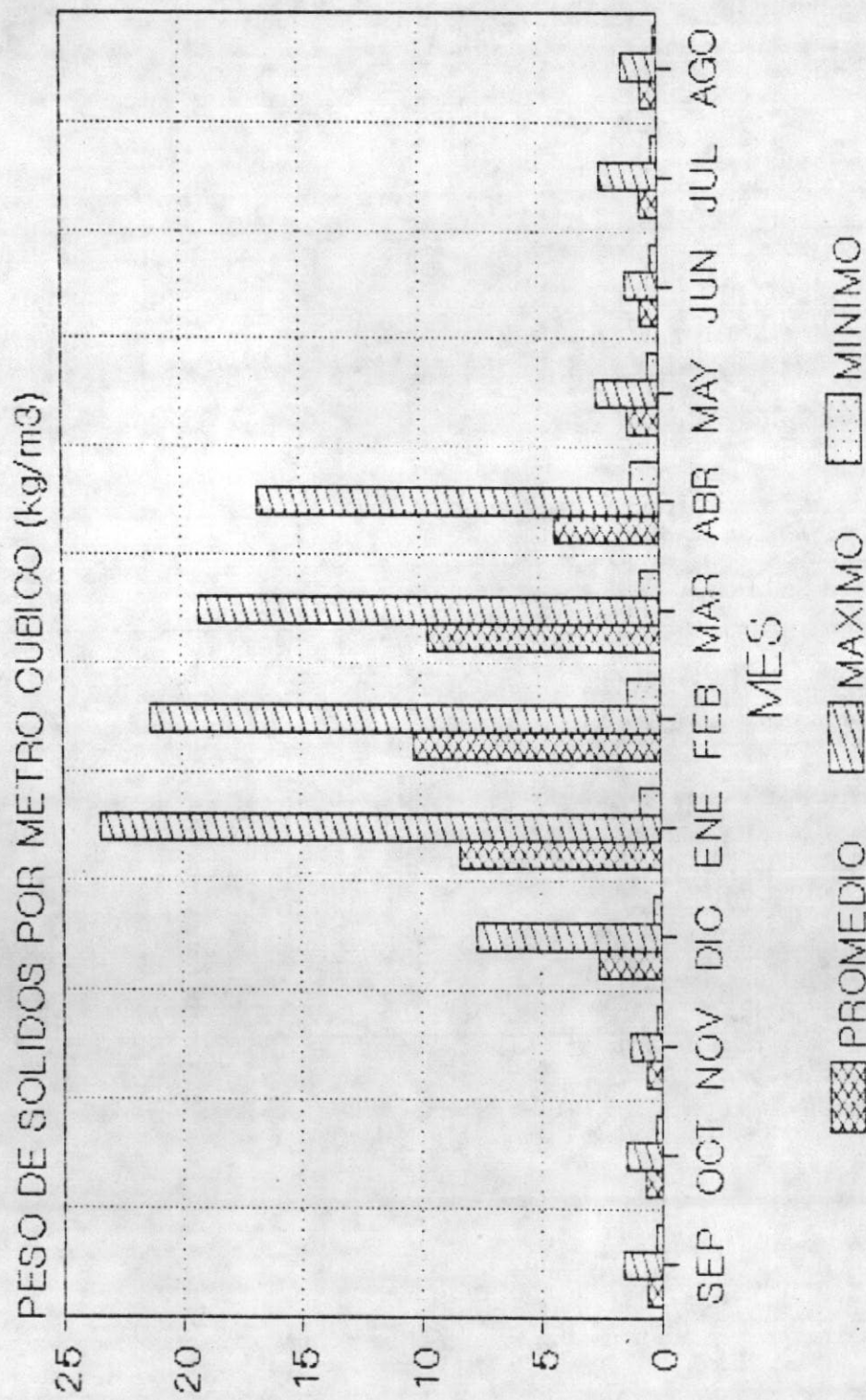
Datos:

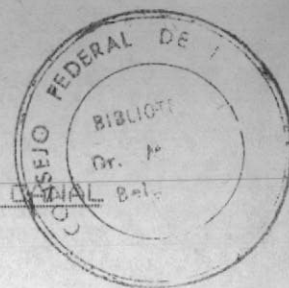
pendiente	0.0008	m/m	Temperatura	16	°C
profundidad	1.3	m	Rugosidad hidraul.	0.185	mm
velocidad media	0.88	m/s	Diametro medio	0.074	mm
velocidad critica de caída	0.018	m/s	del abaco 9.12 pag 9.33 SIMONS		
	0.023313	m/s			
radio hidraulico	0.69	m			

Calculos:

D'	0.14428	m	0.000157	Tita c	0.05
U'f	0.029141	m/s		B	0.51
Tita'	0.708992			P	1 del grafico fig
Fi B	3.427461				
qB	8.78E-06	m ³ /sm	23.26175	g/sm	
z	1.544184			I1	0.5 del grafico de
yo	2.14E-04			I2	2 EINSTEIN
LambdaB	2.779672			a	0.148 mm
Cb	0.258542				
Fi S	33.22458				
qS	8.51E-05	m ³ /sm	225.49	g/sm	
q total	9.39E-05	m ³ /sm	248.75	g/sm	
AUDAL SOLIDO ESPECIFICO			316.27	g/m ³	

SOLIDOS EN SUSPENSION ESTACION EL TUNAL PERIODO 73-74/81-82





V. EVALUACION DE SOLUCIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL CANAL DE DIOS

V.1 Obra de toma

La solución del problema de la toma es como ya se ha dicho prioritario para obtener un buen funcionamiento del Canal de Dios.

El primer problema a solucionar es asegurar el ingreso de caudales a la misma, habida cuenta del descenso del curso del río por degradación que ya se ha producido y el que se producirá en el futuro.

Esta degradación del cauce buscando un nuevo perfil de equilibrio, está vinculada a la construcción de obras en la cuenca superior, Las Presas, Cabra Corral y El Tunal y a otros factores que afectaron y continúan alterando la dinámica de los derrames en el tramo santiagueño del río salado. Entre los mismos se citan la modificación del escurrimiento de bañado en la zona del ex Bañado de Copo, la transformación del río Horcones en un afluente del Salado y otros fenómenos descriptos en el punto III de este informe.

El segundo objetivo que sería deseable alcanzar, en la medida que esto resulte factible a costos razonables en relación con los beneficios emergentes, sería el reducir el aporte de sedimentos al canal para minimizar los costos de mantenimiento y mejorar su funcionamiento evitando o disminuyendo las pérdidas de capacidad y/o cortes de servicio periódicos. Si bien no está dentro del alcance de este informe analizar alternativas de solución para la toma del Canal de Dios, la inspección terrestre y aérea realizada, así como el análisis de las imágenes satelitarias del área, permiten realizar las siguientes apreciaciones preliminares:

- No existe en las cercanías del emplazamiento actual una zona en que el cauce sea suficientemente estrecho y con márgenes

estables como para favorecer la posibilidad de diseñar una presa derivadora a un costo proporcionado con el orden de caudales a derivar y con la demanda existente.

- La posibilidad de provocar sobreelevaciones moderadas del nivel de agua en el río mediante la construcción de azudes sumergidos (por ejemplo de escollera o gaviones), parecería factible siempre que no se sobrepase una altura de los mismos que pueda inducir al río a cambiar de curso. Estos azudes podrían retener alguna cantidad de sedimentos, lo que sin embargo resulta poco significativo en relación con el aporte sólido del río por lo que se atarquinarian rápidamente.
- Los primeros estudios que se recomienda encarar como conclusión de las evaluaciones objeto de este informe son los de localización y tipo de obras para una toma del Canal de Dios que cumpla adecuadamente con su función, ya que la actual puede considerarse que ha dejado de prestar el servicio para el que fué proyectada. Estos estudios deberían estar sustentados en informaciones básicas adicionales de topografía, batimétrica, aporte de sólidos, suelos y materiales de construcción y deberían considerar las implicancias de las soluciones propuestas en el funcionamiento y costos de operación y mantenimiento del canal, de forma de optimizar el conjunto de las obras.

Para la evaluación de soluciones del funcionamiento del canal objeto de este informe, se previó adoptar dos hipótesis razonables de ingreso de material sólido en la obra de toma:

Teniendo en cuenta que:

- . El costo de las alternativas con revestimiento del canal es muy alto (del orden de 145.500 dólares por km en la alternativa con suelo cemento ver punto V.2.1.).
- . Para la alternativa sin revestimiento la estabilidad del

material del lecho por erosión se encuentra en el límite de lo admisible, aún considerando que el agua circulante contenga muy elevada proporción de partículas finas y limo.

- . La capacidad de transporte de sólidos en suspensión en el canal, está en el orden de 320 g/m^3 (ver punto IV 2.2), originando en consecuencia, aportes superiores de material sólido, deposiciones y embanques en el canal.
- . El promedio anual del aporte de sólidos del río es de $3,37 \text{ kg/m}^3$ o, si se excluyen los tres meses de mayor derrame, $1,32 \text{ kg/m}^3$, valores que exceden muy largamente la capacidad de transporte de sólidos del canal actual.
- . No existen condiciones geomorfológicas para proyectar a costo justificable económicamente, una presa derivadora en el río Salado que además de controlar el nivel de agua de la toma permita retener en forma sensible los sedimentos que aporta el río (si bien esta apreciación está hecha a criterio, es útil tener en cuenta que el costo actualizado de los costos de operación y mantenimiento de la alternativa con toma libre y sin revestir del canal para una vida útil de 30 años con una tasa de interés del 10% es del orden de 3.0 millones de dólares, ver punto V.2.1 y que una eventual presa derivadora tendría un largo sobre el coronamiento importante). Esto llevaría a considerar solamente en principio alternativas de captación con toma libre complementadas con obras de baja inversión inicial que controlen el descenso del cauce del río.
- . La capacidad de retención de posibles umbrales sumergidos de altura moderada para evitar riesgos de alteraciones de curso del río, no sería significativa en cuanto a retención de los sedimentos como surge de la comparación de su volumen de embalse con el aporte anual de sedimentos del río.
El diseñar una pileta de decantación que reduzca

apreciablemente el ingreso de material al canal de conducción, no parece viable técnico-económicamente debido al tipo de material sólido (mas del 50% pasa el tamiz Nº 200) y sobre todo a la ausencia, para el caso de la alternativa con toma libre, de carga hidráulica suficiente para efectuar la frecuente limpieza que resultaría necesaria de los vanos de la misma.

Se han adoptado las siguientes hipótesis de ingreso de sedimentos en la toma, ambas admitiendo la aducción a través de tomas libres sin pileta de decantación:

- 1) El canal opera todo el año, ingresando al mismo la totalidad del aporte de material sólido por metro cúbico que transporta el río (aporte sólido promedio anual $3,37 \text{ kg/m}^3$) y realizándose el mantenimiento durante todo el año.
- 2) El canal opera nueve meses al año, saliendo de servicio los meses de enero a marzo (aporte sólido promedio en los meses de operación $1,32 \text{ kg/m}^3$ periodo en el que se realizarían las operaciones de mantenimiento en seco.

Para ambas hipótesis se supone una mejora, ampliación y/o construcción de nuevos reservorios de dimensiones y características tales que se pueda asegurar el suministro de agua a las poblaciones durante todo el año.

V.2.1 Estudio de Revestimientos

Para el análisis de revestimientos se identificaron como alternativas constructivas:

hormigón simple
suelo cemento
membrana asfáltica

Para el canal revestido en h^2 simple de acuerdo a las

secciones hidráulicas el Bureau Reclamatieu en la publicación "Linings for Irrigation Canals" - 1963 se adopta un espesor de 5cm.

Para el canal revestido en suelo cemento se utiliza un espesor de 10cm acorde a los espesores utilizados en anteriores experiencias en Santiago del Estero - Canales Zona 1 Río Dulce, y se estima como más conveniente la utilización de suelo cemento plástico.

El canal con revestimiento de membrana bituminosa realizada in situ, se proyecta sobre la base de las experiencias análogas realizadas en Brasil. Luego de proceder a la excavación y compactado del canal se coloca una membrana geotextil de poliéster unida por agujado a lo ancho del canal y con uniones longitudinales debidamente cosidas. Sobre ésta se riega una emulsión de asfalto plástico oxidado por medio de un camión regador con una tasa de residuo de $4,5 \text{ kg/m}^2$.

Para el tramo de obra de toma progresiva 32.000 en el caso de revestir el canal, se pueden eliminar los saltos con lo que se puede llegar a una pendiente máxima de 0,65%.

Para esta pendiente y para el caudal de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ hasta la derivación Virgen de Huachana se obtienen las secciones que se presentan en el Cuadro V-1 y V-2, en los que se determinan volúmenes de revestimiento.

Para el tramo prog. 32.000 hasta Monte Quemado se presentan las secciones en el Cuadro V-3 y V-4, en los que se indican desarrollo y volúmenes de los revestimientos.

Para el costo de las alternativas se procedió a calcular el costo-costo de realización de cada trabajo y se aplicó para obtener los precios un factor K que incluye gastos generales, gastos financieros e impuestos.

costo - costo	100
gastos generales 20%	20
Beneficios 10%	10

	130
Gastos financieros 10%	13

	143
Impuestos 20,5%	29,31

	172,31

$$K = \frac{172,31}{100} = 1,7231$$

Costo de operación de equipos

Se identificaron los equipos a utilizar y para éstos se determinaron los costos unitarios de amortización e intereses, combustibles y lubricantes y reparaciones y repuestos, éstos se presentan en el Cuadro V-3.

Los factores integrantes del costo para cada una de las alternativas propuestas son presentados en los Cuadros V-6 a V-8 para el tramo D-T proy. 32.000 y Cuadros V-9 a V-14 para el tramo proy. 32.000 - Monte Quemado.

Los rendimientos de retroexcavadora son de orden similar ya que se considera en lugar de excavación de la sección, la readecuación de la existente.

Los costos de revestimiento para el tramo hasta Monte Quemado se presentan en el Cuadro V-12 con los valores unitarios y las inversiones requeridas para la ejecución del revestimiento.

El valor equivalente en dólares de la inversión necesaria

para construir el revestimiento del canal es de 15 a 25 millones de dólares de acuerdo al tipo de revestimiento a utilizar.

V.2.2 Costos de Operación y Mantenimiento

Para el cálculo del mantenimiento anual es necesario analizar el canal principal y las derivaciones. Esto se realizó mediante la adopción de dos hipótesis razonables de ingreso de sedimentos en la toma (ver punto V.1).

Hipótesis 1: El canal opera todo el año.

Ingreso de material sólido $3,37 \text{ kg/m}^3$

Hipótesis 2: El canal opera 9 meses (sale de operación los meses de enero a marzo - ingreso de material sólido $1,32 \text{ kg/m}^3$).

a) Canal sin revestir

. Análisis para la Hipótesis 1

En este caso sedimentan en el canal aproximadamente 3 kg/m^3 de agua que ingresa.

Para 12 meses de operación con un caudal medio de $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ la sedimentación por el canal es de 331.128 ton, por lo tanto se deberá extraer anualmente este material que en volumen representa aproximadamente 220.752 m^3 .

Esta extracción se debe realizar sin cortar el escurrimiento de agua.

Para estas tareas de mantenimiento es necesario contar con un equipo de dos Retroexcavadoras Tipo Foclain LC 80 una cargadora y equipos auxiliares durante todo el año.

Extracción de 220.752 m^3 de material $\times 8.083 \text{ A/m}^3$
 $1.784.338.416 \text{ A}$ (aprox. 300.000 U\$S/año).

. Análisis para la hipótesis 2

En este caso sedimentará en el canal aproximadamente 1 kg por m^3 de agua que ingresa.

Para un caudal medio $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ durante los 9 meses sedimentan 83160 ton de material 33.440 m^3 . Se debería contar con 2 Retroexcavadoras y una cargadora durante 3 meses.
Extracción de sedimentos 448.121.520 A (aprox. 74.680 U\$S/año).
Lo que reduce sensiblemente los costos de mantenimiento.

Además el mantenimiento del canal se efectuaría durante los meses en que se interrumpe el escurrimiento, por lo que al realizarse las tareas en seco, se lograría con un mejor rendimiento y además de que se podría utilizar equipos más variados.

Para la adopción de esta hipótesis de funcionamiento es necesario incrementar el volumen de represas de forma tal que permita atender el consumo de las poblaciones durante 4 meses.

b) Canal revestido

Se consideran las alternativas de hormigón simple y la de suelo de cemento ya que la solución con membrana asfáltica no presenta una reducción de inversión respecto de la de suelo cemento siendo mayores sus costos de mantenimiento.

Para evaluar si el canal puede transportar los sólidos en suspensión, se calcularon estos con la metodología utilizada en el Capítulo IV. Los resultados se presentan en el Cuadro V-13, del que surge que se puede transportar aprox. $2,5 \text{ kg/m}^3$ para una pendiente uniforme de 0,6%, que está en el orden de la máxima obtenible, eliminando los saltos, para el tramo de mínima

pendiente topográfica entre la toma y Monte Quemado.

Se señala que la pendiente de 0,6%. no es sensiblemente mayor que la actual del canal por lo que la economía de sección que surge de considerar ambas pendientes es pequeño.

Por otra parte el incremento y uniformización de pendiente en el cauce principal, a pesar de ser ligero, tendría el inconveniente de llevar a descensos del nivel de agua que dificultaran las tomas laterales a lo largo de su traza y por lo tanto el riego y suministro de agua a los pobladores de los campos intermedios.

De los análisis efectuados surge que para los aportes medios mensuales considerados el canal podría funcionar, al menos inicialmente, sin sedimentar los meses de mayo a noviembre, por lo que, salvo que se pueda lograr por algún medio idóneo y justificable económicamente, una sensible reducción en los sólidos en suspensión que ingresan al canal (cosa que no parece posible), el periodo de funcionamiento del canal debiera ser de solo 7 meses. Por otra parte el mayor aporte sólido que podría acarrear el canal principal se depositaría en los primeros tramos de los canales secundarios, (aún cuando los mismos también se revistieran) debido a la mucho menor pendiente topográfica disponible en ellos, (pendiente de proyecto actual con largos tramos del orden de 0,20%.) creando remansos, sobreelevaciones de la línea de agua y en definitiva sedimentaciones posteriores aún en el cauce principal.

Se concluye que el funcionamiento esperable de las alternativas con revestimiento no presenta mejoras de relevancia en relación con la alternativa sin revestir con excepción de la disminución de pérdidas por filtraciones, y que de todas maneras sería necesario para ellas, trabajos de desembanque, que en este caso tendrían el inconveniente adicional del riesgo de dañar el revestimiento. Por el contrario la mayor capacidad de transporte de sedimentos del canal revestido, si no se acompaña con una

sensible disminución del ingreso de sólidos en la cabecera del canal, aumentaría el embancamiento de las derivaciones, las aducciones a las represas, las represas y en general todo el sistema de captación y derivaciones secundarias. Si a ello se le suma la ausencia de obras de costo razonable que posibiliten una sensible reducción del ingreso de sedimentos al canal y el elevado costo del revestimiento (ver punto V.2.1) se concluye que solo es válido analizar eventualmente en el futuro la conveniencia de, sin cambiar ni la pendiente ni la sección en el trazado general del canal, revestir algún tramo de corta longitud que pueda presentar pérdidas localizadas importantes (cruces con paleocauces u otras). Se señala, sin embargo, que la observación del funcionamiento del canal ha permitido detectar que las pérdidas, aun en correspondencia con los paleocauces, han ido disminuyendo debido a la paulatina colmatación de los espacios vacíos del material de lecho por las porciones finas de los sedimentos, minimizando sensiblemente las mismas.

Se señala, también, que por esta razón es imperioso realizar el mantenimiento cuidando de no eliminar la capa superficial del lecho del canal.

V.2.3 Abastecimiento de agua a poblaciones

La capacidad de almacenamiento de las represas para consumo humano es en general muy pequeño siendo inferior a los treinta días y llegando en algunos casos a estar en el orden de una semana. Esto hace que cualquier inconveniente en el funcionamiento del canal traiga aparejados problemas de abastecimiento.

Muchas poblaciones tienen represas con capacidad reducida por la deposición de sedimentos por falta de un mantenimiento adecuado.

Otro aspecto importante a mejorar es la reducción de las pérdidas por infiltración en los reservorios, ya que salvo

pocas excepciones, las represas no cuentan con una impermeabilización adecuada existiendo incluso algunas inutilizadas por la magnitud de las filtraciones.

Junto con las mejoras necesarias en los reservorios es importante optimizar la alimentación de estas ya que en algunos casos se encuentran alimentadas por caños de 10 cm., lo que obliga a sobreelevar el canal para posibilitar el ingreso de caudales y hace muy lento el proceso de llenado de los mismos.

Otras obras de alimentación a represas se materializan mediante obras de toma a 90° las que debieran reemplazarse por tomas a 135° de manera de reducir pérdidas de carga y evitar la sedimentación.

Es necesario por otra parte a corto plazo, contar con reservorios que aseguren una autonomía de suministro del orden de 2 a 4 meses, ya que no existe otra forma de poder operar ese sistema para las condiciones actuales.

SECCION DEL CANAL CON DISTINTOS REVESTIMIENTOS

MATERIAL DE REVESTIMIENTO	COEFICIENTE RUGOSIDAD	PENDIENTE	ANCHO FONDO	TIRANTE	ALTURA TOTAL	TALLUDES	SECCION	RADIO HIDRAULICO	VELOCIDAD MEDIA	CAUDAL
		m/m	(m)	(m)		/1	(m ²)	(m)	(m/s)	(m ³ /s)
SUELO CEMENTO	0.014	6.00E-04	2.20	1.56	1.80	1.00	4.11	0.62	1.28	5.25
HORMIGON	0.013	6.00E-04	2.15	1.50	1.75	1.00	3.86	0.60	1.36	5.20
MEMBRANA IMPERMEABLE	0.020	6.00E-04	3.00	1.50	1.75	1.50	5.63	0.67	0.94	5.27
SIN REVESTIMIENTO	0.029	6.00E-04	3.50	1.7	1.95	1.5	7.31	0.76	0.70	5.14

CUADRO V - 1

CANTIDADES DE REVESTIMIENTO REQUERIDAS

MATERIAL DE REVESTIMIENTO	PERIMETRO CANAL	ESPESOR REVES	VOLUMEN ESCAV	VOLUMEN REVEST
	m	m	m ³ /m	m ³ /m
SUELO CEMENTO	8.02	0.10	5.22	0.80
HORMIGON	7.81	0.06	4.94	0.39
MEMBRANA IMPERMEABLE	10.24	0.01	7.22	0.10
SIN REVESTIMIENTO	11.56	0.01	9.12	0.12

CUADRO V - 2

SECCION DEL CANAL CON DISTINTOS REVESTIMIENTOS TRAMO PROG 32000 - MONTE QUEMADO

MATERIAL DE REVESTIMIENTO	COEFICIENTE RUGOSIDAD	PENDIENTE	ANCHO FONDO	TIÑANTE	ALTURA TOTAL	TALUDES	SECCION	RADIO HIDRAULICO	VELOCIDAD MEDIA	CAUDAL
		m/m	(m)	(m)	(m)	/1	(m ²)	(m)	(m/s)	(m ³ /s)
SUELO CEMENTO	0.014	6.00E-04	1.90	1.35	1.60	1.00	3.11	0.54	1.16	3.62
HORMIGON	0.013	6.00E-04	1.85	1.30	1.55	1.00	2.89	0.52	1.22	3.54
MEMBRANA IMPERMEABLE	0.02	6.00E-04	2.00	1.35	1.60	1.50	4.08	0.59	0.87	3.54
SIN REVESTIR	0.029	6.00E-04	2.50	1.55	1.85	1.50	5.54	0.69	0.66	3.64

CUADRO V - 3

CANTIDADES DE REVESTIMIENTO REQUERIDAS

MATERIAL DE REVESTIMIENTO	PERIMETRO CANAL	ESPOSOR REVES	VOLUMEN ESCAV	VOLUMEN REVEST
	m	m	m ³ /m	m ³ /m
SUELO CEMENTO	7.07	0.10	4.08	0.71
HORMIGON	6.96	0.05	3.84	0.34
MEMBRANA IMPERMEABLE	8.55	0.01	5.44	0.09
SIN REVESTIR	10.09		7.45	

CUADRO V - 4

PLANTILLA DE EQUIPOS

CUADRO V - 5

DESIGNACION	POT	COSTO ACTUAL	VALOR RESID ANUAL	USO ANUAL	AMORT INT	REP Y REP	COMBUSTIBLE				LUBRICANTES				COMB LUBR
							TIPO	PRECIO	CONS	COSTO	TIPO	PRECIO	CONS	COSTO	
	HP	A	%	HORAS	A/H	A/H		A/L	L/H	A/H		A/L	L/H	A/H	A/H
RETROESCAVADORA	135	1 200 000 000	20	20 000	71 100	36 560	GASOIL	2 460	12	29 520				4 428	33 948
CARGADORA	150	1 500 000 000	20	20 000	88 875	44 438	GASOIL	2 460	12	29 520				4 428	33 948
PLANTA HORMIGON	30	500 000 000	20	20 000	29 625	14 813	GASOIL	2 460	4	9 840				1 476	11 316
CAMION HORMIGUN	180	320 000 000	20	20 000	18 150	9 420	GASOIL	2 460	9	22 140				3 321	25 461
CAMION REGADOR	180	320 000 000	20	20 000	18 150	9 420	GASOIL	2 460	9	22 140				3 321	25 461
EQUIPOS MENORES	20	100 000 000	20	20 000	5 925	2 963	GASOIL	2 460	4	9 840				1 476	11 316

Obra CANAL DE DIOS
Fecha OCTUBRE 1990

CUADRO V-6

Item REVESTIMIENTO DE HORMIGON POR METRO LINEAL DE CANAL OT - Prog 32000

A MATERIALES							
1	Cemento	0.28	t*	700000	A/t	195 105	
2	Arena	0.68	t*	20000	A/t	13 535	
3	Piedra	1.28	t*	70000	A/t	89 684	
			t*	0	A/t	0	
			t*	0	A/t	0	
Suma parcial						298 323	
Varios(global) 0.15*Mp						44 748	
Suma Total						343 072	
B MANO DE OBRA							
	Ofic especializado	4.6	h/m*	14077	A/h	64 754	
	Oficial	6.9	h/m*	12548	A/h	86 581	
	Ayudante	13.8	h/m*	11126	A/h	153 539	
Suma Total						304 874	
C TRANSPORTE							
1	Cemento	150	km*	650	A/t*	0.28 t/m	27 175
2	Arena	95	km*	612	A/t*	0.68 t/m	39 345
3	Piedra	95	km*	612	A/t*	1.28 t/m	74 489
			km*		A/t*	t/m	0
			km*		A/t*	t/m	0
Suma Total						141 009	
D AMORTIZACION DE EQUIPOS							
1	RETROESCAVADORA	0.10	h/m*	71100	A/h	7 359	
2	CARGADORA	0.05	h/m*	88875	A/h	4 088	
3	PLANTA HORMIGON	0.05	h/m*	29625	A/h	1 363	
4	CAMION HORMIGON	0.12	h/m*	18960	A/h	2 180	
5	EQUIPOS MENORES	0.12	h/m*	5925	A/h	661	
Suma Total						15 672	
E REPARACIONES Y REPUESTOS							
1	RETROESCAVADORA	0.10	h/m*	35550	A/h	3 679	
2	CARGADORA	0.05	h/m*	44438	A/h	2 044	
3	PLANTA HORMIGON	0.05	h/m*	14613	A/h	681	
4	CAMION HORMIGON	0.12	h/m*	9480	A/h	1 090	
5	EQUIPOS MENORES	0.12	h/m*	2963	A/h	341	
Suma Parcial						7 836	
A.S.G.: 0.25*Rp*A.S.G.						1 359	
Suma total						9 795	
F COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES							
1	RETROESCAVADORA	0.10	h/m*	33948	A/h	3 514	
2	CARGADORA	0.05	h/m*	33948	A/h	1 562	
3	PLANTA HORMIGON	0.05	h/m*	11316	A/h	521	
4	CAMION HORMIGON	0.12	h/m*	25461	A/h	2 928	
5	EQUIPOS MENORES	0.12	h/m*	11316	A/h	1 301	
Suma Total						9 825	
COSTO - COSTO						824 247	
P R E C I O : CC*K				K=	1.7231	1 420 260	

Obra CANAL DE DIOS

CUADRO V - 7

Fecha OCTUBRE 1990

Item REVESTIMIENTO DE SUELO CEMENTO POR METRO LINEAL DE CANAL OT - 32000

A MATERIALES							
1	Cemento	0.20	t*	700000	A/t		140 403
2	Suelo	1.44	t*	15000	A/t		21 662
			t*		A/t		0
			t*		A/t		0
			t*		A/t		0
Suma parcial							162 065
Varlos(global) 0.15*Mp							24 310
Suma Total							186 374
B MANO DE OBRA							
	Ofic especializado	4.5	h/m*	14077	A/h		63 628
	Oficial	6.6	h/m*	12548	A/h		85 075
	Ayudante	13.6	h/m*	11126	A/h		150 869
Suma Total							299 572
C TRANSPORTE							
1	Cemento	150 km*	650	A/t*	0.20	t/m	19 556
2	Suelo	5 km*	650	A/t*	1.44	t/m	4 693
		km*		A/t*		t/m	0
		km*		A/t*		t/m	0
		km*		A/t*		t/m	0
Suma Total							24 250
D AMORTIZACION DE EQUIPOS							
1	RETROESCAVADORA	0.10	h/m*	71100	A/h		7 231
2	CARGADORA	0.09	h/m*	88875	A/h		8 034
3	PLANTA HORMIGON	0.05	h/m*	29625	A/h		1 339
4	CAMION HORMIGON	0.11	h/m*	18960	A/h		2 142
5	EQUIPOS MENORES	0.11	h/m*	5925	A/h		670
Suma Total							19 416
E REPARACIONES Y REPUESTOS							
1	RETROESCAVADORA	0.10	h/m*	35550	A/h		3 615
2	CARGADORA	0.09	h/m*	44438	A/h		4 017
3	PLANTA HORMIGON	0.05	h/m*	14813	A/h		670
4	CAMION HORMIGON	0.11	h/m*	9480	A/h		1 071
5	EQUIPOS MENORES	0.11	h/m*	2963	A/h		335
Suma Parcial							9 708
A.S.G.: 0.25*Rp*A.S.G.							2 427
Suma total							12 135
F COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES							
1	RETROESCAVADORA	0.10	h/m*	33948	A/h		3 453
2	CARGADORA	0.09	h/m*	33948	A/h		3 069
3	PLANTA HORMIGON	0.05	h/m*	11316	A/h		511
4	CAMION HORMIGON	0.11	h/m*	25461	A/h		2 877
5	EQUIPOS MENORES	0.11	h/m*	11316	A/h		1 279
Suma Total							11 189
COSTO - COSTO							552 936
P R E C I O : 00*K							
				K=	1.7231		952 764

Obra CAHAL DE DIOS

CUADRO V - 8

Fecha OCTUBRE 1990

Item REVESTIMIENTO DE MEMBRANA BITUMINOSA METRO LINEAL DE CANAL OT - 32000

A MATERIALES							
1	Geotextil	12.0	m2*	6600	A/m	79 200	
2	Emulsion asfaltica	72.0	kg*	2200	A/kg	158 400	
			t*		A/t	0	
			t*		A/t	0	
			t*		A/t	0	
Suma parcial						237 600	
Varios(global) 0.15*Mp						35 640	
Suma Total						273 240	
B MANO DE OBRA							
	Ofic especializado	2.0	h/m*	14077	A/h	28 154	
	Oficial	4.0	h/m*	12548	A/h	50 192	
	Ayudante	8.0	h/m*	11126	A/h	89 008	
Suma Total						167 354	
C TRANSPORTE							
1	Geotextil	1200	km*	1	A/m	12.00 m/m	14 400
2	Emulsion asfaltica	700	km*	900	A/t*	72.00 k/m	45 360
			km*		A/t*	t/m	0
			km*		A/t*	t/m	0
			km*		A/t*	t/m	0
Suma Total						59 760	
D AMORTIZACION DE EQUIPOS							
1	RETROESCAVADORA	0.08	h/m*	71100	A/h	5 688	
2	CARGADORA	0.04	h/m*	88875	A/h	3 555	
3			h/m*		A/h	0	
4	CAMION REGADOR	0.11	h/m*	18960	A/h	2 142	
5	EQUIPOS MENORES	0.11	h/m*	5925	A/h	670	
Suma Total						12 055	
E REPARACIONES Y REPUESTOS							
1	RETROESCAVADORA	0.08	h/m*	35550	A/h	2 844	
2	CARGADORA	0.04	h/m*	44438	A/h	1 778	
3			h/m*		A/h	0	
4	CAMION REGADOR	0.11	h/m*	9480	A/h	1 071	
5	EQUIPOS MENORES	0.11	h/m*	2963	A/h	335	
Suma Parcial						6 028	
A.S.G.: 0.25*Rp*A.S.G.						1 507	
Suma total						7 534	
F COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES							
1	RETROESCAVADORA	0.08	h/m*	33948	A/h	2 716	
2	CARGADORA	0.04	h/m*	33948	A/h	1 358	
3			h/m*		A/h	0	
4	CAMION REGADOR	0.11	h/m*	25461	A/h	2 877	
5	EQUIPOS MENORES	0.11	h/m*	11316	A/h	1 279	
Suma Total						8 230	
COSTO - COSTO						528 173	
P R E C I O : CC*K				K=	1.7231	910 095	

Obra CANAL DE DIOS

Fecha OCTUBRE 1990

CUADRO V - 9

Item REVESTIMIENTO DE HORMIGON POR METRO LINEAL DE CANAL

A MATERIALES							
1	Cemento	0.24	t*	700000	A/t		170 100
2	Arena	0.59	t*	20000	A/t		11 800
3	Piedra	1.12	t*	70000	A/t		78 190
			t*	0	A/t		0
			t*	0	A/t		0
Suma parcial							260 090
Varlos(global) 0.15*Mp							39 014
Suma Total							299 104
B MANO DE OBPA							
	Ofic especializado	4.0	h/m*	14077	A/h		56 308
	Oficial	6.0	h/m*	12548	A/h		75 288
	Ayudante	12.0	h/m*	11128	A/h		133 512
Suma Total							265 108
C TRANSPORTE							
1	Cemento	150 km*	650 A/t*	0.24	t/m		23 693
2	Arena	95 km*	612 A/t*	0.59	t/m		34 303
3	Piedra	95 km*	612 A/t*	1.12	t/m		64 942
		km*	A/t*		t/m		0
		km*	A/t*		t/m		0
Suma Total							122 937
D AMORTIZACION DE EQUIPOS							
1	RETROESCAVADORA	0.09	h/m*	71100	A/h		6 399
2	CARGADORA	0.04	h/m*	88875	A/h		3 555
3	PLANTA HORMIGON	0.04	h/m*	29625	A/h		1 185
4	CAMION HORMIGON	0.10	h/m*	18960	A/h		1 896
5	EQUIPOS MENORES	0.10	h/m*	5925	A/h		593
Suma Total							13 628
E REPARACIONES Y REPUESTOS							
1	RETROESCAVADORA	0.09	h/m*	35550	A/h		3 200
2	CARGADORA	0.04	h/m*	44438	A/h		1 778
3	PLANTA HORMIGON	0.04	h/m*	14813	A/h		593
4	CAMION HORMIGON	0.10	h/m*	3480	A/h		348
5	EQUIPOS MENORES	0.10	h/m*	2963	A/h		296
Suma Parcial							6 814
A.S.G.: 0.25*Rp*A.S.G.							1 703
Suma total							8 517
F COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES							
1	RETROESCAVADORA	0.09	h/m*	33948	A/h		3 055
2	CARGADORA	0.04	h/m*	33948	A/h		1 358
3	PLANTA HORMIGON	0.04	h/m*	11316	A/h		453
4	CAMION HORMIGON	0.10	h/m*	25461	A/h		2 546
5	EQUIPOS MENORES	0.10	h/m*	11316	A/h		1 132
Suma Total							8 544
COSTO - COSTO							717 837
P R E C I O : CC*K							
				K=	1.7231		1 236 906

Obra CANAL DE DIOS

CUADRO V - 10

Fecha OCTUBRE 1990

Item REVESTIMIENTO DE SUELO CEMENTO POR METRO LINEAL DE CANAL

A MATERIALES										
1	Cemento	0.18	t*	700000	A/t			124	250	
2	Suelo	1.28	t*	15000	A/t			19	170	
			t*		A/t			0		
			t*		A/t			0		
			t*		A/t			0		
Suma parcial								143	420	
Varios(global) 0.15*Mp								21	513	
Suma Total								164	933	
B MANO DE OBRA										
	Ofic. especializado	4.0	h/m*	14077	A/h			56	308	
	Oficial	6.0	h/m*	12548	A/h			75	288	
	Ayudante	12.0	h/m*	11126	A/h			133	512	
Suma Total								265	108	
C TRANSPORTE										
1	Cemento	150	km*	650	A/t*	0.18	t/m	17	306	
2	Suelo	5	km*	650	A/t*	1.28	t/m	4	154	
			km*		A/t*		t/m	0		
			km*		A/t*		t/m	0		
			km*		A/t*		t/m	0		
Suma Total								21	460	
D AMORTIZACION DE EQUIPOS										
1	RETROESCAVADORA	0.09	h/m*	71100	A/h			6	399	
2	CARGADORA	0.08	h/m*	88875	A/h			7	110	
3	PLANTA HORMIGON	0.04	h/m*	29625	A/h			1	185	
4	CAMION HORMIGON	0.10	h/m*	18960	A/h			1	896	
5	EQUIPOS MENORES	0.10	h/m*	5925	A/h			5	93	
Suma Total								17	183	
E REPARACIONES Y REPUESTOS										
1	RETROESCAVADORA	0.09	h/m*	35550	A/h			3	200	
2	CARGADORA	0.08	h/m*	44438	A/h			3	555	
3	PLANTA HORMIGON	0.04	h/m*	14813	A/h			5	93	
4	CAMION HORMIGON	0.10	h/m*	9480	A/h			9	48	
5	EQUIPOS MENORES	0.10	h/m*	2963	A/h			2	96	
Suma Parcial								8	591	
A.S.G.: 0.25*Rp*A.S.G.								2	148	
Suma total								10	739	
F COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES										
1	RETROESCAVADORA	0.09	h/m*	33948	A/h			3	055	
2	CARGADORA	0.08	h/m*	33948	A/h			2	716	
3	PLANTA HORMIGON	0.04	h/m*	11316	A/h			4	53	
4	CAMION HORMIGON	0.10	h/m*	25461	A/h			2	546	
5	EQUIPOS MENORES	0.10	h/m*	11316	A/h			1	132	
Suma Total								9	902	
COSTO - COSTO								489	324	
P R E C I O : 00*K								K=	1.7231	843 154

Obra CANAL DE DIOS

Fecha OCTUBRE 1990

CUADRO V - 11

Item REVEST DE MEMBRANA BITUMINOSA METRO LINEAL prog 32000 MONTE QUEMADO

A MATERIALES								
1	Geotextil	11.4	m2*	6600	A/m		75 240	
2	Emulsion asfaltica	68.4	kg*	2200	A/kg		150 480	
			t*		A/t		0	
			t*		A/t		0	
			t*		A/t		0	
Suma parcial							225 720	
Varies(global) 0.15*Mp							33 858	
Suma Total							259 578	
B MANO DE OBRA								
	Ofic especializado	1.9	h/m*	14077	A/h		26 746	
	Oficial	3.8	h/m*	12548	A/h		47 662	
	Ayudante	7.6	h/m*	11128	A/h		84 558	
Suma Total							158 966	
C TRANSPORTE								
1	Geotextil	1200	km*	1	A/m	11.40	m/m	13 660
2	Emulsion asfaltica	700	km*	900	A/t*	68.40	k/m	43 092
			km*		A/t*		t/m	0
			km*		A/t*		t/m	0
			km*		A/t*		t/m	0
Suma Total							56 772	
D AMORTIZACION DE EQUIPOS								
1	RETROESCAVADORA	0.08	h/m*	71100	A/h		5 404	
2	CARGADORA	0.04	h/m*	88875	A/h		3 377	
3			h/m*		A/h		0	
4	CAMION REGADOR	0.10	h/m*	18960	A/h		1 896	
5	EQUIPOS MENORES	0.10	h/m*	5925	A/h		593	
Suma Total							11 269	
E REPARACIONES Y REPUESTOS								
1	RETROESCAVADORA	0.08	h/m*	35550	A/h		2 702	
2	CARGADORA	0.04	h/m*	44438	A/h		1 669	
3			h/m*		A/h		0	
4	CAMION REGADOR	0.10	h/m*	9480	A/h		948	
5	EQUIPOS MENORES	0.10	h/m*	2963	A/h		296	
Suma Parcial							5 635	
A.S.G.: 0.25*Pp*A.S.G.							1 409	
Suma total							7 043	
F COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES								
1	RETROESCAVADORA	0.08	h/m*	33948	A/h		2 560	
2	CARGADORA	0.04	h/m*	33948	A/h		1 290	
3			h/m*		A/h		0	
4	CAMION REGADOR	0.10	h/m*	25461	A/h		2 546	
5	EQUIPOS MENORES	0.10	h/m*	11316	A/h		1 132	
Suma Total							7 548	
COSTO - COSTO							501 197	
P R E C I O : CC*K				K=	1.7231		863 612	

	LONGITUD m.	HORMIGON		SUELO CEMENTO		MEMBRANA ASFALTICA	
		Prec. unit	precio	Prec. unit	precio	Prec. unit	precio
		A/m	A	A/m	A	A/m	A
OBRA DE TOMA - PROG 32000	32 000	1 420 280	45 443 330 000	952 764	30 488 448 000	910 095	29 123 040 000
PROG 32000 - MONTE QUEMADO	83 300	1 296 906	103 034 269 800	843 154	70 234 728 200	863 612	71 938 879 600
TOTAL O. DE T. MONTE QUEMADO	115 300		148 482 599 800		100 723 176 200		101 061 919 600

Obra CANAL DE DIOS

Fecha OCTUBRE 1990

CUADRO V - 13

Item LIMPIEZA DEL CANAL POR METRO CUBICO DE MATERIAL SEDIMENTADO

A MATERIALES							
		t*		A/t			0
		t*		A/t			0
		t*		A/t			0
		t*		A/t			0
		t*		A/t			0
Varlos(global) 0.15*Mp							0
Suma parcial							0
Suma Total							0
B MANO DE OBRA							
	Ofic especializado	0.02	h/m*	14077	A/h		282
	Oficial	0.01	h/m*	12548	A/h		125
	Ayudante	0.04	h/m*	11126	A/h		445
Suma Total							652
C TRANSPORTE							
		km*	A/t*		t/m		0
		km*	A/t*		t/m		0
		km*	A/t*		t/m		0
		km*	A/t*		t/m		0
		km*	A/t*		t/m		0
Suma Total							0
D AMORTIZACION DE EQUIPOS							
1	RETROESCAVADORA	0.02	h/m*	71100	A/h		1 187
2	CARGADORA	0.01	h/m*	86875	A/h		495
			h/m*		A/h		0
			h/m*		A/h		0
5	EQUIPOS MENORES	0.02	h/m*	5925	A/h		99
Suma Total							1 781
E REPARACIONES Y REPUESTOS							
1	RETROESCAVADORA	0.02	h/m*	35550	A/h		594
2	CARGADORA	0.01	h/m*	44438	A/h		247
			h/m*		A/h		0
			h/m*		A/h		0
5	EQUIPOS MENORES	0.02	h/m*	2963	A/h		49
Suma Parcial							891
A.S.G.: 0.25*Rp*A.S.G.							223
Suma total							1 113
F COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES							
1	RETROESCAVADORA	0.02	h/m*	33948	A/h		567
2	CARGADORA	0.01	h/m*	33948	A/h		189
			h/m*		A/h		0
			h/m*		A/h		0
5	EQUIPOS MENORES	0.02	h/m*	11316	A/h		189
Suma Total							945
COSTO - COSTO							4 691
P R E C I O : CC*K							
				K=	1.7231		8 083

VI. Conclusiones y Recomendaciones

Se resume a continuación las principales conclusiones y recomendaciones del presente informe.

- El objetivo para el que fue construido el canal, o sea abastecer de agua potable a las poblaciones aledañas, ganadería y generación de pequeñas áreas de riego, se cumple actualmente en forma precaria. Esto se debe a que la toma ha quedado alta en relación a los niveles actuales de escurrimiento del río por el avance de un proceso de degradación del cauce actualmente no detenido siendo a su vez deficiente su funcionamiento actual debido a que las conducciones en canal funcionan con capacidad fuertemente disminuida por grandes depósitos de sedimentos circunstancia esta unida a un mantenimiento poco frecuente y carente de los medios adecuados y a que los reservorios y/o sus conexiones con el canal no tienen en varias localidades la capacidad, el diseño y/o el grado de impermeabilización adecuados.

En un intento de posibilitar la continuación del funcionamiento de la toma, se realizó una profundización parcial de la solera del canal de acceso, mediante la construcción de una zanja revestida en una parte de la solera del canal (la ubicada más próxima al río). Sin embargo, la ejecución de esta obra, influida posiblemente por la urgencia de encontrar un paliativo siquiera temporal al suministro de agua al Canal de Dios, provocó el desbalance de las condiciones de aducción a la estructura de toma con la aparición de marcadas asimetrías de funcionamiento que provocaron problemas de embancamiento y mal funcionamiento de las compuertas y de todo el sistema de control y regulación de caudales en la estructura de entrada.

Se sugiere que aun obras de duración transitoria o de

emergencia como la profundización parcial de la solera del canal de acceso citada más arriba, sean ejecutadas previa una planificación y análisis expeditivo de alternativas posibles de solución, para optimizar recursos y obtener una durabilidad compatible con los costos involucrados así como asegurar un funcionamiento aceptable del conjunto de obras.

En las proximidades de Pampa de los Guanacos tramo donde el canal tiene una capacidad de aproximadamente 400 l/s, se observan algunas obras de arte que disminuyen sensiblemente su capacidad de conducción, entre las que se destacan un puente alcantarilla que embalsa el canal y una alcantarilla de menor capacidad que la sección del canal.

En la mayor parte del canal sin revestir actualmente en servicio, el talud se aproxima a 1,5 horizontal - 1 vertical o en ocasiones aun más fuerte. Esto se puede interpretar como el resultado, por un lado los trabajos de mantenimiento con extracción de sedimentos (por lo que los taludes resultan influidos por el tipo de maquinaria utilizada para reconstruirlos) y por otro por procesos de erosión del talud que llevan a que el mismo adopte un perfil de erosión más fuerte que el de deposición). Por otra parte, es de reiterar que los datos de estudios de suelos con los que se cuenta hasta el momento son muy escasos por lo que se recomienda la realización de un muestreo, ensayo de caracterización de suelos y otros estudios que se deben definir en las próximas etapas.

El tramo del Canal entre Rio Muerto y Los Fretones es de grandes dimensiones, con una capacidad de aproximadamente $2m^3/s$ esto aumenta sensiblemente las pérdidas, no aporta ningún beneficio para los caudales reales con que se puede trabajar y aumenta el tiempo necesario para que el canal entre en régimen.

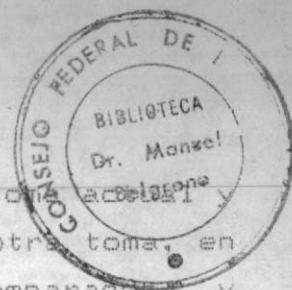
Otro aspecto importante a mejorar es la reducción de las pérdidas por infiltración en los reservorios, ya que salvo pocas excepciones, las represas no cuentan con una impermeabilización adecuada existiendo incluso algunas inutilizadas por la magnitud de las filtraciones.

Junto con las mejoras necesarias en los reservorios es importante optimizar la alimentación de estos ya que en algunos casos se encuentran alimentadas por caños de 10 cm., lo que obliga a sobreelevar el canal para posibilitar el ingreso de caudales y hace muy lento el proceso de llenado de los mismos.

Otras obras de alimentación a represas se materializan mediante obras de toma a 90° las que debieran reemplazarse por tomas 135° de manera de reducir pérdidas de carga y evitar la sedimentación.

- Cualquier solución para el funcionamiento del canal debe estudiarse en forma conjunta tomando en cuenta los problemas de aducción e ingreso de materiales sólidos a la toma y el canal, el diseño y costo de operación y mantenimiento de la conducción en canal y la ampliación, proyecto e impermeabilización de los reservorios de acumulación y sus conexiones al canal.
- Debe realizarse el anteproyecto de la toma y sus eventuales obras complementarias de forma de asegurar el ingreso de caudales al canal. Se señala que la solución de emergencia actualmente empleada, basada en la construcción periódica de un canal excavado en el cauce mayor del río que queda destruido durante el periodo de crecientes siguiente es onerosa, ocasiona interrupciones en el servicio y llevaría en el futuro a efectuar conducciones cada vez más largas al continuar el proceso de profundización del cauce del río.

El anteproyecto arriba mencionado debe incluir el análisis



de la posibilidad de rehabilitación de la toma actual y además la posible construcción alternativa de otra toma, en emplazamientos a ser identificados, comparados y seleccionados mediante una metodología que tenga en cuenta el funcionamiento posible, los procesos constructivos y la vida útil de las soluciones analizadas. Se considerará en especial en este análisis comparativo de alternativas, la necesidad de controlar o contrarrestar el descenso del nivel de agua en el río a la altura de la toma y los problemas de costos de operación y mantenimiento derivados del ingreso de material sólido a la misma.

Se preveen las siguientes tareas en los estudios de anteproyecto recomendados: Identificación de soluciones alternativas; Selección de soluciones de emplazamiento tipo y disposición de obras; Definición de las normas de operación (este estudio deberá estar vinculado a la metodología de mantenimiento del canal y al proyecto de reservorios de agua para poblaciones durante la vida útil de las obras) y Anteproyecto de la toma y obras complementarias. Se entiende por obras complementarias de la toma aquellas que podrían resultar necesarias para que la misma cumpla acabadamente su función, tales como obras de encauzamiento, aliviaderos, umbrales para sobreelevar el nivel de agua, obras de protección, obras de deposición de sedimentos etc..

Se recomienda el inmediato inicio de una campaña de muestro de sedimentos que incluya el periodo de crecientes próximo a comenzar. Diciembre 1990 marzo 1991.

- De la evaluación de soluciones para el funcionamiento del canal efectuada, considerando un rango de variabilidad razonable de ingreso de material sólido al canal, se desprende que el revestimiento del canal no es justificable técnico - económicamente. En efecto, el costo del revestimiento es muy alto (140800 U\$S/km para el

revestimiento en suelo cemento, en el canal principal, tramo Toma - Monte Quemado), no permitiría el transporte de los sólidos en suspensión y por lo tanto una disminución sustancial de los costos de operación y mantenimiento, al menos durante todo el año, en el canal principal y tornaría inoperables por embancamiento excesivo los canales secundarios (que tienen una pendiente mucho más baja con largos tramos del orden del 0,20%), las tomas distribuidas a lo largo del mismo, las conducciones a los reservorios de las poblaciones y estos reservorios mismos. El embancamiento de los canales secundarios y las tomas de agua terminaría por causar también embanques en el canal principal, con la dificultad adicional que su eliminación resultaría dificultada por la presencia del revestimiento.

Los análisis realizados permiten visualizar que por el contrario, dado el gran aporte sólido que trae el río y la ausencia de obras que puedan reducir sensiblemente y a costo razonable la carga de sedimentos que ingresa al canal, así como las pendientes disponibles en el canal y derivaciones, es preferible, para el mejor funcionamiento tanto del canal como de las obras de captación y distribución, no revestir el canal. De esta manera la deposición de sedimentos es gradual a lo largo de todo el canal y posible de compatibilizar con una operación que satisfaga la demanda, contando con un dimensionamiento generoso que compense pérdidas transitorias de capacidad y un mantenimiento adecuado. Es de resaltar, sin embargo que el mantenimiento del canal debe cumplirse en forma rigurosa y que es necesario establecer normas de operación coherentes así como una administración del uso de agua adecuada.

- Es necesario profundizar el estudio de los costos y normas de operación y mantenimiento del canal. Este estudio debería estar ligado a la solución a adoptar para la toma y al de las obras de almacenamiento de caudales o reservorios y sus conexiones con el canal. El mismo debería considerar la

posibilidad de una operación continua del canal y también la de admitir eventuales interrupciones en la aducción en correspondencia con los meses de mayor aporte de material sólido por el río.

Debe definirse la capacidad, frecuencia de limpia e impermeabilización de los depósitos de almacenamiento o reservorios de las diversas localidades, así como la capacidad y diseño adecuado de las obras de alimentación a los mismos, de forma de asegurar el suministro de agua durante todo el año.

Con el fin de obtener una primera idea de estos análisis de alternativas, se realizó una primera estimación del valor presente de la sumatoria de los costos de variantes extremas de operación y mantenimiento del canal más los costos de construcción de los reservorios para abastecimiento de poblaciones a ellos vinculados. De la misma se desprende que las diferencias están dentro del rango de aproximación de los análisis realizados y que por lo tanto es necesario, para adoptar cualquier decisión, la realización posterior de estudios comparativos más detallados.

- Es necesario elaborar una reglamentación del uso del canal y contar con una administración de este uso, eficiente y con poder de fiscalización.

Se recomienda adicionalmente a fin de facilitar la prosecución futura de los estudios iniciar una campaña de muestreo de sedimentos en el río (en las cercanías de la obra de toma) y en tramos del Canal de Dios alejados de perturbaciones localizadas, así como realizar ensayos de los suelos del lecho y taludes del canal, para su caracterización y determinaciones de estabilidad y resistencia a la erosión.

VII INFORMACION OBTENIDA Y REFERENCIAS

Serafini, Carlos

Programa de simulación del movimiento de Cabra Corral y El Tunal. C.F.I. Bs. As. 1983.

Convenio Bajos Submeridionales C.F.I.

Erosion fluvial en el área de Figueroa Stgo del Estero. 1985.

Convenio Bajos Submeridionales C.F.I.

Sistematización de la cuenca Rio Juramento y/o Salado Prov. Stgo. del Estero. 1983.

T. Fabbian, V. Ferreiro y R. De Filippi

Estudio geomorfológico en la zona del bañado del Copo, área rio Salado, Provincia de Santiago del Estero. Salta 1979.

Proyecto NOA hidrico

Planimetria y altimetria del rio Salado, Prov. de Stgo. del Estero. Salta 1980.

De Filippi Romagnoli

Sólidos en suspension y analisis de sedimentos, área rio Salado, Prov. de Stgo. del Estero. Salta 1980.

R.C. de Filippi

Evaluación de estudios de base, área rio Salado, prov. de Stgo. del Estero. Salta 1981.

Proyecto NOA HIDRICO

Desarrollo de los Recursos Hidricos del Noroeste - Segunda Fase
- Relevamiento Topográfico, 1980.

- Determinación del área a desarrollar y de la unidad de explotación, 1979.

- Evaluación económica de obras propuestas, 1980.
- Estudio geotécnico de los suelos de la traza del canal - Virgen de Huachana. I y II 1982.
- Sólidos en suspensión y análisis de sedimentos, 1980.
- Consumo, dotación y sistema de distribución de agua para riego (informe complementario), 1980.
- Disponibilidad y Calidad del Agua, 1979.

Consejo Federal de Inversiones (C.F.I.)
 Estudio Preliminar para el aprovechamiento de los recursos
 hidricos de la Cuenca del Rio Pasaje-Juramento-Salado. Tomos I y
 II, 1977.

Ven T. Chow
 Handbook of Applied Hydrology

Ven T. Chow
 Hidráulica de Canales Abiertos

Bureau of Reclamation
 Manual de Tierras

Carl Terzaghi y Ralf Peck
 Mecánica de Suelos

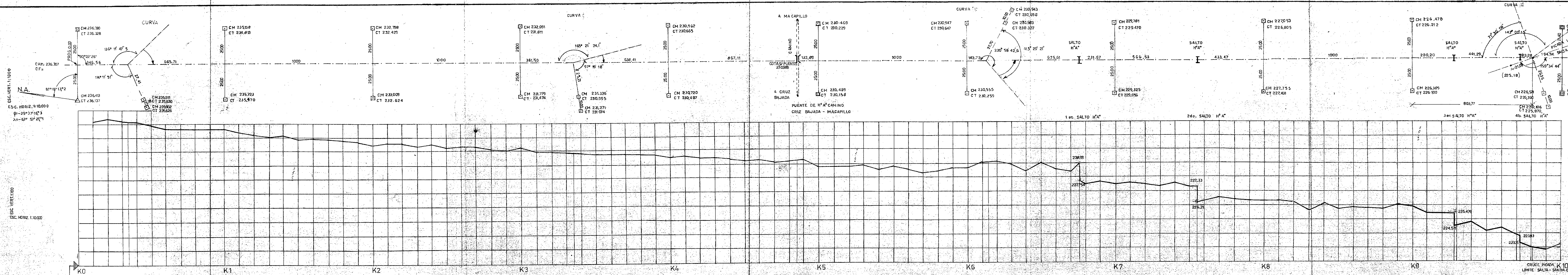
O.S.N.
 Revista Nro. 164

Mosonyi
 Water Power Development tomo II,
 Hsien Wen Shen
 River Mechanics 1971

Instituto del Cemento Portland Argentino
Revestimiento de Canales para Riego.

The Concrete Association of India, 1960
The Lining of Irrigation Canals.

Bureau of Reclamation, 1963
Linings for Irrigation Canals.



P de COMP. 222

PROGRESIVA	COTA TERRENO	COTA S/EST.	COTA C/MOJON	PENDIENTE	ACCIDENT. NAT. Y/O ARTIFICIALES
0+00	236.307				
0+10	236.328				
0+20	236.413				
0+30	236.429				
0+40	236.470				
0+50	236.591				
0+60	236.624				
0+70	236.723				
0+80	236.798				
0+90	236.811				
1+00	236.862				
1+10	236.865				
1+20	236.879				
1+30	236.918				
1+40	236.918				
1+50	236.918				
1+60	236.918				
1+70	236.918				
1+80	236.918				
1+90	236.918				
2+00	236.918				
2+10	236.918				
2+20	236.918				
2+30	236.918				
2+40	236.918				
2+50	236.918				
2+60	236.918				
2+70	236.918				
2+80	236.918				
2+90	236.918				
3+00	236.918				
3+10	236.918				
3+20	236.918				
3+30	236.918				
3+40	236.918				
3+50	236.918				
3+60	236.918				
3+70	236.918				
3+80	236.918				
3+90	236.918				
4+00	236.918				
4+10	236.918				
4+20	236.918				
4+30	236.918				
4+40	236.918				
4+50	236.918				
4+60	236.918				
4+70	236.918				
4+80	236.918				
4+90	236.918				
5+00	236.918				
5+10	236.918				
5+20	236.918				
5+30	236.918				
5+40	236.918				
5+50	236.918				
5+60	236.918				
5+70	236.918				
5+80	236.918				
5+90	236.918				
6+00	236.918				
6+10	236.918				
6+20	236.918				
6+30	236.918				
6+40	236.918				
6+50	236.918				
6+60	236.918				
6+70	236.918				
6+80	236.918				
6+90	236.918				
7+00	236.918				
7+10	236.918				
7+20	236.918				
7+30	236.918				
7+40	236.918				
7+50	236.918				
7+60	236.918				
7+70	236.918				
7+80	236.918				
7+90	236.918				
8+00	236.918				
8+10	236.918				
8+20	236.918				
8+30	236.918				
8+40	236.918				
8+50	236.918				
8+60	236.918				
8+70	236.918				
8+80	236.918				
8+90	236.918				
9+00	236.918				
9+10	236.918				
9+20	236.918				
9+30	236.918				
9+40	236.918				
9+50	236.918				
9+60	236.918				
9+70	236.918				
9+80	236.918				
9+90	236.918				
10+00	236.918				

CROQUIS DE UBICACION

ESC. 1:100,000

SANTIAGO DEL ESTERO
ADMINISTRACION PCIAL DE RECURSOS HIDRICOS

PROYECTO CANAL VIRGEN DE HUACHANA
 TRAMO REMODELACION CANAL ALIMENTADOR

PLANO: PLANIALTIMETRIA
 PROG 0+00 A PROG 10+000

ESTUDIO: A.P.R.H.

DIBUJO: Pablo FLORES

CONTRATISTA: OSCAR A. OOSTRA

Ing. Geodesta y Geomatica

E.E. CHA: Vº BP

PLANO Nº: 1
 ESCALA: 1:100,000
 CODIGO: