

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO

**APROVECHAMIENTO MULTIPLE
DE
RECURSOS HIDRICOS
DEL
MAIPO ALTO**

EVALUACION PRELIMINAR

FEBRERO 1981

AGRADECIMIENTOS

Por acuerdo del Consejo de la Comisión Nacional de Riego, N° 44, de fecha 30 de Septiembre de 1980, tomada por los señores Ministros de Economía, de Hacienda, de Obras Públicas, de Agricultura y de ODEPLAN, se ordenó a la Secretaría Ejecutiva la realización de la presente evaluación preliminar.

La Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de Riego, entidad coordinadora del presente estudio, se hace un deber en destacar el valiosísimo apoyo del Sr. Ministro de Obras Públicas, General de Brigada don Patricio Torres y de sus Direcciones dependientes de Aguas y Riego, como asimismo la colaboración de la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias a través de la Sra. Josefina Bolelli y de la Empresa de Obras Sanitarias de Valparaíso por intermedio de los Srs. Luis Cornejo y Nelson Dibb.

Asimismo, igual reconocimiento debemos expresar al Sr. Vicepresidente de la Empresa Nacional de Electricidad S.A., Almirante (R) Arturo Troncoso D. y al Sr. Gerente de Obras don Luis Court M.

Debemos también destacar la colaboración del Ex -Intendente Regional del Area Metropolitana, General de División (R) Rolando Garay C., de su Secretaría Regional de Planificación y de las I. Municipalidades de Puente Alto, La Florida, La Reina, Providencia y Las Condes.

Se agradece también la colaboración del Sr. Vicepresidente de la Compañía Chilena de Electricidad S.A., General (R) Hernán Béjares G.

De igual forma debemos agradecer a la Asociación de Canales Unidos de Buin .

Finalmente, la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de Riego y el grupo de trabajo que participó en esta evaluación preliminar manifiestan su agradecimiento y cariñoso recuerdo al Sr. Alberto Arretz P., quien como Director General de Aguas solicitó la realización de este trabajo en la víspera de su fallecimiento.

JORGE PRIETO CORREA
SECRETARIO EJECUTIVO
COMISION NACIONAL DE RIEGO

PARTICIPANTES DEL ESTUDIO

COORDINACION

Sr. Jorge Silva, Ingeniero Civil, Comisión Nacional de Riego
Sr. Marcial González, Ingeniero Civil, Comisión Nacional de Riego

HIDROLOGIA

Sr. Humberto Peña, Ingeniero Civil, Dirección General de Aguas. Encargado del grupo.
Sr. Luis Alberto Arretz, Ingeniero Civil, Dirección General de Aguas
Sr. Gabriel Fernández, Ingeniero Agrónomo, Dirección General de Aguas
Sr. Braním Nazareta, Ingeniero Civil, Dirección General de Aguas
Sr. Orlando Peralta, Ingeniero Civil, Dirección General de Aguas
Sr. Alfonso Ugarte, Ingeniero Civil, Comisión Nacional de Riego

OBRAS HIDRAULICAS E HIDROELECTRICAS

Sr. Eugenio Lobo, Ingeniero Civil, Dirección de Riego. Encargado del grupo.
Sr. Carlos Costas, Ingeniero Civil, ENDESA
Sr. Froilán Cuevas, Ingeniero Civil, Dirección General de Aguas
Sr. José Miguel Fuentes, Ingeniero Civil, Dirección de Riego
Sr. Juan Karzulovic, Ingeniero Civil, Dirección de Riego
Sr. Flavio Montenegro, Ingeniero Civil, Comisión Nacional de Riego
Sra. Amalia Moraga, Ingeniero Civil, Dirección de Riego
Sr. Rodolfo von Bennowitz, Ingeniero Civil, ENDESA

BENEFICIOS Y EVALUACION ECONOMICA

Sr. Pedro Palazuelos, Ingeniero Agrónomo, Comisión Nacional de Riego. Encargado del grupo.

Sr. Manuel Domínguez, Ingeniero Comercial, Comisión Nacional de Riego

Sr. Carlos Guerra, Ingeniero Comercial, Intendencia Región Metropolitana

Sra. Lucía Lizana, Ingeniero Comercial, Comisión Nacional de Riego

Sr. Nelson Pereira, Ingeniero Agrónomo, Comisión Nacional de Riego

Sr. Jorge Planella, Ingeniero Agrónomo, Comisión Nacional de Riego

EDICION

Sr. Zoltán Arvay, Ingeniero Agrónomo, Comisión Nacional de Riego

Sr. Manuel Domínguez, Ingeniero Comercial, Comisión Nacional de Riego

Sr. Jorge Bórquez, Dibujante, Comisión Nacional de Riego

DACTILOGRAFIA

Sra. María Eugenia Bañados

Sra. Blanca Eulogio

Sra. Margarita Faúndez

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	1
RESUMEN Y CONCLUSIONES	2
1. Descripción	2
2. Conclusiones	5
CAPITULO I RECURSOS DE AGUA	11
1. Características hidrológicas de la zona	11
2. Uso actual del agua	16
2.1. Río Maipo	16
2.2. Río Mapocho	20
3. Modelo de simulación hidrológica	23
4. Definición de las alternativas simuladas	24
4.1. Alternativa base	24
4.1.1. Hidrología histórica	24
4.1.2. Agua potable de Santiago	25
4.1.3. Recursos hídricos del río Maipo comprometi- tidos	25
4.1.4. Recursos de agua conducidos por el canal Oriente	26
4.1.5. Recursos de agua del canal Sirena	27
4.1.6. Recursos de agua generados en central La Obra	27
4.1.7. Recursos comprometidos del río Mapocho	28
4.1.8. Demandas de agua para sectores de riego de Santiago Norte y María Pinto	28
4.1.9. Demanda concentrador Los Bronces	29
4.1.10. Canales y centrales hidroeléctricas	29
4.1.11. Embalses	30
4.2. Alternativa II	30
4.2.1. Demandas de riego de Curacaví, Ibacache y Casablanca	30
4.2.2. Demandas de agua potable de Valparaíso- Viña del Mar	31
4.2.3. Central hidroeléctrica El Sauce	31
4.2.4. Canales	31
4.2.5. Embalses	31
4.3. Alternativa III	32
4.4. Alternativa IV	32

5.	Análisis de resultados, comentarios y recomendaciones	32
CAPITULO II DEMANDAS AGRICOLAS		37
1.	Superficie agrícola del proyecto	37
2.	Demandas de riego	39
3.	Beneficios agrícolas	39
CAPITULO III OBRAS HIDRAULICAS		42
1.	Antecedentes generales	42
2.	Canales Tronco y Oriente	42
2.1.	Trazado de los canales	42
2.2.	Obras de arte	47
2.3.	Canal de alimentación desde el río Mapocho	49
2.4.	Cubicaciones y costo	49
2.5.	Costos del canal para los gastos de diseño	50
3.	Canal Norte	50
3.1.	Trazado del canal	50
3.2.	Estudio de costos	51
3.3.	Obras de arte mayores	51
3.4.	Costos del canal	53
4.	Canal Poniente, tramos I y II	54
4.1.	Trazado del canal	54
4.2.	Estudios de costos	55
4.3.	Obras de arte mayores	56
4.4.	Costos del canal	56
5.	Canal Poniente, tramos III al VI	57
5.1.	Trazado del canal	57
5.2.	Estudio de costos	58
5.3.	Obras de arte mayores	58
5.4.	Costos del canal	59
6.	Costo total del proyecto	59
CAPITULO IV BENEFICIOS DEL AGUA POTABLE		62
1.	Agua potable de Santiago	62
1.1.	Generalidades	62
1.2.	Evaluación de los beneficios	62
1.2.1.	Generalidades	62
1.2.2.	Costos de tratamiento	63
1.2.3.	Obras de toma	63
1.2.4.	Conducciones	64
1.3.	Sistemas de aguas lluvias	64
2.	Agua potable de Valparaíso y Viña del Mar	64

2.1.	Descripción del actual sistema	64
2.2.	Captaciones y consumo de agua potable 1979	66
2.3.	Posibilidades de abastecimiento futuro	67
2.3.1.	Terminación del embalse Aromos	67
2.3.2.	Proyecto trasvase Santiago-Peñuelas	68
2.4.	Volumen total de agua requerido para satisfacer el consumo proyectado	69
2.5.	Evaluación económica comparativa de dos alternativas de abastecimiento	70
2.5.1.	Inversiones del proyecto	70
2.5.2.	Beneficios del proyecto	70
2.5.3.	Evaluación del proyecto	72
CAPITULO V APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS		74
1.	Descripción de las centrales hidroeléctricas	74
1.1.	Central La Obra	74
1.2.	Central Chicureo	76
1.3.	Central Huechuraba	78
1.4.	Central Pataguilla	80
2.	Costos de las centrales	80
3.	Caudales disponibles	88
3.1.	Caudal de diseño de las centrales	88
3.2.	Caudal de diseño de las centrales, incluyendo recuperaciones en Pataguilla	90
4.	Energía Generable	93
5.	Ingresos totales	95
5.1.	Con 10% de pérdidas de generación	96
5.2.	Con 1% de pérdidas de generación	96
6.	Valor presente neto de las centrales	97
6.1.	Con 10% de pérdidas de generación	97
6.2.	Con 1% de pérdidas de generación	97
CAPITULO VI EVALUACION ECONOMICA		98
1.	Generalidades	98
2.	Selección de la alternativa más rentable	99
3.	Cálculo del valor del agua	113
4.	Externalidades	114
5.	Comentarios finales	115

I N T R O D U C C I O N

Los criterios imperantes hasta la asunción del actual Gobierno tendieron a diferenciar el uso del agua para los diversos sectores que la utilizan. Las políticas definidas por el Supremo Gobierno y la nueva legislación en materia de aguas, propenden a obtener el máximo beneficio económico-social para el país, que se pueda obtener del recurso.

La demanda creciente por el aprovechamiento de las aguas de la cuenca superior de la hoya hidrográfica del Maipo, podría producir interferencias entre los futuros usuarios de dichos recursos hídricos, entre los que destacan los sectores de riego, agua potable, minería e hidroelectricidad.

Como consecuencia de esta situación, se ha realizado la presente evaluación técnico-económica preliminar, que pretende fijar un esquema tentativo para un adecuado aprovechamiento de estas aguas, desde el punto de vista del beneficio nacional.

En este contexto, es preciso destacar que un proyecto de uso múltiple como el que aquí se presenta, permite dimensionar y minimizar las desventajas que se producen, derivadas del interés particular de un sector y, además, obtener ventajas comparativas de consideración frente a proyectos similares, pero abordados individualmente por cada sector. Es así como, el uso complementario de las aguas en riego, agua potable e hidroelectricidad permite conjugar los intereses de los distintos usuarios involucrados, compartiendo los altos costos de muchas de las obras civiles comunes necesarias para la materialización de cada uno de estos proyectos y maximizando, por consiguiente, los beneficios generados por el proyecto global.

En este estudio se ha procedido en forma iterativa y se ha analizado un gran número de alternativas. En los diversos capítulos se encuentran analizadas algunas de ellas; sin embargo, para claridad del resultado final, sólo se describirá y evaluará el proyecto seleccionado como el de mayor rentabilidad.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1.- Descripción

El proyecto consiste en el aprovechamiento múltiple de las aguas que se captarán desde los ríos Maipo y Mapocho mediante un conjunto de canales, aprovechamiento que permitirá obtener los siguientes beneficios directos:

- a) El riego gravitacional de un área de nuevo riego de 41.385 hás., ubicadas en Santiago Norte, María Pinto, Curacaví y Casablanca;
- b) La producción anual de 1.184 GWH, con una potencia instalada de 236 MW, en cuatro centrales: La Obra, Chicureo, Huechuraba y Patagüilla;
- c) El abastecimiento gravitacional de las nuevas demandas del agua potable de Valparaíso - Viña del Mar a través del embalse Peñuelas;
- d) La conducción de un caudal de 10 m³/s. de la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias;
- e) El transporte de 1 m³/s., correspondiente a la planta concentradora Los Bronces, de la Compañía Minera La Disputada de Las Condes.

Además, se genera una serie de beneficios indirectos y de externalidades positivas, especialmente en los sectores urbanos de Santiago, que se analizan en la evaluación económica del proyecto.

Para cumplir estos propósitos el sistema capta las aguas del río Maipo que utilizará el proyecto, mediante una bocatoma ubicada frente a la confluencia del estero Coyanco con el río Maipo, aguas arriba de la localidad de San José de Maipo. Desde ese punto se desarrollará un canal paralelo al río por la ribera Norte, de 34 Km. de longitud, denominado Canal Tronco, que conducirá los caudales que se utilizarán en la central hidroeléctrica "La Obra" frente a la localidad del mismo nombre, los caudales que se conducirán a los sectores de riego de Santiago Norte, María Pinto, Curacaví y Casablanca, los que se trasvasarán al tranque Peñuelas, y aquéllos que podrían conducirse para su uso en la Compañía Minera La Disputada de Las Condes, u otros usuarios. (Ver figura N° 2).

A partir de la cámara de carga de la central La Obra se desarrollará un canal de 59,9 kms. de longitud, denominado Canal Oriente, que conducirá los caudales para riego y uso minero, hasta la salida del túnel La Dehesa, ubicado en la vertiente occidental de la loma Lo Gallardo al norte de Santiago. (Ver Figura N° 3). En el Km. 38 de este canal, antes de su cruce con el río Mapocho, recibirá una alimentación adicional, mediante un canal denominado Alimentador Mapocho, de 6 kms. de largo, que transportará los caudales excedentes de la primera sección de este río.

A la salida del túnel La Dehesa, el canal se bifurca en dos ramales: el derivado Norte, de un kilómetro de longitud, que conducirá los caudales hasta la cámara de carga de la central hidroeléctrica Chicureo ubicada en la localidad del mismo nombre, y el ramal poniente que tras 9 kms. de recorrido descarga en la central Huechuraba.

A partir del punto de descarga de la central hidroeléctrica Chicureo, se desarrollará un canal de 37,5 kms. de longitud, que conducirá los caudales necesarios para abastecer los sectores de nuevo riego de Santiago Norte. (Ver Figura N° 3).

A partir del punto de descarga de la central hidroeléctrica Huechuraba, se desarrollará un canal de 48 kms. de longitud, denominado Canal Poniente, que conducirá los caudales que se han generado en esta central hasta la cámara de carga de la central hidroeléctrica Patagüilla, ubicada al poniente del túnel Lo Prado, en el valle del este río Puangue.

En la central Patagüilla se generará una fracción de los caudales que transporta el Canal Poniente. Los caudales generados se entregarán a un canal de descarga, parte de los cuales serán vaciados al estero Puangue, y el resto abastecerá los sectores de nuevo riego de María Pinto y Puangue Bajo.

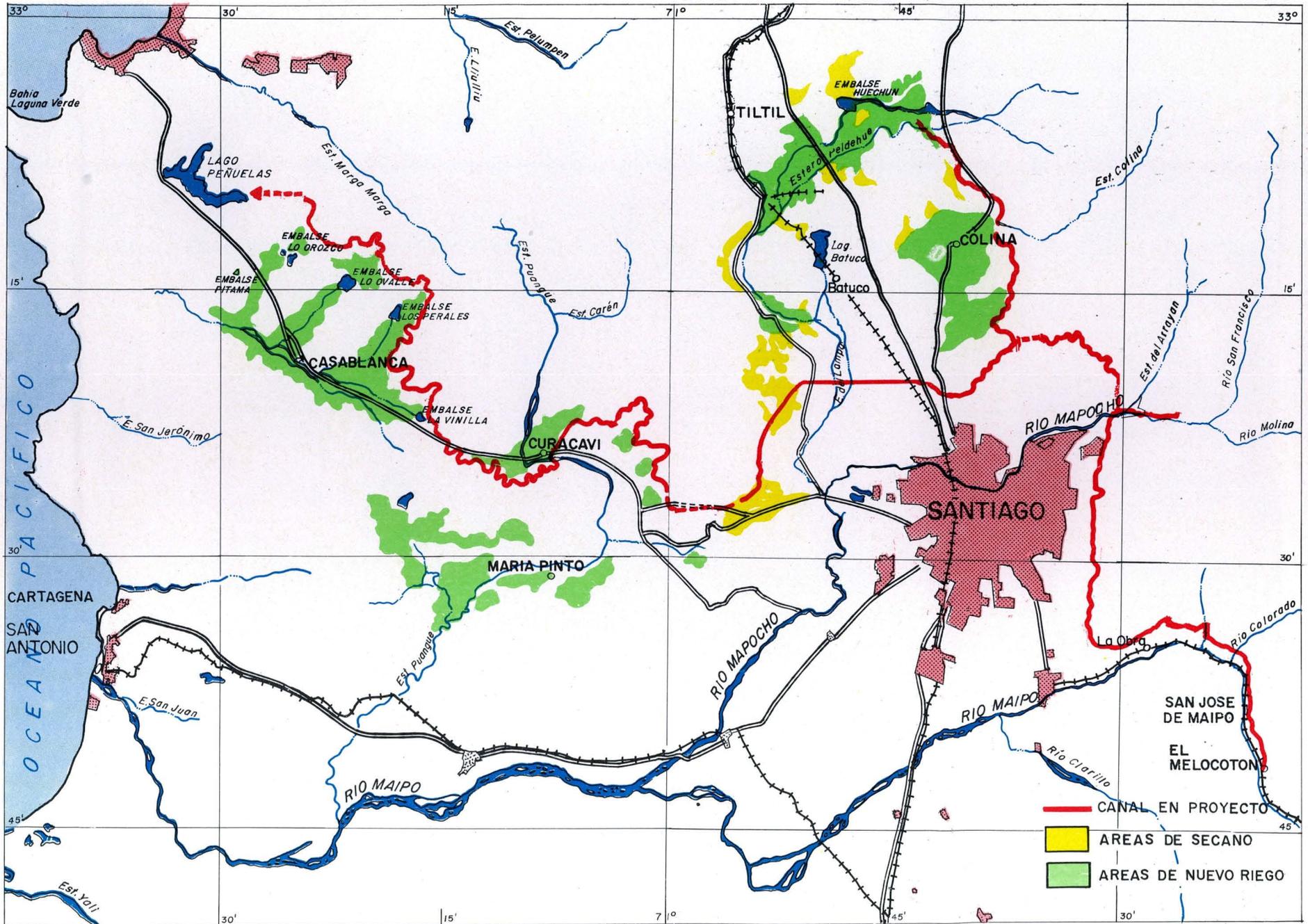
Los caudales no generados en la central Patagüilla continuarán por un tramo de canal de 180 kms., los cuales, después de regar los sectores de Curacaví y Casablanca, abastecerán el lago Peñuelas (agua potable de Valparaíso - Viña del Mar). (Ver Figura N° 4).

2.- Conclusiones

El Valor Actual Neto del proyecto se calculó en US\$ 144,6 millones y la Tasa Interna de Retorno en el 17% antes de considerar el valor del agua y en 15% si se considera un costo de US\$ 1.400/lt/seg. de caudal medio anual continuo.

FIG. 1

PLANO DE UBICACION DEL PROYECTO



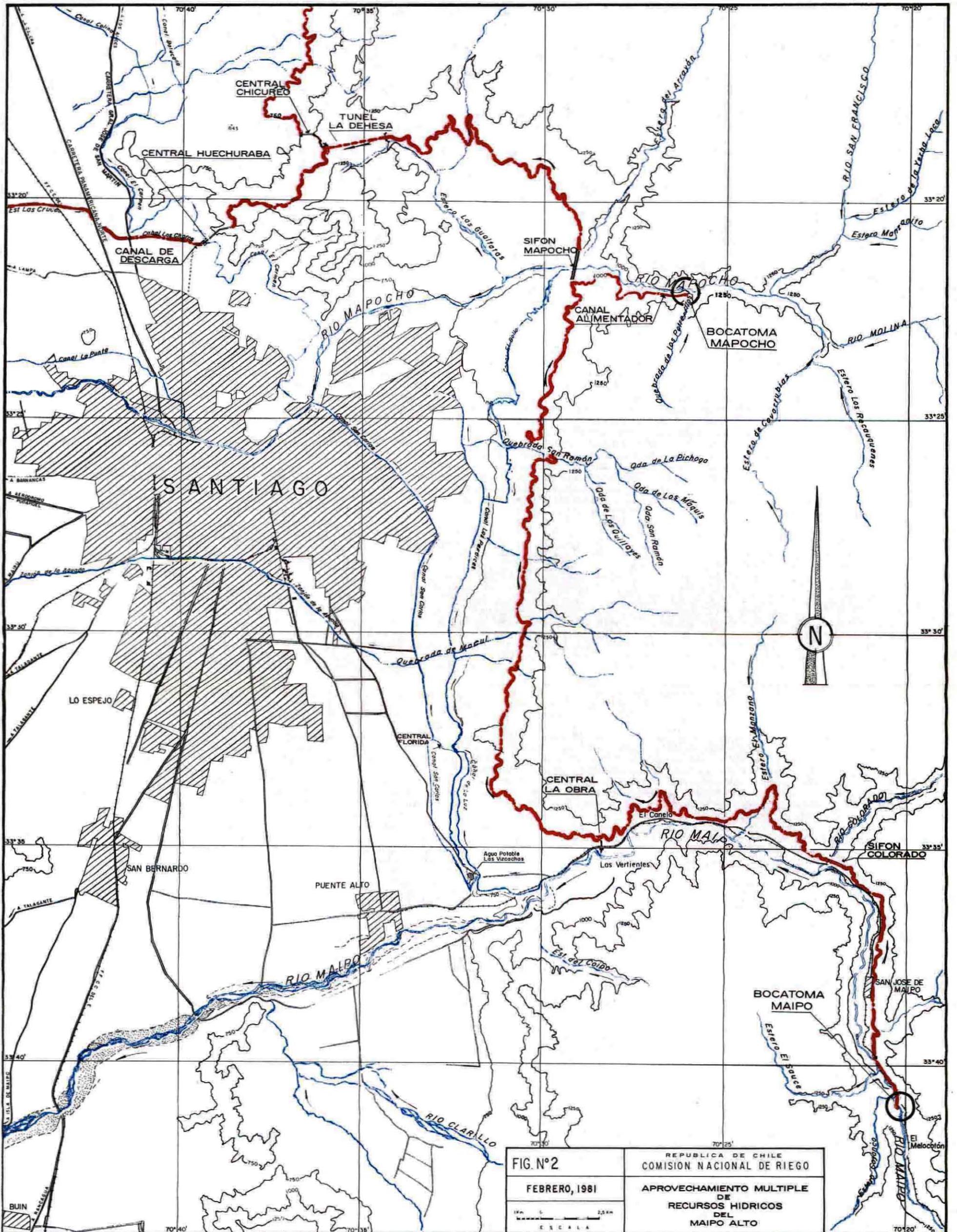


FIG. N°2
 FEBRERO, 1981
 ESCALA 1:25,000

REPUBLICA DE CHILE
 COMISION NACIONAL DE RIEGO
 APROVECHAMIENTO MULTIPLE
 DE RECURSOS HIDRICOS
 DEL MAIPO ALTO

Los beneficios agrícolas fueron calculados en base a la diferencia de avalúos entre tierras equivalentes de riego y de secano, considerándose los siguientes valores unitarios: Colina Alto, US\$ 3.620; Chacabuco-Polpaico, US\$ 3.180; Chicauma, US\$ 3.700; María Pinto, Curacaví y Casablanca, US\$ 2.700. Se determinó que el VAN de riego ascendía a US\$ 32,27 millones, correspondiendo US\$ 36,06 a Santiago Norte, US\$ 3,25 millones a María Pinto y -US\$ 7,04 millones a Curacaví-Casablanca.

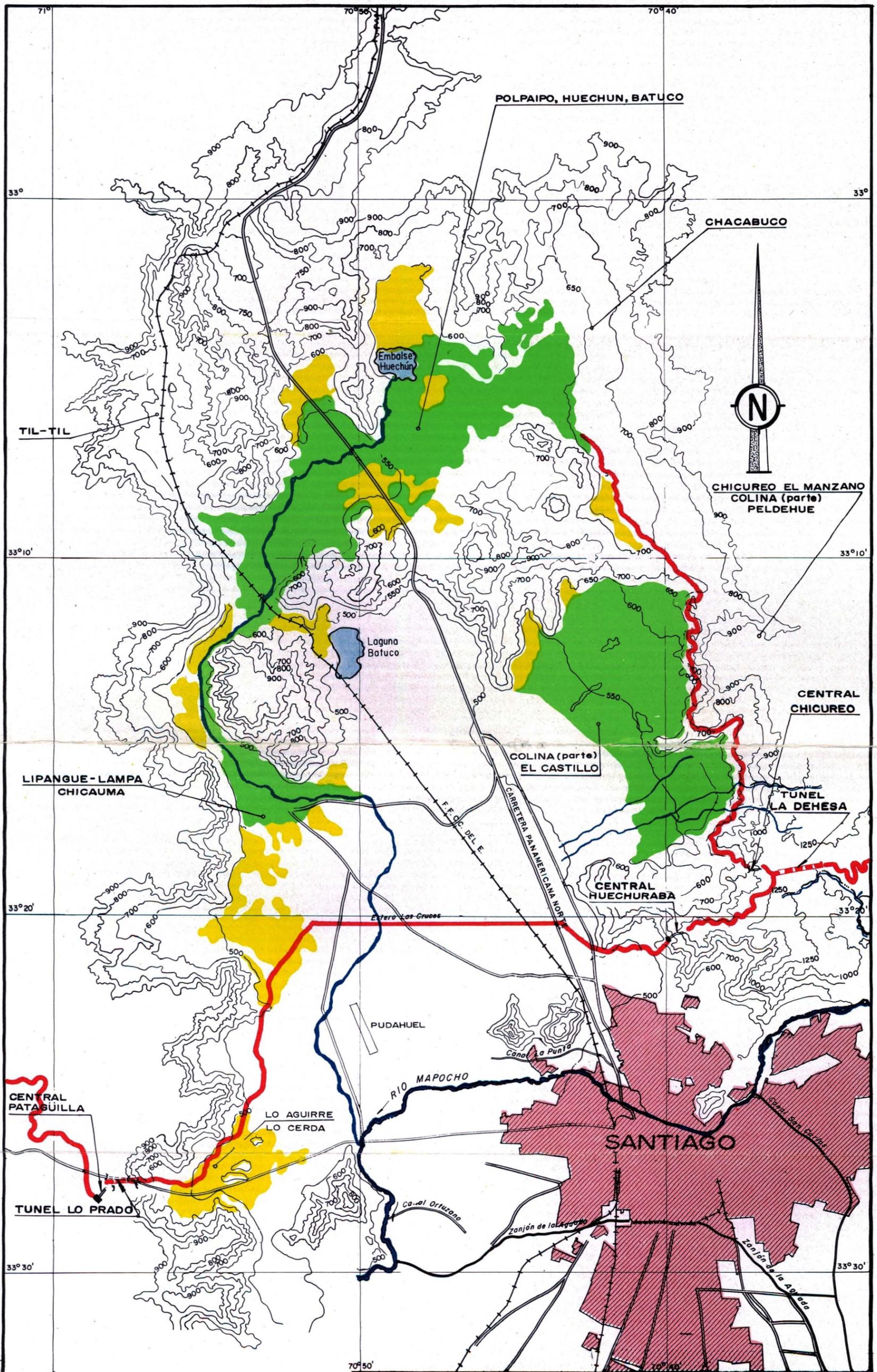
Las centrales hidroeléctricas se valoraron, en lo que a ingresos se refiere, utilizando las proyecciones de precios recomendadas por la Comisión Nacional de Energía, obteniéndose los siguientes VAN: La Obra,, US\$ 26,50 millones; Chicureo,-US\$ 3,14 millones; Huechuraba US\$ 57,04 millones; y Pataguilla, US\$ 0,98 millones. En el cuadro resumen que se inserta a continuación se muestran las características más relevantes de estas centrales.

Los beneficios de agua potable, tanto en Valparaíso-Viña del Mar como en Santiago, se valoraron utilizando los costos alternativos del abastecimiento, especialmente la eventual terminación del embalse - Aromos, en Limache, como abastecedor de Valparaíso.

Los beneficios de la minería se valoraron al costo alternativo de regar una superficie adicional en el sector Santiago Norte, estimándose un VAN de US\$ 4,79 millones.

El hecho que se consideren proyectos con VAN negativo obedece a que se ha considerado como separables a proyectos que realmente no lo son: es el caso, por ejemplo, de los proyecto Central Pataguilla - Riego Curacaví y Casablanca - Agua Potable de Valparaíso, que se condicionan mutuamente.

Este proyecto, desde el punto de vista global, parece atractivo. Al realizar un análisis sectorial se comprueba que la rentabilidad del sector agrícola (valorada en términos conservadores) es alta, comparada con otros proyectos similares; que los beneficios de la generación hidroeléctrica se comparan favorablemente con los otros proyectos en estudio y que la solución propuesta para el abastecimiento de los déficit de agua potable de Valparaíso - Viña del Mar es más eficiente que la que está actualmente en construcción. Sin embargo el proyecto de agua potable de Valparaíso - Viña del Mar exige siempre que haya otros interesados en ejecutar el resto de los componentes del proyecto global.

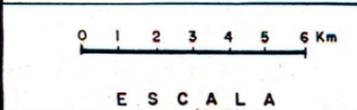


REFERENCIAS

- CANAL EN PROYECTO
- AREAS DE NUEVO RIEGO
- AREAS DE SECANO

FIG. N°3

FEBRERO, 1981

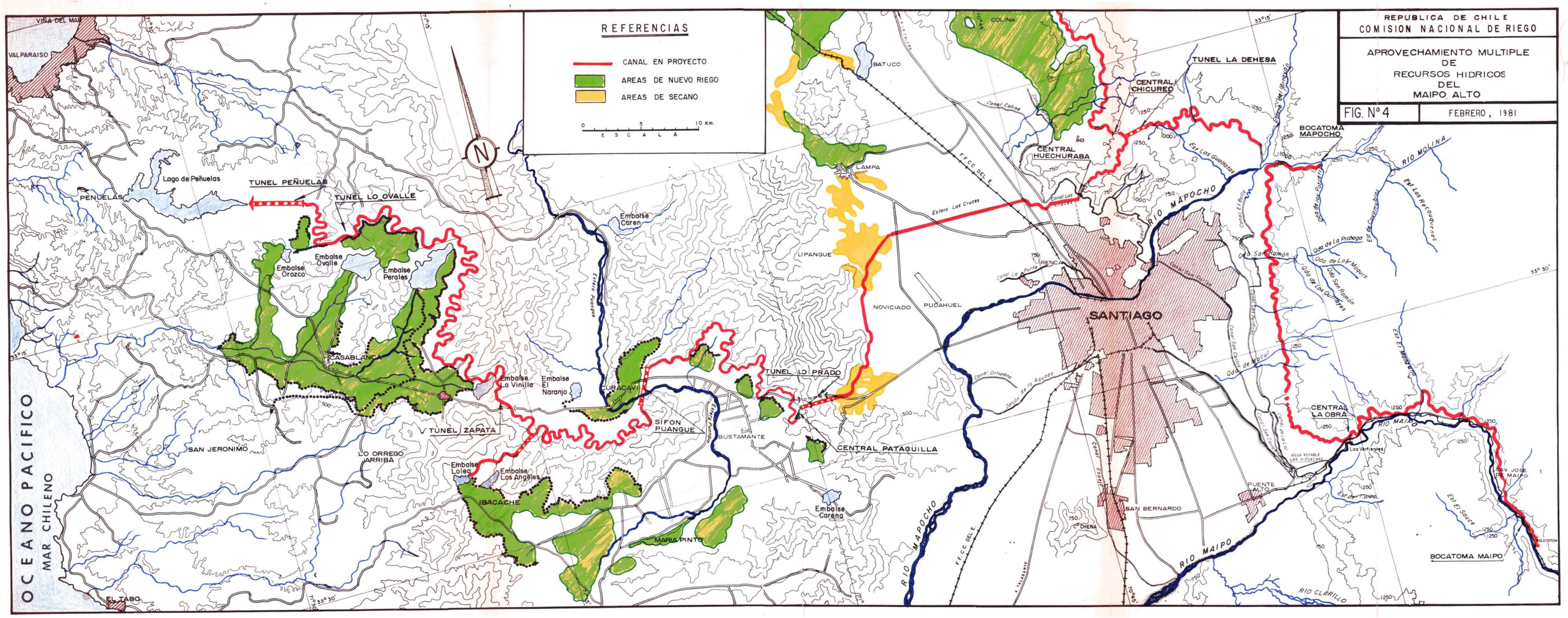


REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO

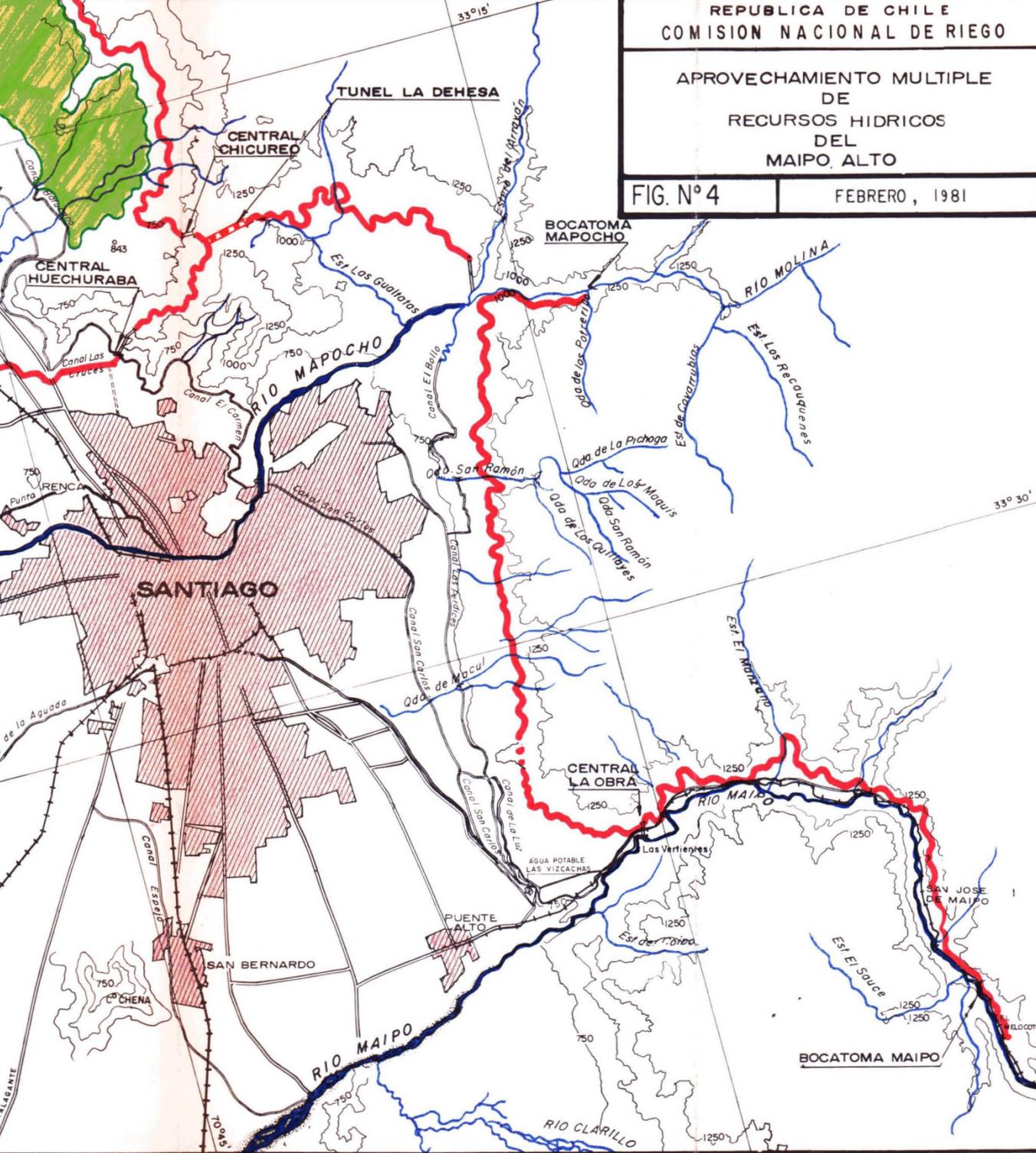
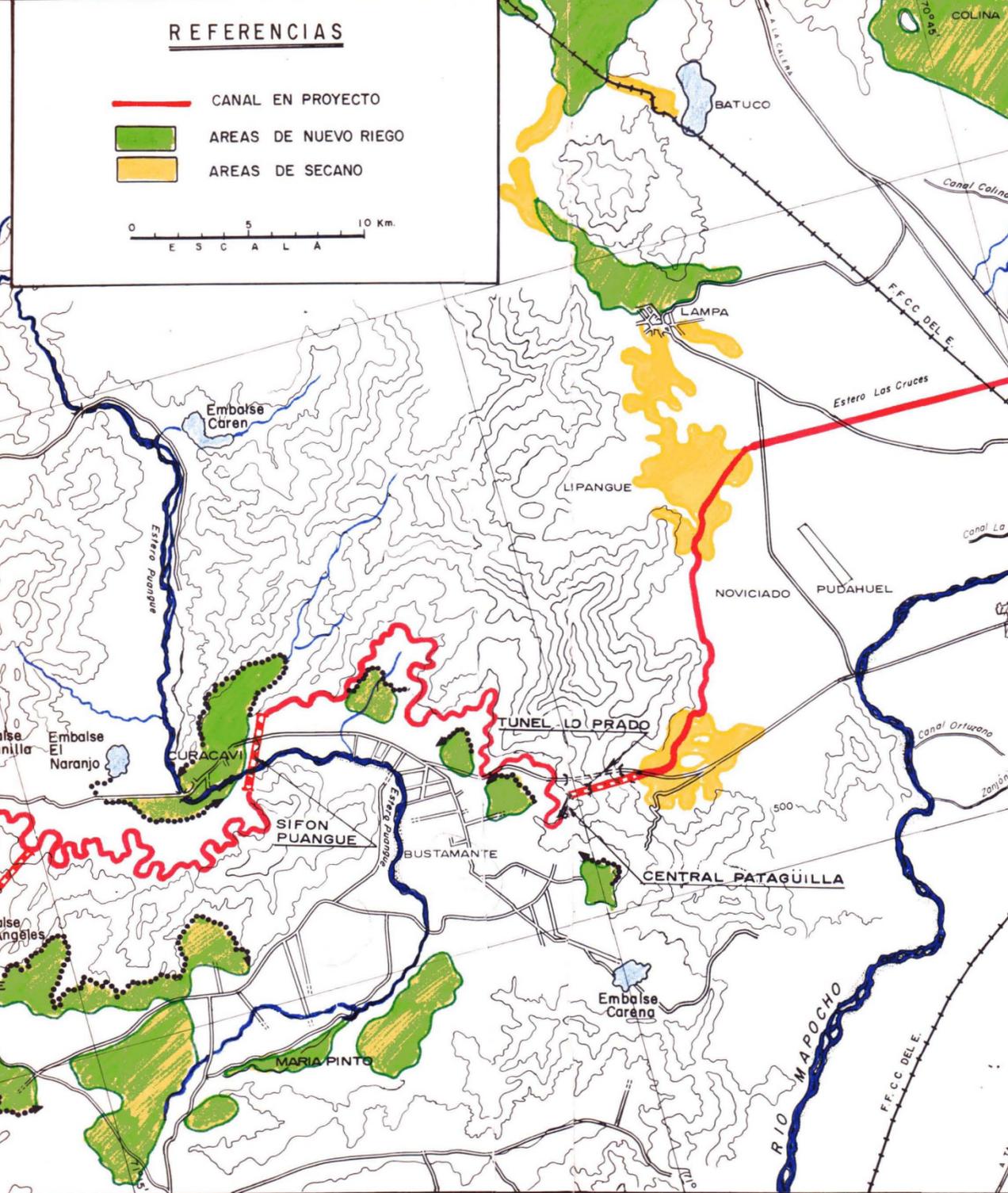
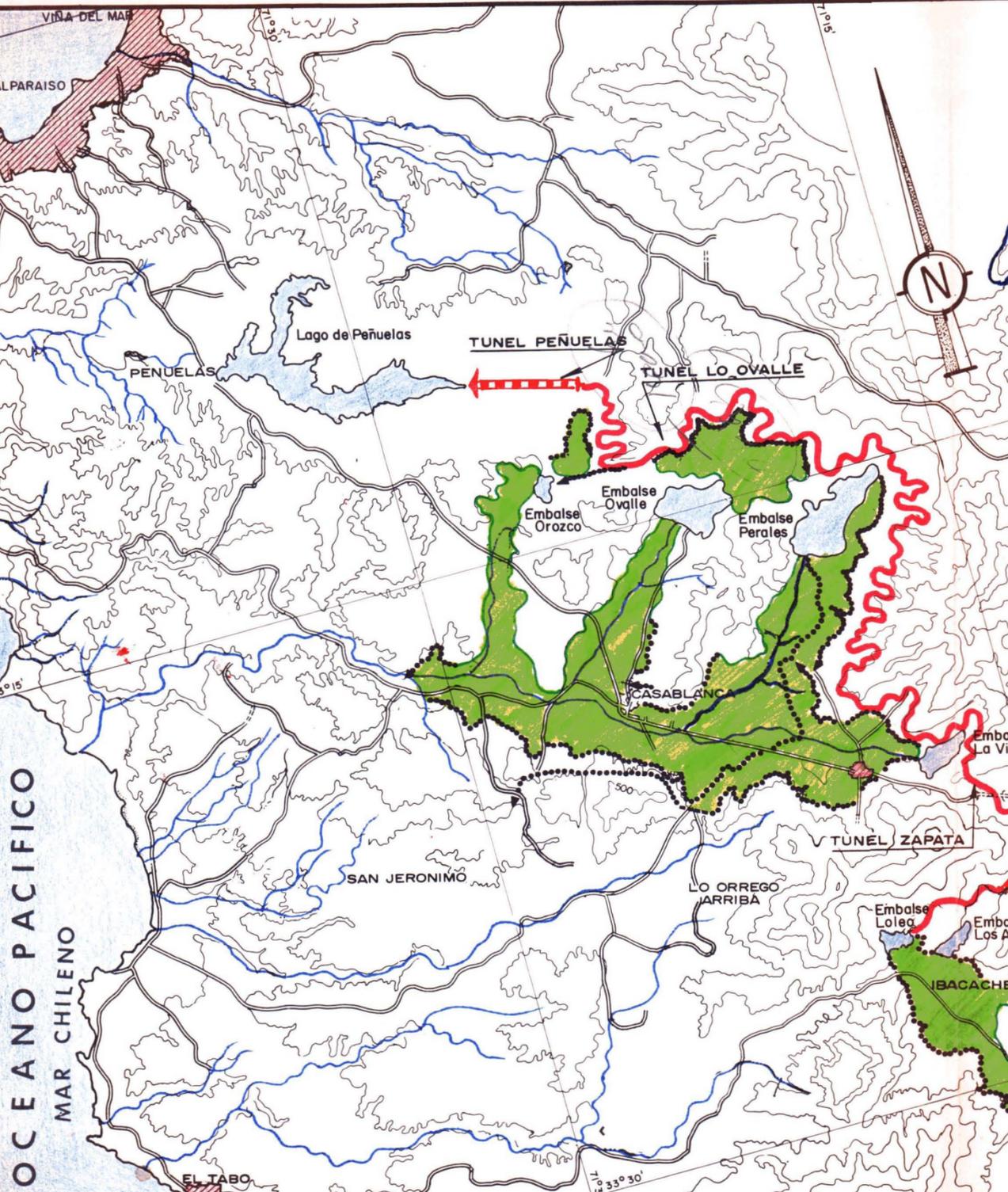
**APROVECHAMIENTO MULTIPLE
DE
RECURSOS HIDRICOS
DEL
MAIPO ALTO**

REFERENCIAS

- CANAL EN PROYECTO
- AREAS DE NUEVO RIEGO
- AREAS DE SECANO



OCEANO PACIFICO
MAR CHILENO



CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS CENTRALES

CENTRAL	POTENCIA INSTALADA	POTENCIAL DE GENERA CION ANUAL	GENERACION ANUAL EFECTIVA	FACTOR DE PLANTA	COSTO DE CENTRALES SIN ACTUALIZAR EN US\$ MILES			COSTO DE POTENCIA INSTALADA	COSTO DE ENERGIA A 30 AÑOS	COSTO DE ENERGIA A 50 AÑOS
					En Obras	En Centrales	Total			
					US\$ Miles	US\$ Miles	US\$ Miles			
La Obra	74,2	650,0	343,6	53	23.923	41.839	65.762	886,28	20,30	19,30
Chicureo	41,6	364,4	178,4	49	26.952	26.692	53.644	1.289,52	31,90	30,33
Huechuraba	92,2	807,7	514,5	64	28.607	51.455	80.062	868,35	16,51	15,69
Pataguilla	27,5	241,0	147,6	61	21.917	20.950	42.867	1.558,80 (2)	30,81	29,29
Todas	235,5	2.063,1	1.184,0	57			242.335	1.029,02	21,70	20,64 (3)
Pehuénche (1)	470,0	4.117,2	2.590,0	63			576.000	1.226,00		23,60 (4)

- (1) Como antecedente referencial se ha incluido la Central Pehuénche de ENDESA. Los datos están en el estudio de factibilidad y están considerados en moneda de Diciembre de 1979 y sus antecedentes están a un nivel menos preliminar que los de esta evaluación.
- (2) Debiera mejorar substancialmente al considerar los recursos de invierno de Lampa, Colina, las aguas lluvias interceptadas por el Canal Oriente y aquéllas que recoge el Canal San Carlos y pasan al Canal Carmen.
- (3) Puesta en Santiago.
- (4) Puesta en Colbún.

Por otra parte, las oportunidades de inversión aquí planteadas permitirán orientar la toma de decisiones con respecto a la licitación de los derechos de aprovechamiento vacantes en el río Maipo.

Del estudio realizado se ha deducido, con razonable precisión, que la construcción de un embalse de cabecera en el río Maipo no parece imprescindible, dada la actual composición de las demandas por agua; sin embargo, este es un aspecto que deberá estudiarse con mayor profundidad.

Finalmente, es necesario hacer presente las numerosas implicaciones de carácter social del proyecto, las que deberían ser analizadas - en estudios posteriores.

CAPITULO I

RECURSOS DE AGUA

1.- Características hidrológicas de la zona

Las fuentes de agua consideradas en el presente estudio son los ríos Maipo y Mapocho. El primero de ellos, con sus afluentes, los ríos Volcán, Yeso y Colorado, drena un área de 5000 km² de la Cordillera de Los Andes de una altura media de 3000 m.s.n.m. El río Mapocho, por su parte, se forma de la confluencia de los esteros San Francisco y Yerba Loca y drena una cuenca de 780 km² con una altura media de 2.700 m.s.n.m.

Las características climáticas de la zona, con precipitaciones - invernales predominantemente en forma de nieve y la existencia - de más de 300 km² de glaciares, determinan en los ríos un régi-- men de carácter nivoglacial, con un período de deshielo que va - de Septiembre a Abril y caudales comparativamente muy bajos en - invierno.

Las diferencias topográficas entre ambos ríos se reflejan en un carácter más marcadamente glacial en el río Maipo, con caudales máximos en Diciembre. En el río Mapocho el deshielo se adelanta, produciéndose sus máximos en el mes de Noviembre. En las - figuras N^os. 1.1 y 1.2 se incluyen las curvas de variación esta - cional de los ríos Maipo y Mapocho, donde se pueden apreciar las características de sus respectivos regímenes hidrológicos.

Un rasgo importante de las precipitaciones es su elevada variabi - lidad interanual (coeficiente de variación: 0.35), lo que se re - fleja en la existencia de grupos de años extremadamente secos, con consecuencias negativas para el aprovechamiento de los recur - sos hídricos.

Debido al carácter predominantemente nival de las precipitacio-- nes, las fluctuaciones de los caudales dentro de cada mes son, en general, muy pequeñas en los meses de invierno y algo mayores en el período de deshielo.

En la evaluación de los recursos hídricos se consideró las si - guientes estaciones fluviométricas:

- Maipo en el Manzano
- Maipo en San Alfonso

FIG. N° I. 1
MAIPO EN EL MANZANO
Curvas de variación estacional

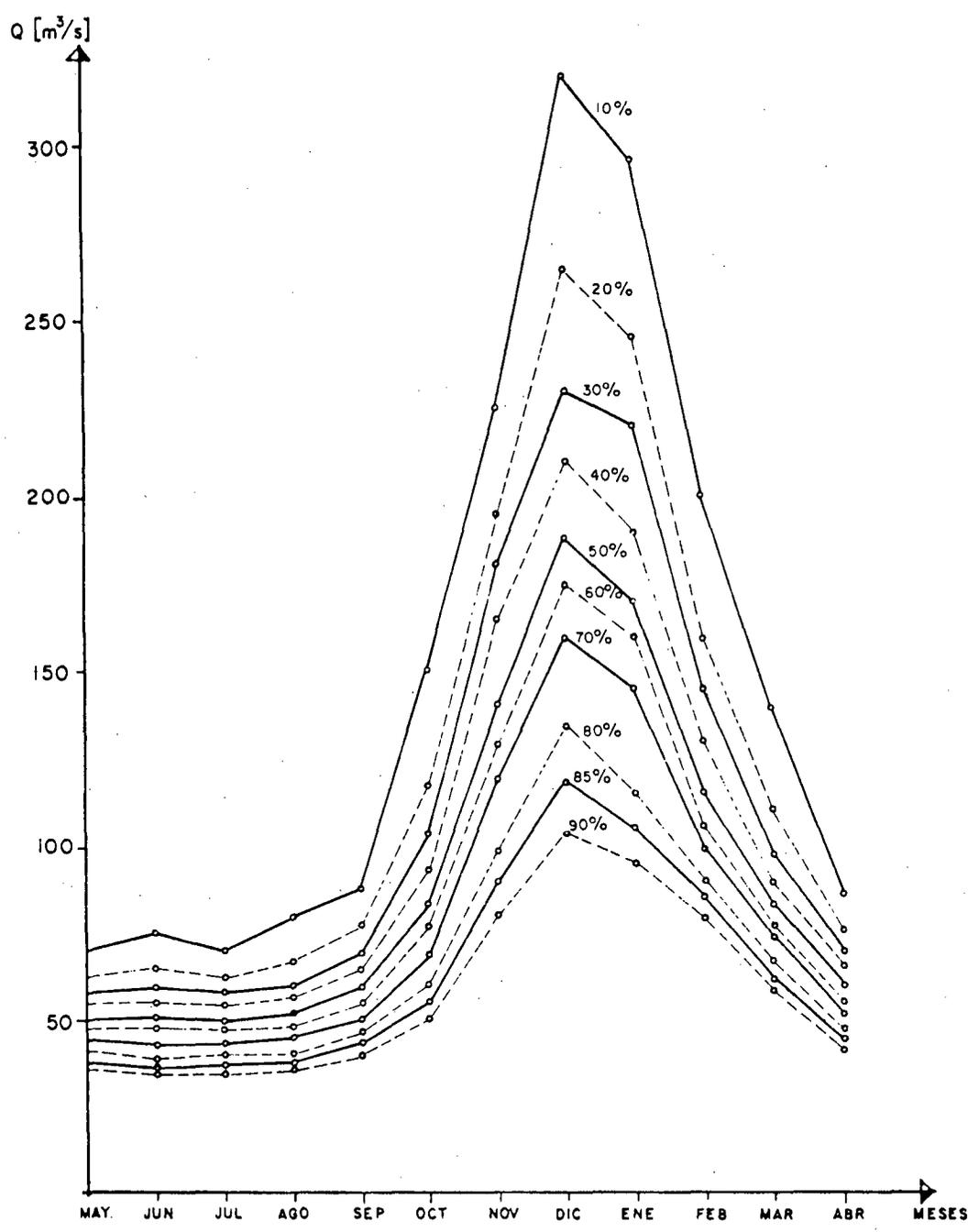
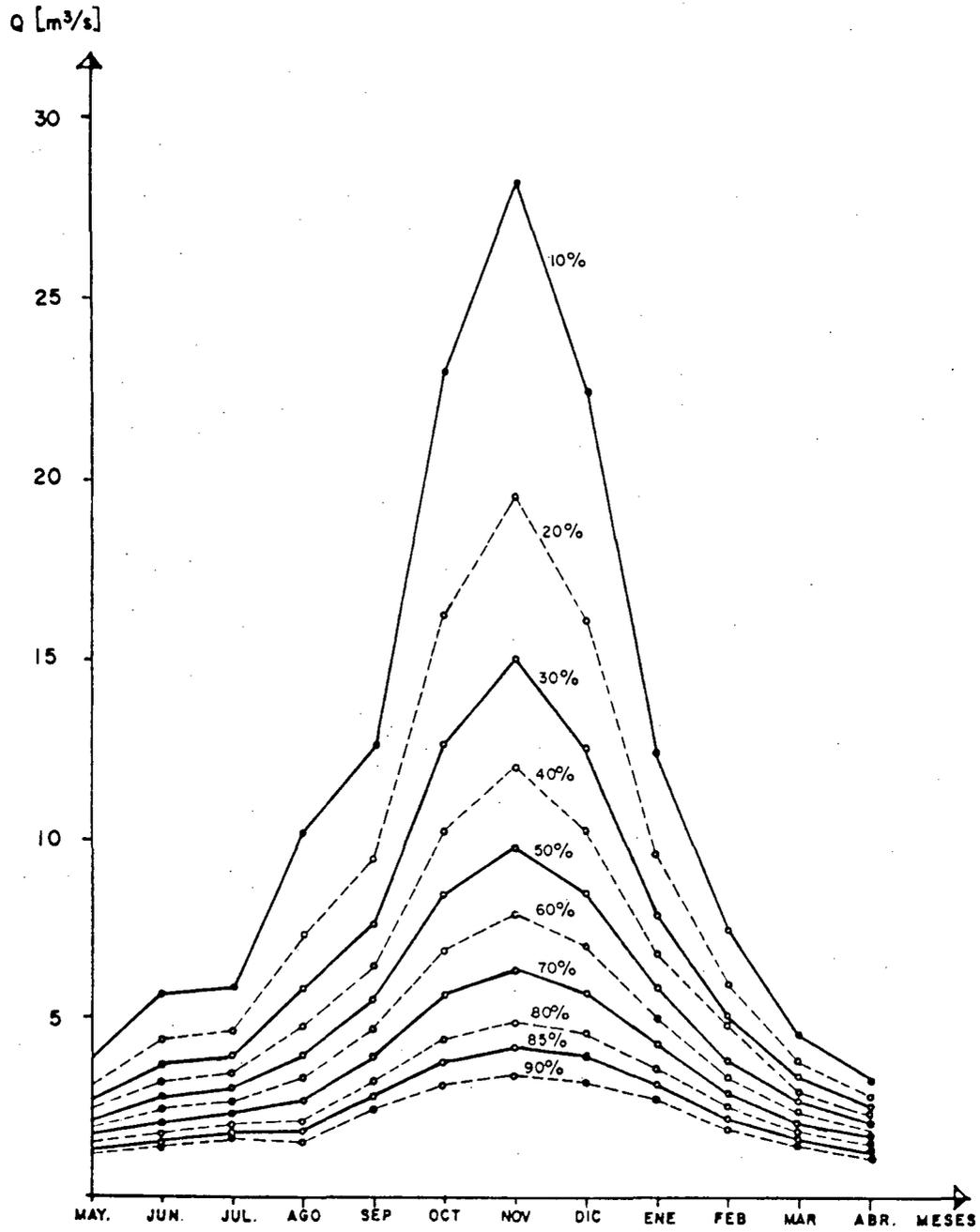


FIG. N° I . 2
MAPOCHO EN LOS ALMENDROS
Curvas de variacion estacional



- Yeso en Embalse El Yeso
- Mapocho en Los Almendros

Las principales características de estas estaciones se incluyen en el Cuadro N° 1.1. y su ubicación se aprecia en la Figura N° 1.3.

CUADRO N° 1.1.

Estaciones Fluviométricas Consideradas

Estación	Instituc. a cargo	Latitud	Longitud	Altura m.s.n.m.	Area Km2.
Maipo en el Manzano	D.G.A.	33° 36'	70° 24'	850	4.968
Maipo en San Alfonso	D.G.A.	33° 54'	70° 04'	1.108	2.857
Yeso en Embalse	D.G.A.	33° 39'	69° 58'	2.475	352
Mapocho en Los Almendros	D.G.A.	33° 23'	70° 28'	1.024	620

La estación fluviométrica de Maipo en el Manzano se utilizó en la - evaluación de los recursos totales del río Maipo a su entrada al Va - lle, ya que se encuentra ubicada aguas abajo de todos los afluentes importantes y aguas arriba de las bocatomas de los canales existen - tes.

La estación de Maipo en San Alfonso entrega los caudales del río - Maipo aguas arriba de su junta con el río Colorado, lo que permite determinar el caudal en el punto de captación del canal Tronco pro - yectado. Tanto la estadística del Maipo en el Manzano como la del Maipo en San Alfonso están afectadas por la regulación del embalse El Yeso, por lo que fue necesario llevarla a su régimen natural, - descontando el efecto de dicho embalse.

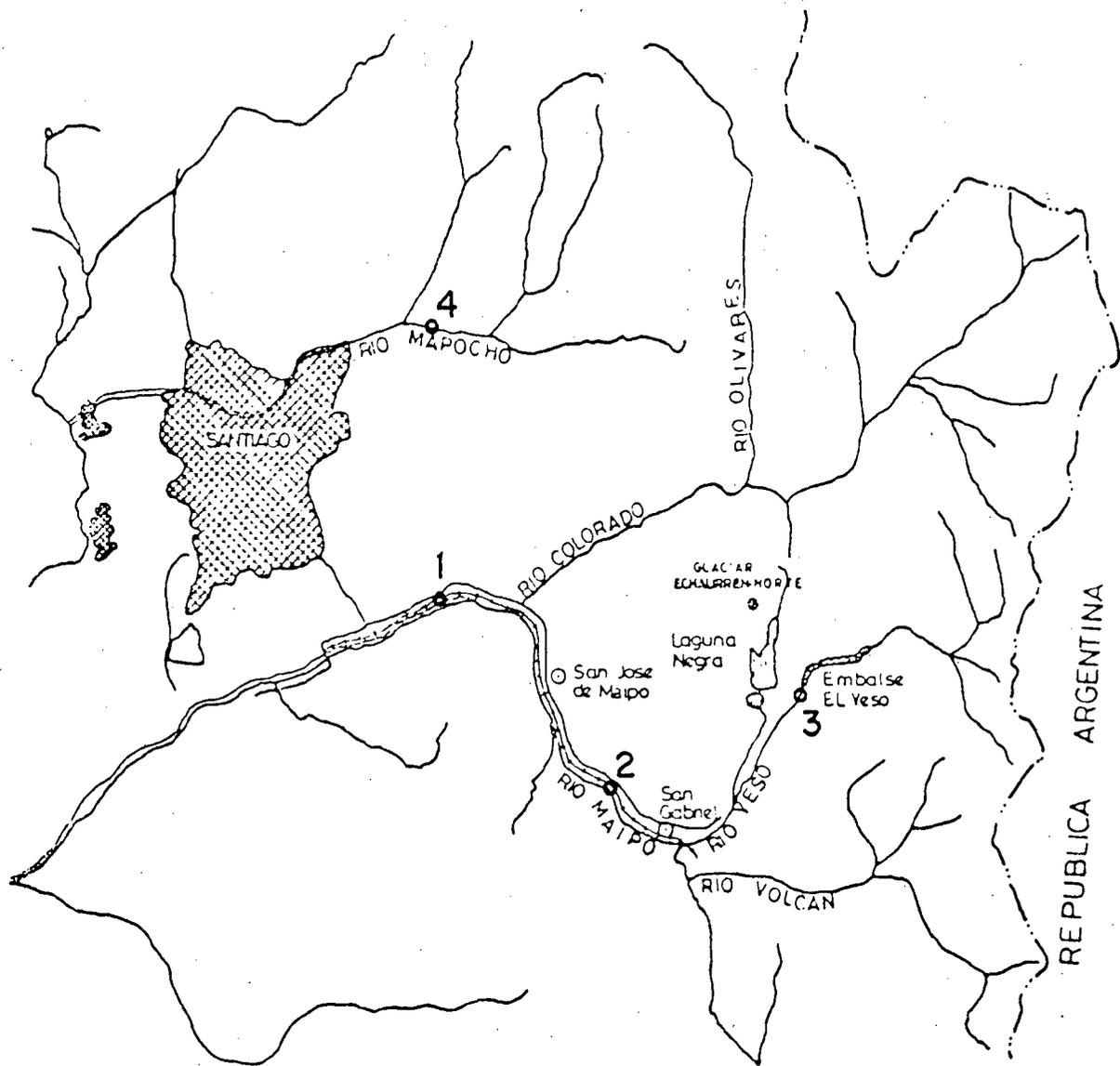
Los recursos del río Yeso son controlados a la salida del embalse, - sin embargo, debido a los vacíos que presenta su estadística desde - que entró en funcionamiento, fue necesario calcular el caudal pro - pio del río Yeso, a partir de esa fecha, mediante un balance hidro - lógico basado en los registros de niveles y entregas del embalse.

La estación fluviométrica de Mapocho en Los Almendros entrega los - caudales de ese río antes de su junta con el estero Arrayán y del - saque de los canales de riego, siendo representativa de los recur - sos existentes en el punto de la captación propuesto en el presente proyecto.

FIG. I. 3

ESTACIONES FLUVIOMETRICAS

PLANO DE UBICACION



- 1.- MAIPO EN EL MANZANO
- 2.- MAIPO EN SAN ALFONSO
- 3.- YESO EN EMBALSE EL YESO
- 4.- MAPOCHO EN LOS ALMENDROS

El análisis de los recursos hídricos se hizo en base a un período de 30 años, comprendido entre los años hidrológicos 1948-49 y - 1977-78, lo que se considera suficientemente representativo en proyectos de esta naturaleza. De acuerdo a las características del régimen hidrológico, se consideró que el año comienza en Mayo y termina en Abril.

Todas las estadísticas fluviométricas utilizadas en el estudio - fueron sometidas a un proceso de revisión, análisis, corrección y relleno. Para el relleno de datos se hicieron correlaciones lineales entre estaciones fluviométricas de régimen hidrológico similar y autocorrelaciones, eligiéndose aquellas relaciones que presentaron un mejor coeficiente de correlación.

En el Anexo N° 1 se entregan las estadísticas de caudales medios mensuales de las estaciones consideradas, corregidas por la operación del Embalse El Yeso.

Es necesario señalar que en el presente informe no se incluyeron los aportes al canal Maipo-Oriente de las quebradas situadas entre los ríos Maipo y Mapocho (Macul, De Ramón, Apoquindo), ni los recursos propios de las cuencas afluentes a los embalses del Valle de Casablanca (Viñilla, Perales, Ovalle y Orozco) y al Lago Peñuelas, ni los de los esteros Lampa y Colina.

2.- Uso Actual del Agua

2.1. Río Maipo

El río Maipo está dividido legalmente en tres secciones o tramos independientes en cuanto a su régimen de extracciones de agua. En el presente informe interesan solamente los recursos y derechos en la 1a. sección del río, la que va desde los nacientes en la Cordillera de Los Andes hasta el puente del camino longitudinal Sur.

Los recursos hídricos de la 1a. sección están divididos en 8133 acciones, cuyo valor se determina dividiendo el caudal total del río por el número de acciones. Este valor varía diariamente de acuerdo a las fluctuaciones del caudal del río.

Las 8133 acciones del río se distribuyen entre los siguientes - usuarios:

	<u>Acciones</u>
Sociedad del Canal de Maipo	2.428
Asociación del Canal del Maipo	1.660
Canal Huidobro	650
Canales Unidos de Buin	1.010

	<u>Acciones</u>
Canal Pirque	630
Canal Maurino	25
Canal Arriagada	50
Canal Lonquén-Isla	30
Emos	565
Derechos caducados	786
Derechos extinguidos(Canal Yungay-Zapata)	122
Derechos E.A.P. Lo Castillo	60
Derechos otros canales	188
	<hr/>
Total	8.133

De estos recurso, se conducen para regar al norte del Mapocho, a través del canal San Carlos, los siguientes derechos:

<u>Canal</u>	<u>Acciones</u>
Canal El Carmen	411,00
Canal La Punta	339,00
Canal La Pólvora	11,03
	<hr/>
	761,03

A continuación se incluye un cuadro con el caudal equivalente a una acción del río Maipo para una probabilidad de excedencia del 85%. Dicho cuadro se obtuvo en base a los registros de la estación de Maipo en el Manzano, para el período 1948/49 - 1977/78, considerando 8133 acciones.

Caudal equivalente a una acción de la I sección del río Maipo

<u>Mes</u>	<u>Q (m3/s)</u>	<u>Valor Acción (1/s)</u>
Enero	105.0	12.91
Febrero	85.0	10.45
Marzo	62.0	7.62
Abril	44.0	5.41
Mayo	38.0	4.67
Junio	37.0	4.55
Julio	37.4	4.61
Agosto	38.0	4.67
Septiembre	43.5	5.35
Octubre	55.0	6.76
Noviembre	90.0	11.07
Diciembre	119.0	14.63

De acuerdo a las disposiciones legales vigentes, los derechos - que corresponden a las acciones tienen un caudal máximo dado - por la capacidad de los canales. A continuación se entregan - las capacidades máximas de los canales de riego, determinadas - en base a los mayores caudales que se han medido en bocatoma:

<u>Canal</u>	<u>Caudal (m3/s)</u>
Canal San Carlos Tronco	35.8
Canal Eyzaguirre	17.3
Canal Pirque	12.0
Asoc. de Canales del Maipo	28.8
Canal Huidobro	11.9
Canales Unidos de Buin	25.8
Canal Arriagada	1.5
Canal Lonquén-Isla	1.0
	134.1 m3/s

En estas capacidades de canales no se ha considerado la capacidad para servir la demanda de agua potable, ni la correspondiente a las aguas de generación de la central Puntilla, que son de vueltas al río.

Sobre los recursos de agua del río Maipo también existen mercedes de fuerza motriz para generación hidroeléctrica, que aprovechan el agua de riego de los canales, que son:

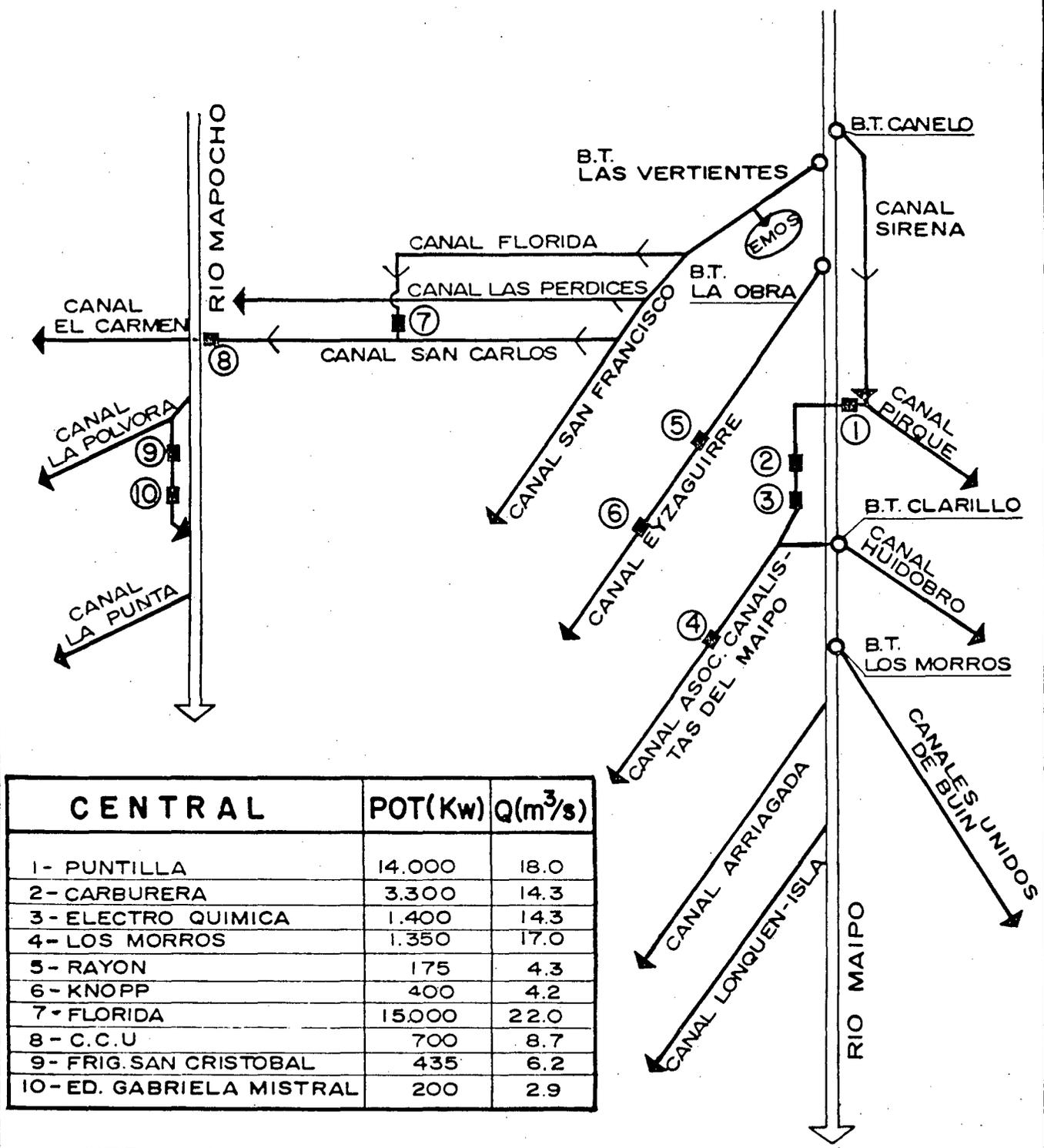
<u>Central</u>	<u>Canal</u>	<u>Caudal (m3/s)</u>
Puntilla (1)	Sirena	18.0
La Carburera (1)	Sirena	14.3
Eléctro Química (1)	Sirena	14.3
Los Morros (1)	Asoc. Canales del Maipo	17.0
Rayón (2)	Eyzaguirre	4.3
Knopp (2)	Eyzaguirre	4.2
La Florida (3)	San Carlos	22.0
Cervecerías Unidas (3)	San Carlos	8.7
Frigorífico San Cristobal (3)	San Carlos	6.2
Editora Gabriela Mistral (3)	San Carlos	2.9

Nota: Las centrales marcadas con el mismo número se encuentran en serie, desde el punto de vista de los recursos de agua.

En la Figura N° 1.4 se entrega un esquema con los canales y centrales hidroeléctricas de la 1a. sección del río Maipo. Las centrales hidroeléctricas ubicadas aguas arriba de las bocatomas de los canales de riego, tales como Maitenes, Queltehues, etc., no tienen interés para el presente estudio, y no han sido consideradas.

FIG. I.4

CANALES Y PLANTAS HIDROELECTRICAS
PRIMERA SECCION DEL MAIPO



CENTRAL	POT(Kw)	Q(m ³ /s)
1- PUNTILLA	14.000	18.0
2- CARBURERA	3.300	14.3
3- ELECTRO QUIMICA	1.400	14.3
4- LOS MORROS	1.350	17.0
5- RAYON	175	4.3
6- KNOPP	400	4.2
7- FLORIDA	15.000	22.0
8- C.C.U	700	8.7
9- FRIG. SAN CRISTOBAL	435	6.2
10- ED. GABRIELA MISTRAL	200	2.9

CENTRALES HIDROELECTRICAS

2.2. Río Mapocho

El río Mapocho, al igual que el río Maipo, se encuentra subdividido en secciones independientes en su régimen de extracciones. En el presente informe interesa solamente la 1a. sección.

La situación legal de la 1a. sección del río Mapocho quedó definida por el Decreto MOP N° 140 del 12 de Febrero de 1976, mediante el cual se racionalizó el uso del agua y se establecieron aproximadamente 3000 acciones, de las cuales 1700 corresponden al riego y las restantes al agua potable. Cada acción de riego se hizo equivalente a una hectárea de terreno agrícola y otorga derechos hasta un máximo definido por una tasa de uso racional y beneficioso. Las acciones de agua potable equivalen a un caudal fijo de 1 lt/seg. y tienen prioridad sobre las de riego.

A continuación, se señalan las acciones correspondientes a los canales de riego.

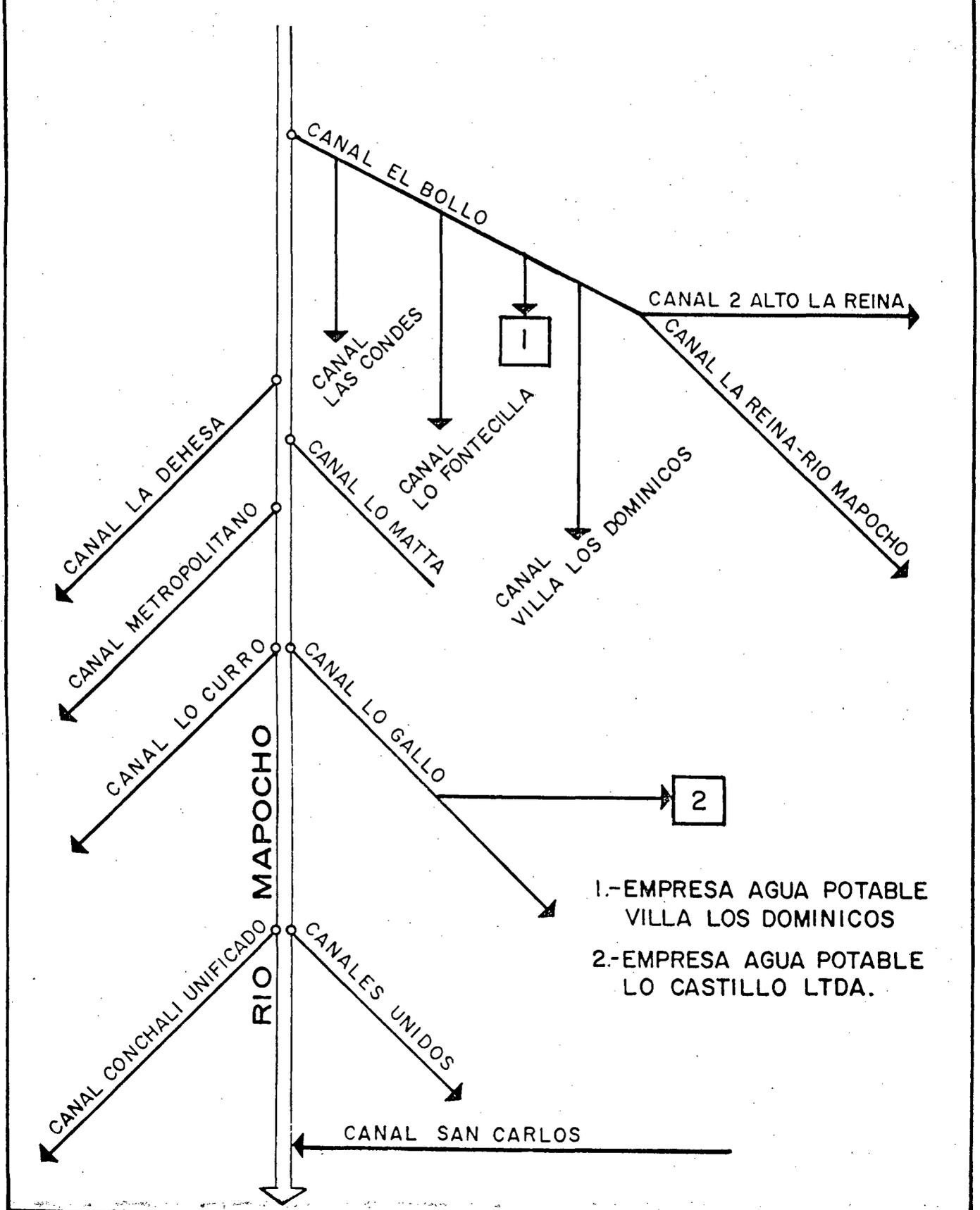
<u>Canal</u>	<u>Acciones</u>
El Bollo (Tronco)	150
Las Condes	170
Villa Los Dominicos	100
Lo Fontecilla	90
2 Alto La Reina	75
La Reina - Río Mapocho	85
La Dehesa	250
Lo Matta	20
Metropolitano	340
Lo Curro	60
Conchali-Unificado	245
Unidos	115
	<hr/>
	1700 acciones

En la Figura N° 1.5 se entrega un esquema con los canales de la 1a. sección del río Mapocho. Como se puede apreciar los seis primeros canales de la lista son derivados del canal El Bollo. Las acciones asignadas a El Bollo (Tronco) son captadas directamente desde el canal. Además de todos esos derechos, el canal El Bollo conduce 150 acciones de la Empresa de Agua Potable de Villa Los Dominicos, captando entonces un total, en su bocatoma, de 820 acciones.

La Empresa de Agua Potable de Lo Castillo Ltda. capta 1150 l/s por la bocatoma del antiguo canal Lo Gallo, el cual práctica--

FIG. I.5

CANALES DEL RIO MAPOCHO 1ª SECCION



mente no posee usuarios de agua de riego.

De acuerdo al régimen legal existente, la demanda total para la 1a. sección del río Mapocho queda definida de la siguiente manera:

Mes	Tasa de Riego	Caudal riego m ³ /s	Caudal Agua Potable m ³ /s	Caudal Total m ³ /s
Septiembre	0.29	0.49	1.30	1.79
Octubre	0.56	0.95	1.30	2.25
Noviembre	0.87	1.48	1.30	2.78
Diciembre	1.23	2.09	1.30	3.39
Enero	0.97	1.65	1.30	2.95
Febrero	0.91	1.55	1.30	2.85
Marzo	0.52	0.88	1.30	2.18
Abril	0.27	0.46	1.30	1.76
Mayo	-	-	1.30	1.30
Junio	-	-	1.30	1.30
Julio	-	-	1.30	1.30
Agosto	-	-	1.30	1.30

La demanda para agua potable no es constante durante todo el año, pero se ha supuesto que las Empresas de Agua Potable extraen toda el agua del río Mapocho que les corresponde, para evitar el bombeo desde sus pozos profundos.

3.- Modelo de Simulación Hidrológica

Se ha utilizado un modelo de simulación, cuya descripción se analiza en detalle en el Anexo 1.2, que entrega en forma mensual los caudales en todos aquellos puntos que se han estimado de interés, el estado de los embalses, el suministro a las zonas de riego y los déficit de abastecimiento.

Los elementos que constituyen el sistema son los siguientes:

- a) Fuentes de Agua
 - Río Maipo
 - Río Mapocho
- b) Centros de consumo de agua potable
 - Agua Potable de Santiago
 - Agua Potable de Las Condes
 - Agua Potable de Valparaíso y Viña del Mar
- c) Centros de consumo agrícola
 - Riego canal Pirque
 - Riego generable en la central La Obra
 - Riego canal El Carmen
 - Riego canal La Punta
 - Riego Mapocho
 - Riego Santiago Norte
 - Riego María Pinto
 - Riego Curacaví
 - Riego Casablanca
- d) Centros de consumo mineros
 - Concentrador Los Bronces
- e) Centrales Hidroeléctricas
 - i) existentes
 - El Sauce
 - ii) del proyecto
 - La Obra
 - Huechuraba
 - Chicureo

- Patagüilla
- f) Embalses
 - El Yeso
 - El Canelo (en estudio)
 - Casablanca
 - Peñuelas
- g) Canales
 - Existentes
 - Del Proyecto

4.- Definición de las alternativas simuladas

Se han incluido cuatro alternativas de aprovechamiento, que son:

Alternativa I: -Considera todas las demandas del proyecto, a excepción de las correspondientes al riego de las zonas de Curacaví (RC), de Casablanca (RCB) y las demandas al embalse Peñuelas.

-No considera embalse de cabecera en el río Maipo (EC).

Alternativa II: -Considera todas las demandas, incluso las de la rama Curacaví - Casablanca - Peñuelas.

-No considera embalse de cabecera.

Alternativa III: -Idem alternativa I, pero incluyendo el embalse de cabecera.

Alternativa IV: -Idem alternativa II, pero incluyendo el embalse de cabecera.

A continuación se definirán detalladamente cada una de estas alternativas.

4.1. Alternativa base (Alternativa I)

4.1.1. Hidrología histórica

El modelo emplea las estadísticas de caudales de las estaciones pluviométricas de Maipo en el Manzano, Maipo en San Alfonso, Yeso en embalse El Yeso y Mapocho en los Almendros. El período -

de simulación fue el comprendido entre los años 1948-49 a 1977-78. En el Anexo N° 1.1. se entregan las estadísticas rellenas y corregidas de dichas estaciones.

4.1.2. Agua Potable de Santiago (APS)

Se han utilizado los recursos correspondientes a 565 acciones de la Primera Sección del río Maipo que actualmente posee EMOS. Además, de acuerdo a las normas de operación señaladas en el modelo, se han aprovechado recursos sobrantes y otros obtenidos de la operación del embalse El Yeso.

Las demandas de agua potable consideradas son las siguientes:

Demandas de agua potable al río Maipo (EMOS) (m³/s)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
9,2	8,3	7,4	7,6	7,9	8,6	9,1	9,7	10,9	9,7	10,3	9,5

4.1.3. Recursos hídricos del río Maipo comprometidos con los actuales usuarios agrícolas e hidroeléctricos. Determinación de excedentes.

Los caudales comprometidos con los usuarios agrícolas se definen como un porcentaje del gasto del río, hasta un máximo dado por la capacidad de los canales.

Considerando que las necesidades de los cultivos en el período de invierno son mínimas, se supuso que los canales de riego utilizan en el período de mayo a agosto solamente un 10% de su capacidad máxima.

Se ha supuesto que los usuarios hidroeléctricos demandan la capacidad máxima del canal durante todo el año, con la excepción de las centrales que se abastecen a través del canal San Carlos (Florida, Compañía Cervecerías Unidas, Frigorífico San Cristobal y Editorial Gabriela Mistral), ya que quedan fuera de funcionamiento en el proyecto propuesto.

De acuerdo al punto 2.1., los derechos comprometidos para riego alcanzan a 7.568 acciones, con un máximo de 134,1 m³/s. En invierno (mayo a agosto), el máximo es de 28,3 m³/s, obtenido del siguiente detalle:

Canal	Q riego (m ³ /s)	Q hidroelectri- cidad (m ³ /s)	Q Total (m ³ /s)
San Carlos Tronco	3,6	-	3,6
Eyzaguirre (1)	1,7	4,3	4,3
Sirena (2)	1,2	18,0	19,2
Asoc. Canales de Maipo (3)	2,9	17,0	-
Huidobro	1,2	-	1,2
Unidos de Buin (3)	2,6	-	-
Arriagada (3)	0,2	-	-
Lonquén-Isla (3)	0,1	-	-
Total			28,3 m³/s

- (1) En el canal Eyzaguirre existen 2 pequeñas centrales cuyo caudal máximo de generación excede las necesidades de riego, por lo que el gasto de invierno será, en este caso, el máximo de generación, o sea, 4,3 m³/s.
- (2) El canal Sirena lleva aguas de generación de la Central Puntilla y las aguas para riego del canal Pirque. En consecuencia, el gasto máximo de invierno será la suma de ambos.
- (3) El caudal entregado a la Central Puntilla se puede utilizar para la Central Los Morros y, posteriormente, para las demandas de riego de los canales Asociación Canales del Maipo, Unidos de Buin, Arriagada y Lonquén-Isla.

Como estos antecedentes se utilizan en el cálculo de los recursos de agua sobrantes, las cifras anteriores incluyen los derechos que serán licitados o los que pudieran ser adquiridos.

Las demandas máximas al río Maipo originadas en los derechos existentes, excluyendo las demandas de EMOS (APS), son entonces las siguientes:

Demandas al río Maipo por derechos existentes
(sin derechos de EMOS) (m³/s)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
28,3	28,3	28,3	134,1	134,1	134,1	134,1	134,1	134,1	134,1	134,1	134,1

4.1.4. Recursos de agua conducidos por el canal Oriente. Sector La Obra Mapocho

Tal como se señaló en el modelo de simulación (Anexo N° 1.2), el canal Oriente aprovechará excedentes del río Maipo, derechos con

ducidos actualmente por el canal San Carlos al norte del río Mapocho, derechos caducados que se licitarán y derechos que pudieran ser adquiridos a sus actuales usuarios. A continuación, se entrega el detalle de los derechos correspondientes al canal San Carlos y los que se licitarán:

<u>Canal</u>	<u>Acciones</u>
El Carmen	411,00
La Punta	339,00
La Pólvora	11,03
Derechos caducados y derechos extinguidos	908,00
Total	1.669,03

Este valor corresponde a un 20,52% del total del río. Es necesario recordar que los caudales correspondientes a los canales El Carmen, La Punta y La Pólvora se devuelven a sus actuales usuarios, después de ser aprovechados en generación en las centrales Chicureo y Huechuraba. Como todos estos derechos, incluyendo los caducados y extinguidos, eran conducidos por el canal San Carlos, se supone que no pueden exceder la capacidad de dicho canal, es decir, 22,0 m³/s. En invierno se aceptó un 10% de dicho valor.

El proyecto, tal como ha sido concebido, considera la adquisición de derechos de agua a los actuales poseedores de acciones, hasta completar el saldo demandado por el proyecto, que es de aproximadamente 12%.

4.1.5. Recursos de agua del canal Sirena

El canal Sirena conduce los derechos del canal Pirque y los de generación de la central Puntilla. El canal Pirque tiene derechos por 630 acciones, hasta un máximo de 12 m³/s. En invierno, esa demanda alcanzaría, entonces, a 1,2 m³/s. La central Puntilla requiere de un caudal permanente de 18 m³/s. De acuerdo a esto, el canal Sirena dispone de 630 acciones y de un caudal máximo de 30 m³/s., excepto en invierno cuando es de 19,2 m³/s. Estas cifras se han corregido para considerar la compra de un 12% de acciones de riego.

4.1.6. Recursos de agua generados en central La Obra

Además de los caudales destinados al uso de agua potable (APS), se pueden generar un total de 5.269 acciones. Este valor se obtiene descontando del total del río las acciones de EMOS, del

canal Pirque y aquéllas que se conducirán al norte a través del canal Oriente. En esa cifra no se incluyen los derechos que pudieran adquirirse a los actuales usuarios, por lo que son corregidos en el modelo descontando el porcentaje correspondiente. Las capacidades de los canales que conducen estas acciones son:

Canal	Q (m3/s)
San Carlos Tronco (*)	13,8
Eyzaguirre	17,3
Huidobro	11,9
Asoc. Canales del Maipo	28,8
Unidos de Buin	25,8
Arriagada y Lonquén-Isla	2,5
Total	100,1 m3/s

(*) Corresponde sólo a los canales San Carlos Viejo, San Francisco y Las Perdices.

En invierno, de acuerdo a las consideraciones hechas en 4.1.2., la demanda se restringe a 6,9 m3/s.

Estos valores se corrigen para considerar la compra de derechos.

4.1.7. Recursos comprometidos del río Mapocho

De acuerdo al punto 2.2, los recursos comprometidos son los siguientes:

Demandas al río Mapocho (m3/s)

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Agua Potable	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Riego	-	-	-	-	0.5	1.0	1.5	2.1	1.7	1.6	0.9	0.5
Total	1.3	1.3	1.3	1.3	1.8	2.3	2.8	3.4	3.0	2.9	2.2	1.8

4.1.8. Demandas de agua para sectores de riego de Santiago Norte y María Pinto.

A continuación se entregan las superficies de nuevo riego incluidas en el proyecto, con sus correspondientes tasas de riego a nivel predial. Los detalles se pueden consultar en el Anexo 2.

ZONA	Sup. (há)	Tasa de riego (m ³ /s)								
		SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL
<u>Area Stgo. Norte</u>										
<u>Sector Colina</u>										
Alto	6.483 753	1.509	1.641	2.071	2.230	1.627	602	153	10.586	
<u>Sector Chacabuco-Polpaico</u>										
	9.474 766	1.569	1.075	2.115	2.258	1.733	784	293	11.223	
<u>Sector Chicauma</u>										
	1.802 568	1.385	1.802	2.431	2.451	1.433	481	131	10.682	
<u>Area María Pinto</u>										
<u>Alto María Pinto</u>										
	1.293 441	1.558	1.392	1.720	1.872	1.426	949	498	9.858	
<u>Puangue Bajo</u>										
	2.104 461	1.346	1.584	2.118	2.320	1.698	1.053	558	11.138	

Se ha supuesto que el sistema de distribución tendrá pérdidas de un 10%, que deben ser agregadas a estas tasas para obtener la demanda en el canal matriz.

Se estima que las demandas de la zona de Chicauma pueden ser servidas en base a recuperaciones de la zona de Chacabuco - Polpaico.

4.1.9. Demanda concentrador de Los Bronces de Compañía Minera La Disputada de Las Condes

Se ha supuesto una demanda constante de 1.0 m³/s.

4.1.10. Canales y centrales hidroeléctricas en Proyecto

Las capacidades de las obras en proyecto, adoptadas finalmente, son las siguientes:

Alternativa I.

<u>Obra</u>	<u>Caudal m³/s</u>
Canal Tronco	80 m ³ /s
Canal Oriente (La Obra a Mapocho)	40 m ³ /s
Canal Oriente (Mapocho a Túnel La Dehesa)	46 m ³ /s
Canal Norte	21 m ³ /s
Canal Poniente hasta central Huechuraba	25 m ³ /s
Canal Poniente hasta Pataguilla	25 m ³ /s
Canal Alimentador Mapocho	6 m ³ /s
Central La Obra	40 m ³ /s
Central Huechuraba	25 m ³ /s
Central Chicureo	21 m ³ /s
Central Pataguilla	25 m ³ /s

Las pérdidas por conducción en el sistema de canales matrices se ha supuesto que alcanzarán a un 5%.

4.1.11. Embalses

En la alternativa I el único embalse considerado es el embalse El Yeso, con los siguientes parámetros característicos:

Volumen máximo (útil) : 250×10^6 m³

Volumen reservado exclusivamente para usos domésticos: 150×10^6 m³

4.2. Alternativa II

La alternativa II difiere de la alternativa base en que considera la prolongación del canal Poniente hasta el Lago Peñuelas, sirviendo demandas agrícolas de los sectores de Curacaví, Ibacache y Casablanca, de agua potable de Valparaíso - Viña del Mar y de generación en la central El Sauce. En consecuencia, para definir la alternativa II, es necesario agregar a la alternativa I las demandas y obras que se indican a continuación.

4.2.1. Demandas de riego de Curacaví, Ibacache y Casablanca

Las superficies agrícolas con sus correspondientes tasas de riego a nivel predial se entregan en el siguiente cuadro:

ZONA	Sup. (há)	Tasas de Riego (m ³ /s)								
		SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL
Sector Matriz Curacaví	1.504	396	1.351	1.543	2.019	2.185	1.671	1.073	575	10.813
Sector Puangue Curacaví	843	412	1.233	1.433	1.960	2.161	1.529	837	458	10.023
Sector Ibaca- che Alto	2.188	390	1.432	1.460	1.836	1.971	1.554	1.038	555	10.236
Sector Casa- blanca	10.129	391	1.438	1.649	2.089	2.151	1.556	1.049	541	10.864

Las pérdidas en el sistema de distribución se han supuesto de un 10%. En el Anexo 2 se pueden consultar los detalles.

4.2.2. Demanda de agua potable de Valparaíso - Viña del Mar (APV)

Se adoptó una demanda para ser servida desde el lago Peñuelas de 40×10^6 m³/año, los que se distribuyeron en forma constante a lo largo del año.

4.2.3. Central hidroeléctrica El Sauce

Esta central hidroeléctrica, actualmente en funcionamiento, tiene una capacidad máxima de 1.8 m³/s. Se estimó que sus recursos de agua propios permiten generar solamente durante un mes al año y, en consecuencia, que el proyecto debería entregar recursos para su operación durante 11 meses.

4.2.4. Canales

La prolongación del canal Poniente hasta el embalse Peñuelas se hizo con las siguientes capacidades:

Tramo Patagüilla - Curacaví	15 m ³ /s
Tramo Curacaví - Casablanca	11 m ³ /s
Tramo Casablanca - Peñuelas	7 m ³ /s

4.2.5. Embalses

En esta alternativa se deben agregar los embalses de Casablanca, con $35,4 \times 10^6$ m³ y el embalse Peñuelas, con una capacidad dispo

nible para el proyecto estimada en 80×10^6 m³.

4.3. Alternativa III

Como se ha señalado, esta alternativa es similar a la alternativa I, pero considerando un embalse de cabecera sobre el río Maipo, en la localidad de El Canelo. A dicho embalse se le asignó una capacidad máxima de 600×10^6 m³. Para la operación del embalse con fines agrícolas e hidroeléctricos, se definió una capacidad límite de 200×10^6 m³, bajo la cual se entregan caudales al canal Oriente según las necesidades agrícolas, y sobre ella se entregan según la siguiente tabla:

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40

Estas normas se adoptaron para compatibilizar el aprovechamiento agrícola e hidroeléctrico.

4.4. Alternativa IV

La alternativa IV es similar a la alternativa II, pero se considera además un embalse en cabecera, tal como la alternativa III.

5.- Análisis de resultados, comentarios y recomendaciones

Los resultados de las alternativas simuladas se han resumido en las estadísticas de generación de las centrales hidroeléctricas y de déficit de la zona de riego.

5.1. Se entrega a continuación un resumen con los caudales medios generados.

GASTOS MEDIOS DE GENERACION (m³/s)

	A l t e r n a t i v a s			
	I	II	III	IV
Central La Obra	21.8	22.0	20.8	19.7
Central Huechuraba	17.0	17.0	18.4	19.2
Central Chicureo	10.6	10.6	11.0	11.0
Central Patagüilla	15.4	6.1	17.0	9.1

En el Anexo N° 1.3. aparecen la información básica referente a las alternativas I y II.

La generación de la central El Sauce se ha estimado en forma marginal, sin obtenerse directamente una estadística, ya que dependerá de la operación que se dé al embalse Peñuelas, los meses que no podrán generarse.

5.2. Los déficit agrícolas por temporada de riego, expresados en millones de m³ y en porcentajes de la demanda, se entregan a continuación:

DEFICIT AGRICOLAS MENSUALES TOTALES DEL SISTEMA

A: Expresados en millones de m³

AÑO	S	O	N	D	E	F	M	A	TOTAL
1955	-	-	-	-	-	6.82	1.27	-	8.09
1956	-	4.83	3.50	11.26	10.92	10.10	3.67	-	44.28
1957	-	-	-	-	-	7.92	3.67	0.11	11.70
1964	-	1.96	-	9.89	8.16	7.24	-	-	27.25
1967	-	4.13	4.69	5.66	9.29	6.12	2.35	-	32.24
1968	-	11.20	7.43	21.06	16.84	11.86	3.74	1.94	74.07
1969	-	5.11	-	0.31	2.61	5.06	2.46	-	15.55
1970	1.13	4.52	2.50	6.98	13.75	8.85	4.44	1.94	44.11
1971	-	-	-	-	6.78	6.22	3.67	-	16.67
1973	-	1.38	-	-	-	-	-	-	1.38
1975	-	-	-	-	-	-	0.35	-	0.35
1976	-	4.38	-	-	6.99	6.22	2.13	-	19.72

B : Expresados como porcentajes de la demanda

1955	-	-	-	-	-	26.5	8.8	-	5.0
1956	-	22.4	14.8	37.0	34.3	39.3	25.5	-	27.4
1957	-	-	-	-	-	30.8	25.5	1.9	7.2
1964	-	19.1	-	32.5	25.7	28.2	-	-	16.9
1967	-	19.2	19.9	18.6	29.2	23.8	16.3	-	20.0
1968	-	52.0	31.5	69.2	52.9	46.2	26.0	33.4	45.9
1969	-	23.7	-	1.0	8.2	19.7	17.1	-	9.6
1970	13.6	21.0	10.6	22.3	43.2	34.4	30.9	33.4	27.3
1971	-	-	-	-	21.3	24.2	25.5	-	10.3
1973	-	6.4	-	-	-	-	-	-	0.9
1975	-	-	-	-	-	-	2.4	-	0.2
1976	-	20.4	-	-	22.0	24.2	14.8	-	12.2

Las demandas de agua potable de Valparaíso - Viña del Mar - (cuando son consideradas) y las de la Compañía Minera La Disputada de Las Condes no presentan déficit.

- 5.3. Es necesario hacer los siguientes alcances a estos cuadros de resultados:
- 5.3.1. a. Los déficit agrícolas en las alternativas I y III son in significantes.
- 5.3.2. b. En la alternativa II se presentan cuatro años con un déficit acumulado en la temporada igual o superior al 20%, en consecuencia, para alcanzar una seguridad de riego adecuada (85%) debiera haber en un 20% de la superficie (7.000 hás.), pozos de bombeo que complementen el riego superficial. Además, se ha estimado que los embalses de Casablanca podrían, con una operación basada en un sistema de previsión de caudales, distribuir los déficit en forma uniforme durante la temporada de riego. Dichos embalses cubren un 30% de la superficie, con una capacidad de $35,4 \times 10^6$ m³. Por otra parte, es necesario recalcar que no se han considerado los aportes de las cuencas propias de estos embalses, por no conocerse las estadísticas correspondientes.
- 5.3.3. c. Las alternativas III y IV son muy similares a las I y II, desde el punto de vista agrícola, con la ventaja adicional de que los déficit se pueden manejar más fácilmente con un embalse en cabecera. En todo caso, es importante destacar que la operación del embalse de cabecera es muy distinta si se hace desde el punto de vista agrícola o desde el punto de vista hidroeléctrico. En el primer caso, al nivel actual de recursos hídricos y de demandas del proyecto, gran parte del tiempo el embalse se encontraría lleno y, en consecuencia, no produciría ventajas en la generación hidroeléctrica, pero dispondría de todo su volumen, en unos pocos años, para abastecer demandas agrícolas. En el segundo caso interesa, en cambio, mantener el embalse lo más vacío posible, a fin de almacenar recursos de las crecidas de deshielo, que no pueden captarse por la limitada capacidad del canal Tronco, para entregarlos posteriormente para su generación.
- 5.3.4. d. En el proyecto propuesto, el embalse en cabecera tiene un efecto muy pequeño. Sin embargo, ello no significa que en un proyecto estructurado sobre bases distintas no pudiera tener un efecto más significativo, por las siguientes razones:

- La curva de demanda del proyecto es muy similar al caudal natural del río Maipo y los ajustes menores que se podrían hacer dentro de la temporada de riego, se pueden obtener con los embalses existentes en Casablanca y Peñuelas. Además, los aportes desde el río Mapocho permiten mejorar las disponibilidades de primavera, complementando de ese modo el aporte desde el río Maipo que presenta caudales máximos más hacia el verano.

En un proyecto con una demanda más significativa en invierno, por ejemplo, considerando nuevos requerimientos de agua potable en Santiago, un embalse en cabecera permitiría traspasar recursos de agua del período de deshielo a los meses de invierno.

- La relación que se da en el proyecto entre disponibilidades y demandas hace que el embalse en cabecera opere como un regulador interanual. En esas condiciones el embalse es muy poco eficiente, dado que se presentan períodos de varios años húmedos, en los que permanentemente rebalsa y períodos de varios años secos, en los cuales se mantiene sin agua.

- No se ha estudiado el efecto del embalse sobre los actuales usuarios de agua del Maipo. Es probable que para ellos tuviera un efecto mayor, ya que podrían ajustar dentro del año sus disponibilidades y demandas de agua, con la consiguiente liberación de derechos.

5.4. e. Es necesario destacar las simplificaciones que se han introducido en el presente informe y los aspectos que debieran ser motivo de un análisis más profundo en etapas futuras del proyecto. Ellos son los siguientes:

5.4.1. e.1 La operación mensual del modelo no incluyó las fluctuaciones del caudal dentro del mes, ya que se trabajó con valores medios. En el caso del presente proyecto dicho efecto tiene consecuencias de diversa índole. Al respecto, cabe hacer las siguientes observaciones:

- a). - El diseño de los canales se hizo con capacidades para las cuales los recursos captados eran muy poco sensibles a los cambios de esa capacidad de diseño.
- b). - Las fluctuaciones mayores se producen en años muy secos, durante el período de deshielo. En esos meses el Canal Tronco tiene capacidad más que suficiente para conducir los caudales que le corresponden por el número de acciones. Por otra parte, conviene señalar que las variaciones del

caudal son en general muy pequeñas durante los meses de invierno y aunque son mayores durante el período de deshielo, son de todos modos moderadas si se las compara con ríos de régimen pluvial.

- c). - En el cálculo de los sobrantes del río Maipo, se consideró la capacidad de los canales como la demanda máxima de los actuales usuarios, cuando en realidad las mismas fluctuaciones del caudal impiden que se capte ese gasto medio.
- d). - El embalse El Yeso podría ser utilizado para disminuir las variaciones del caudal dentro del mes.

De acuerdo a estas observaciones se ha estimado que las fluctuaciones del caudal dentro del mes no tendrán un efecto muy significativo sobre las disponibilidades. No obstante lo anterior, es un aspecto que debiera ser analizado en los futuros estudios.

- 5.4.2. e.2 Existen algunos recursos de agua en la zona del proyecto - que no fueron incluidos. Es el caso del aporte de los esteros de la zona de Santiago Norte, de los afluentes a los embalses de Casablanca, Peñuelas, del Canal Chacabuco-Polpaico y de las recuperaciones del nuevo riego de Santiago Norte. Dichos recursos debieran ser incluidos en el futuro, lo que podría significar un aumento en los caudales disponibles, especialmente para la generación de Patagüilla. Por otra parte, no se consideraron pérdidas por evaporación e infiltración en los embalses.
- 5.4.3. e.3 La operación del sistema obliga a la adopción de un complejo conjunto de normas de asignación. Ello es especialmente válido en las opciones que consideran varios embalses, ya que en esos casos se presentan, en cada mes, numerosas alternativas de decisión, en condiciones de incertidumbre respecto a los caudales que se tendrán en el futuro. Por esta razón, en esos casos las normas de operación debieran ser objeto de un estudio de optimización.
- 5.5. El traspaso de recursos de la primera sección del río Maipo a zonas ubicadas al norte del río Mapocho, al valle del estero Puangue, y el trasvase de aguas hacia el valle Casablanca y el lago Peñuelas, tendrá un efecto sobre las disponibilidades de agua de la segunda sección del río Maipo. Este aspecto también debiera ser abordado en estudios futuros.

CAPITULO II

DEMANDAS AGRICOLAS

1. Superficie Agrícola del Proyecto

La superficie agrícola de nuevo riego que considera el proyecto se determinó en función de las posibilidades de abastecimiento de agua mediante las obras hidráulicas definidas y las potencialidades de desarrollo agrícola de los sectores involucrados.

Por otra parte, se excluyeron aquéllas áreas en las cuales el costo de las obras hidráulicas necesarias para conducir el agua de riego, superaba los costos de extracción de agua subterránea mediante bombeo. Asimismo, se realizó un análisis para detectar aquellas áreas en las cuales resultaría inconveniente regar, ya que los costos del proyecto más los de la red predial, superaban los beneficios esperados.

Los sectores definidos corresponden a Colina Alto, Chacabuco-Polpaico y Chicauma, pertenecientes al área de Santiago Norte; a Alto María Pinto y Puangue Bajo en el área de María Pinto; a Matriz Curacaví, Puangue Curacaví, e Ibacache Alto en el área de Curacaví, y a los sectores dominados por los embalses Viñilla, Perales, Ovalle y Orozco pertenecientes al área de Casablanca.

La clasificación de los suelos se obtuvo de la información contenida en el Proyecto Aerofotogramétrico 1962/63 correspondiente a los mosaicos de "Capacidad de Uso de los Suelos" escala 1:20.000 y modificados a nivel de información detallada para las áreas que se incluyen en los estudios agrológicos del Servicio Agrícola y Ganadero (DIPROREN): "Comuna de Curacaví" (1977) y "Santiago Norte" (1980).

La superficie se determinó por planimetría de los mosaicos.

En el cuadro que se presenta a continuación, se muestran las superficies brutas y netas por sector de nuevo riego, de acuerdo a la capacidad de uso de los suelos.

Las superficies netas resultan de descontar las superficies no agrícolas de cada sector, las que se estimaron en el 18%, de acuerdo a los resultados de estudios anteriores realizados por la Comisión Nacional de Riego.

AREA Y SECTORES	Capacidades de uso de los suelos							Superficie bruta (Hás)	Superficie neta (Hás.)
	I	II	II-IV	III	III-IV	IV	IV-VI		
<u>Area Santiago Norte</u>									
Sector Colina Alto	2.818	1.649	-	2.056	-	1.127	-	7.650	6.483
Sector Chacabuco-Polpaico	336	4.348	2.010	680	49	1.626	2.100	11.179	9.474
Sector Chicauma	1.269	66	28	33	330	352	49	2.126	1.802
Total	4.453	6.063	2.038	2.769	379	3.105	2.149	20.955	17.759
<u>Area María Pinto</u>									
Sector Alto María Pinto	-	-	-	-	-	1.293	-	1.293	1.293
Sector Puangue Bajo	-	148	-	573	-	1.383	-	2.104	2.104
Total	-	148	-	573	-	2.676	-	3.397	3.397
<u>Area Curacaví</u>									
Matríz Curacaví	-	321	-	124	-	1.059	-	1.504	1.504
Puangue Curacaví	97	206	-	232	-	460	-	995	843
Ibacache Alto	-	511	-	-	-	2.071	-	2.582	2.188
Total	97	1.038	-	356	-	3.590	-	5.081	4.535
<u>Area Casablanca</u>									
Viñilla	-	1.151	-	948	-	-	-	2.099	1.779
Perales	-	3.017	-	1.324	-	106	-	4.447	3.769
Matriz Casablanca	-	162	-	1.578	-	815	-	2.555	2.165
Ovalle	-	743	-	1.008	-	-	-	1.751	1.484
Orozco	-	396	-	704	-	-	-	1.100	932
Total	-	5.469	-	5.562	-	921	-	11.952	10.129

2. Demandas de Riego

En el Anexo N°2.1 se entrega en detalle el método de cálculo de las tasas de riego para cada uno de los sectores identificados en el proyecto. Con esta información y la entregada en el punto 1. de este Capítulo, se han determinado las demandas anuales de riego, que son las que se indican a continuación.

<u>Demandas de Riego</u>			
Sectores	Superf. Neta (hás)	Tasa Media ¹⁾ (m ³ /há)	Demanda (m ³ ×10 ⁶)
<u>Area Santiago Norte</u>	<u>17.759</u>		<u>213,62</u>
Colina Alto	6.483	11.645	75,49
Chacabuco-Polpaico	9.474	12.345	116,96
Chicauma ²⁾	1.802	11.750	21,17
<u>Area María Pinto</u>	<u>3.397</u>		<u>39,80</u>
Alto María Pinto	1.293	10.843	14,02
Puangue Bajo	2.104	12.252	25,78
<u>Area Curacaví</u>	<u>4.535</u>		<u>51,82</u>
Matriz Curacaví	1.504	11.895	17,89
Puangue Curacaví	843	11.025	9,29
Ibacache Alto	2.188	11.260	24,64
<u>Area Casablanca</u>	<u>10.129</u>	11.951	<u>121,05</u>
TOTAL	<u>35.820</u>		<u>426,29</u>

1) Incluye 10% de pérdidas por conducción en la red secundaria.

2) El Sector Chicauma no demanda aguas al sistema de canales, ya que se abastecerá mediante recuperaciones.

3. Beneficios Agrícolas

Los beneficios agrícolas se han calculado tomando en consideración tres elementos de juicio, para los distintos sectores beneficiados, en la siguiente forma :

- a) Sector de Santiago Norte: dado que en este sector se cuenta con estudios de suelos detallados y recientes y que, por otra parte, coexisten suelos de secano y suelos regados actualmente con una adecuada dotación y seguridad, se ha considerado que la diferencia de avalúos entre suelos de clases comparables de riego y secano, de acuerdo a las tasaciones del Servicio de Impuestos Internos, refleja, en forma quizás conservadora, el beneficio atribuible a la puesta en riego.
- b) En los sectores Curacaví y Casablanca, no existen estudios de suelos detallados, por lo que no es posible establecer categorías similares de suelos de riego y de secano. Asimismo, las escasas superficies actualmente regadas lo son mediante extracciones mecánicas o presentan una muy baja seguridad de riego; es por esta razón que los avalúos vigentes de suelos regados se cree que no reflejan la situación bajo la cual quedarían después de realizado el proyecto. Es por esto que se ha considerado inadecuado utilizar el método de las diferencias de avalúo fiscal en estos sectores, prefiriéndose emplear, para el cálculo de los beneficios, valores diferenciales deducidos de transacciones comerciales realizadas en áreas vecinas en suelos de características parecidas.
- c) Finalmente, tal como ya se señaló, se han excluido del cálculo de los beneficios de los sectores antes indicados, aquellas áreas en las cuales los costos de extracción del agua subterránea son inferiores al costo al cual el proyecto podría abastecerlas.

Es necesario tener presente que los beneficios agrícolas pueden estar subestimados, por cuanto no se han considerado aquellas áreas que serán regadas mediante recuperaciones de riego del sistema principal, ya que no se cuenta con un modelo general de derrames y recuperaciones.

En el Anexo 2.2 se realiza el cálculo de las diferenciales de avalúos mientras que en el Anexo 2.3 se han determinado los costos de extracción de aguas subterráneas.

En el cuadro siguiente se resume el cálculo de los beneficios agrícolas:

Valoración de los Beneficios Agrícolas

(miles de US\$)

Sectores	Superf.Bruta ¹⁾ (há)	Valor Há. (US\$/há)	Valor Total (Miles US\$)
<u>Area Santiago Norte</u>	<u>20.955</u>		<u>71.108</u>
Colina Alto	7.650	3.620	27.693
Chacabuco Polpaico	11.179	3.180	35.549
Chicauma	2.126	3.700	7.866
<u>Area María Pinto</u>	<u>3.397</u>	2.700	<u>9.172</u>
<u>Area Curacaví Casablanca</u>	<u>17.033</u>		<u>45.989</u>
Casablanca	11.952	2.700	32.270
Curacaví	1.504	2.700	4.061
Puangue Curacaví	995	2.700	2.686
Ibacache Alto	2.582	2.700	6.972
TOTAL	<u>41.385</u>		<u>126.269</u>

1) Para el cálculo de los beneficios se ha considerado el total de la superficie predial (incluyendo cercos, caminos interiores, etc.), que es la que realmente se transa comercialmente.

CAPITULO III

OBRAS HIDRAULICAS

1.- Antecedentes generales

El sistema de canales está formado por un canal (Tronco y Maipo Oriente), que capta sus aguas en el río Maipo en Melocotón y las conduce hasta la rinconada de Chicureo en la subcuenca del río Colina; en este punto el caudal se reparte entre el canal Norte, que se dirige hacia Polpaico por Peldehue y el canal Poniente que pasa por la proyectada Central Huechuraba y se dirige hacia la costa a través de Pudahuel, Curacaví y Casablanca.

El trazado del sistema de canales está determinado por las siguientes exigencias:

- Captar las aguas del Maipo aguas abajo de la descarga de la central Melocotón en proyecto (Merced provisoria D.G.A. N°-735 de 27.12.78).
- Servir el riego de las áreas que actualmente no están regadas o tienen baja seguridad de riego en la cuenca del Maipo y en el valle de Casablanca.
- Suplementar el abastecimiento de agua para el embalse Peñuelas en Valparaíso.
- Aprovechar los beneficios de la generación de energía eléctrica, incorporando al trazado las centrales que resultan convenientes.
- No eliminar posibilidades de otras obras de aprovechamiento hidráulico que permitan desarrollar la totalidad de las áreas aptas para el riego en la cuenca del Maipo o en cuencas costeras vecinas.

2.- Canales Tronco y Oriente

2.1. Trazado de los canales

De acuerdo a lo anteriormente indicado, el trazado está determinado por la captación aguas abajo de la cota 1005 (descarga de la Central Melocotón en proyecto) y las posibilidades de generación eléctrica compatibles con el riego de las áreas por desarrollar.

Se ubicaron cuatro sitios de interés para centrales hidroeléctricas:

- La Obra, donde se podría generar las aguas destinadas a la Planta Las Vizcachas y los canales bajos de la primera sección del Maipo.
- Huechuraba, donde podría generarse las aguas de las zonas actualmente regadas por el canal La Punta y las que se destinan para el regadío de Curacaví y Casablanca y para el abastecimiento de Peñuelas.
- Chicureo, donde se podría generar el agua del área actualmente regada por el canal El Carmen, como también la destinada al riego de Santiago Norte y al abastecimiento de la planta La Disputada en Colina.
- Pataguilla, donde se podrían generar las aguas destinadas al riego de María Pinto y las aguas excedentes por sobre las demandas del riego de Curacaví - Casablanca y del agua potable de Valparaíso.

El cruce por el Oriente de Santiago está determinado por la conveniencia de no afectar áreas actualmente urbanas o en desarrollo con ese fin. De una inspección en terreno y del análisis del levantamiento C.N.R.-I.G.M. - 1980, resultó que sobre la cota 950 no se presentarían grandes problemas de interferencia con áreas urbanas o semi-urbanas.

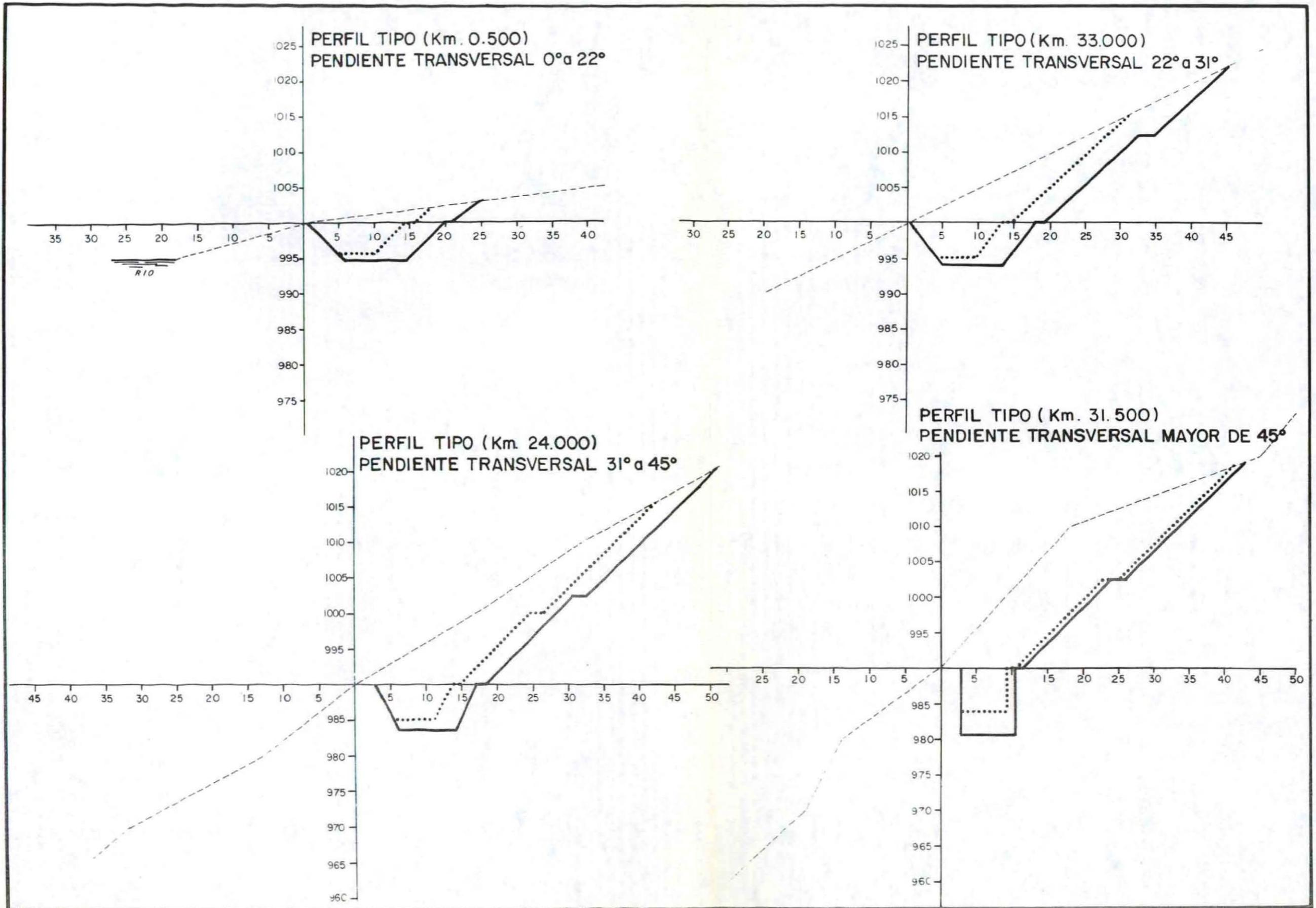
Se eligió previamente un trazado que captara las aguas a la cota 1.000, con pendiente global de 0,0005 y se eligió, de acuerdo a los antecedentes sobre recursos de agua disponibles, un rango de gastos entre 65 a 130 m³/s. en el tramo Bocatoma-La Obra; entre 25 a 50 m³/s. en el tramo La Obra-Mapocho y entre 28 a 56 m³/s. en el tramo Mapocho-Túnel La Dehesa. De acuerdo a estas características se hizo un estudio geotécnico preliminar de la franja del canal para fijar condiciones de diseño. En el Anexo N° 3.1. se entrega un resumen del informe preliminar de factibilidad geotécnica - proyecto canal Oriente de la Región Metropolitana - Dirección de Riego - J. Karzulovic - 1980.

En el Cuadro N° 3.1. se resumen las características de diseño que resultan de considerar las recomendaciones del informe geotécnico y las normas de diseño de canales.

En el Cuadro N° 3.2. se resumen las características de las secciones de los distintos tramos del canal, las que se presentan en las figuras III-1 y III-2.

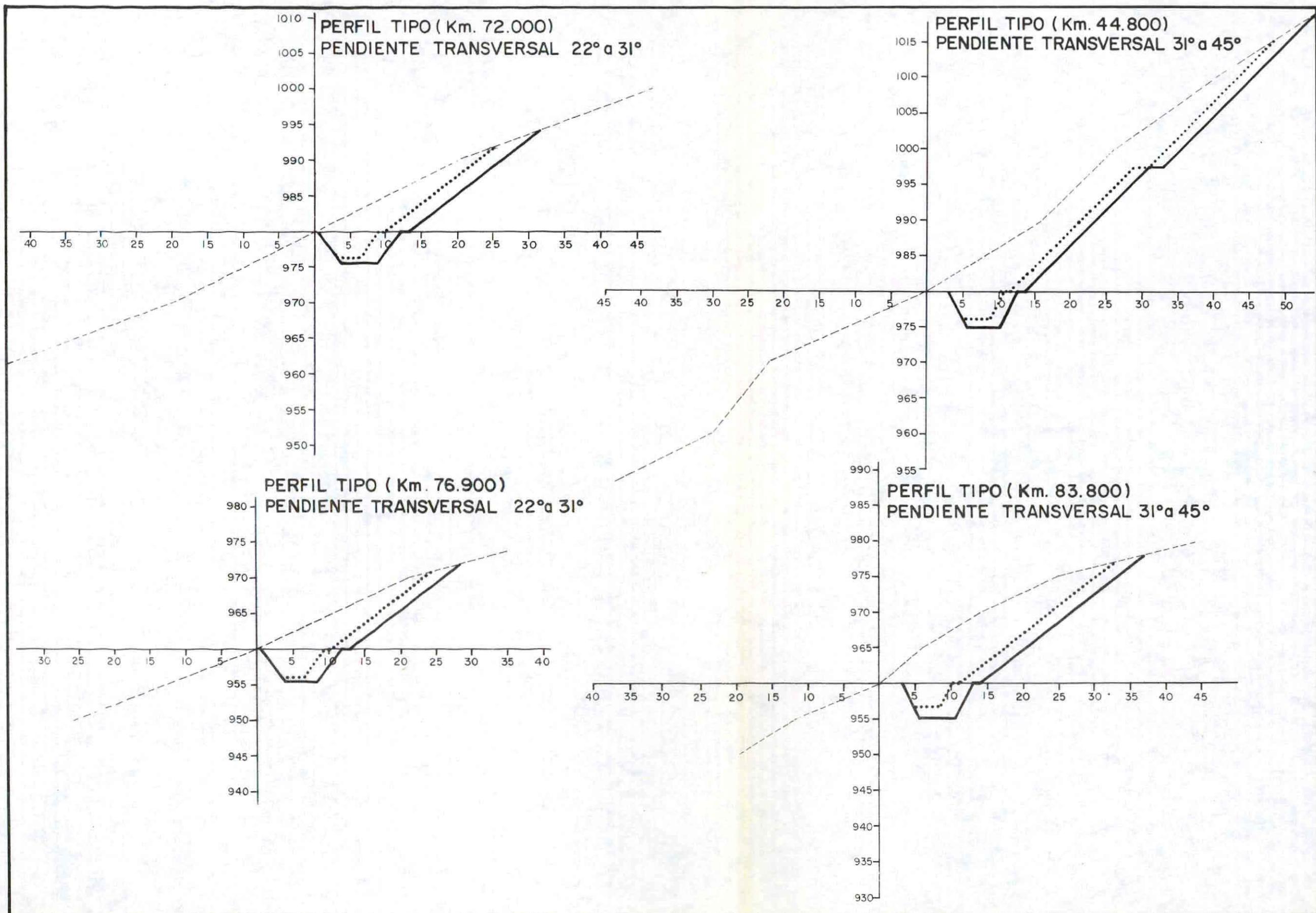
SECCIONES TIPO DE CANAL

FIG. III. 1



SECCIONES TIPO DE CANAL

FIG. III. 2



CUADRO N° 3.1.

CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE ACUERDO AL TERRENO

<u>Calidad del terreno (1)</u>	<u>Taludes de corte en mesa</u>	
Roca II - III	1:3	
Roca III	1:2	
Roca III - IV	1	
Suelo III	1 - 1,2:1	
Suelo III - IV	1,2 - 1,4:1	
Suelo IV	1,4:1	
<u>Pendiente Transversal</u>	<u>Talud de cuneta</u>	<u>Ancho berma exterior</u>
0 - 0,4	1:1	0,5 m.
0,4 - 0,6	3:4	0,5 m.
0,6 - 1,0	1:2	3,0 m.
>1,0	0	3,0 m.
Anchos bermas interiores 1,0 m.		
Anchos bermas auxiliares 2,0 m. para cortes > 20 m.		

(1) Informe de factibilidad geotécnica - D.R. - J. Karzulovic 1980

CUADRO N° 3.2.

CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE SECCIONES REVESTIDAS

a.- Sector Bocatoma - La Obra
i = 0,0003 n = 0,017

<u>Q (m3/s)</u>	<u>Talud</u>	<u>d (m)</u>	<u>hn (m)</u>	<u>u (m/s)</u>
130	1:1	8,5	4,8	2,05
	3:4	8,5	5,3	1,98
	1:5	8,0	5,8	2,09
	0	7,5	8,9	1,94
65	1:1	5,0	4,1	1,74
	3:4	6,5	4,1	1,68
	1:5	6,0	4,6	1,72
	0	6,0	6,7	1,61

continúa

b.- Sector La Obra - Mapocho
 $i = 0,0003$ $n = 0,017$

<u>Q (m³/s)</u>	<u>Talud</u>	<u>d (m)</u>	<u>Hn (m)</u>	<u>u (m/s)</u>
50	1:1	4,0	3,9	1,61
	3:4	5,0	4,0	1,59
	1:2	4,5	4,6	1,62
25	1:1	2,6	3,2	1,37
	3:4	3,4	3,2	1,33
	1:2	4,0	3,3	1,33

c.- Sector Mapocho - Túnel La Dehesa
 $i = 0,0003$ $n = 0,017$

<u>Q (m³/s)</u>	<u>Talud</u>	<u>d (m)</u>	<u>Hn (m)</u>	<u>u (m/s)</u>
56	1:1	4,0	4,12	1,73
	3:4	4,5	4,05	1,83
	1:2	4,8	4,8	1,62
28	1:1	3,0	3,2	1,40
	3:4	3,0	3,6	1,36
	1:2	3,0	4,0	1,41

2.2. Obras de Arte

En el trazado preliminar sólo se consideraron las obras de arte mayores que, por condiciones de terreno, resultaban evidentes, sin entrar a hacer un análisis económico para definir algunas - otras obras de arte mayores que pudieran significar un menor -- costo que el desarrollo de canal correspondiente, ya que estos costos tienen carácter de estimativos.

Como obras mayores se consideró las siguientes:

- Bocatoma en el río Maipo
- Sifón para cruzar el río Colorado
- Túnel entre la salida del sifón Colorado y la quebrada al oriente de El Manzano
- Túnel en el sector Los Domínicos
- Sifón para cruzar el río Mapocho
- Túnel para cruzar desde La Dehesa a Chicureo

Las demás obras de arte se consideraron en forma global, tanto para las pérdidas de carga como para los costos.

En el Cuadro N° 3.3. se resumen las pérdidas de carga previstas en cada tramo de los canales Tronco y Oriente y las cotas de fondo correspondientes.

CUADRO N° 3.3.

CANALES TRONCO Y ORIENTE : PERDIDAS DE CARGA Y COTAS DE FONDO

Lugar	Km.	Pérdida de Carga(m)			Cota de Fondo m.s.n.m.
		En ca- nal	Singu- lar	Total	
Bocatoma	0,000		2,00		998,00
Entrada sifón Colorado	13,600	4,08	1,42	5,50	992,50
Sifón Colorado(L=514)			3,00	3,00	
Entrada Túnel Colorado	14,070				989,50
Túnel Colorado			1,50	1,50	
Salida Túnel Colorado	15,670				988,00
Entrega Central La Obra	34,000	5,50	1,75	7,25	980,75
Entrada Túnel Los Domíni- cos	61,000	8,10	0,90	9,00	971,75
Túnel Domínicos			0,50	0,50	971,25
Salida Túnel Domínicos	61,640				
Entrada Sifón Mapocho	72,200	3,20	0,80	4,00	967,25
Sifón Mapocho			6,00	6,00	
Salida sifón Mapocho	78,840				961,25
Entrada túnel La Dehe- sa	90,500	5,30	1,70	7,00	954,25
Túnel La Dehesa			2,50	2,50	
Salida túnel	93,950				951,75

Los sifones para cruzar los ríos Colorado (km. 13,600) y Mapocho (Km. 72,200) fueron estudiados por la Gerencia de Obras de Endesa, considerando las características hidráulicas definidas en el estudio general del trazado. Sus características principales se describen en el Anexo N° 3.2..

La bocatoma en el río Maipo se evaluó adoptando el diseño estudiado por la Dirección General de Aguas para el proyecto Canal Oriente en 1972.

Los túneles fueron diseñados de acuerdo a las indicaciones del informe geotécnico, con los refuerzos y revestimientos correspondientes. Las secciones adoptadas fueron de arco de medio punto con escurrimiento en la cuneta rectangular.

Las compuertas de descarga se incluyeron dentro de las obras menores, aunque hay ciertos sectores en que se pueden presentar problemas bastante difíciles para descargar las aguas en casos de emergencia.

2.3. Canal de alimentación desde el río Mapocho

Para agregar al canal Oriente los recursos disponibles en el alto Mapocho, se trazó un canal por la ribera izquierda de ese río, que vaciará sus aguas al canal matriz en la entrada al sifón Mapocho. Aunque este trazado exige una sobre capacidad en este sifón, resulta más conveniente, ya que no cruza por el poblado de El Arrayán y se evita un sifón en el cruce del estero El Arrayán.

Para entregar las aguas a la entrada del sifón Mapocho, cota de fondo 967,25, el agua debe captarse en el río Mapocho a la cota 972. Se estudió un trazado que capta aguas abajo del Puente Ñilhue y entra a un túnel de 400 m. de longitud para no interferir con el camino a Farellones. Resultó un canal de 6 Kms. de desarrollo que se estudió para gastos comprendidos entre 3 m³/s y 6 m³/s..

Las obras de arte mayores, bocatoma y túnel son iguales para ambos caudales.

2.4. Cubicaciones y costos

Se cubicó el movimiento de tierra del canal mediante perfiles transversales sacados de las láminas C.N.R. - I.G.M. - 1980 - escala 1:10.000.- Para la clasificación del material por excavar se supuso que en todas las pendientes mayores de 1:1 había sólo roca y que en las pendientes menores se encontraría un 10% de roca.

Todas las secciones se ubicaron en corte y se consideró un revestimiento de hormigón de 0,10 m. de espesor.

En el Anexo N° 3.3. se resumen las cubicaciones y los costos por tramo de los canales y sus obras mayores, exceptuando sifones, calculándose a continuación las funciones de costo de dichas obras, que aparecen en el Anexo N° 3.4.. El costo de los sifones aparece en el Anexo N° 3.2.

2.5. Costos del canal para los gastos de diseño

Los gastos de diseño definidos para el proyecto son los siguientes:

Canal Tronco, entre bocatoma y entrega La Obra : Q = 80 m³/s

Canal Oriente, entre La Obra a Mapocho : Q = 40 m³/s

entre Mapocho a Túnel La Dehesa : Q = 46 m³/s

Canal Alimentador Mapocho : Q = 6 m³/s

Para estos gastos resultan los siguientes costos:

CUADRO N° 3.4.

COSTO TOTAL DE LOS CANALES TRONCO Y ORIENTE (US\$)

Tramo	Canal	Obras de Arte Mayores	Total
Tronco	32.334.000	19.024.210	51.358.210
Oriente	27.568.100	20.017.672	47.585.772
Alimentador Mapocho	1.526.805	391.000	1.917.805
TOTAL	61.428.905	39.432.882	100.861.727

3.- Canal Norte

3.1. Trazado del Canal

A la salida del túnel La Dehesa, el canal Oriente se bifurca en dos ramas, denominadas canal Norte y canal Poniente.

El canal Norte se desarrolla, en su primer kilómetro, a la misma cota de la salida del túnel, para luego caer en la central Chircuro, desde cuya descarga se inicia un canal que va a regar los sectores de Colina y Polpaico y que abastece las necesidades de la Planta concentradora de la Disputada de Las Condes. Además, se contempla un canal de restitución de las aguas del canal El Carmen.

El trazado de este canal se estudió en las láminas del levantamiento C.N.R. - I.G.M. - 1980, a escala 1:10.000, considerando como condiciones determinantes que se pudiera regar la mayor parte de los terrenos aptos en Polpaico y que el canal no enclavara la posibilidad de construir en el futuro el embalse Peldehue.

Para el estudio del trazado de este canal no se disponía de informe geotécnico, de modo que se aplicaron las recomendaciones del informe para el canal Tronco-Oriente adaptando las por inspección visual a las condiciones de este trazado.

Todo el canal se estudió con revestimiento de hormigón de 0,10 m. de espesor.

3.2. Estudio de costos

El canal se estudió para un rango de gastos variables entre 20 m³/s. y 6,5 m³/s. para los primeros 12 Kms. y entre 14 m³/s. y 4,5 m³/s. para el resto del canal.

En el Cuadro N° 3.5. se resumen las pérdidas de carga previstas en cada tramo del canal y las cotas de fondo correspondientes y en el Anexo N° 3.3. se resumen las cubicaciones y costos de cada sector.

En el Anexo N° 3.4. se indica las funciones de costo para cada uno de los sectores.

Los precios unitarios y la metodología de cálculo para los costos es la misma ya detallada en los canales Tronco y Oriente.

3.3. Obras de Arte Mayores

Se consideraron como obras de arte mayores un túnel en el Km. 15,200 en el lugar denominado La Ripa, un sifón para cruzar el estero Colina y en el sector comprendido entre los kilómetros 27,750 y 32,130 un corte alto, en que se supuso necesario proyectar un acueducto abovedado y túnel en el sector en que el posible techo superaba los 20 m.. Este sector corresponde al cruce desde la subcuenca del río Colina a la subcuenca del estero Chacabuco.

Para evaluar el costo del sifón Colina se supuso una solución en hormigón armado, cuyo costo se evaluó de acuerdo a la información existente en la Dirección de Riego.

CUADRO N° 3.5.

CANAL NORTE: PERDIDAS DE CARGA Y COTAS DE FONDO

Lugar	Km.	Pérdida de Carga (m)			Cota de Fondo m.s.n.m.
		En canal	Singular	Total	
Salida túnel La Dehesa	0,000				951,75
Entrega Central Chicureo	1,000				950,00
Descarga Central Chicureo	0,000				713,00
Entrega túnel La Ñipa	15,200	7,60	0,40	8,00	705,00
Túnel	14,000			1,40	
Salida túnel	16,600				703,60
Entrada sifón Colina	26,800	5,10	0,40	5,50	698,10
Sifón L=930 m., H=36				1,80	
Salida sifón Colina	27,730				696,30
Entrada corte-túnel	27,750				
Salida corte-túnel	32,130	2,25			694,05
Término canal matriz	37,500	2,68			691,37

3.4. Costo del Canal

Aunque el canal va a ir haciendo entregas de agua a lo largo de todo su recorrido, para los efectos de calcular el costo y considerando que no se ha hecho el estudio de la red secundaria de distribución, se aceptó que el canal tendrá, entre la salida - del túnel La Dehesa (Km. 0,000) y el estero Colina (Km. 26,800), una capacidad de 14 m³/s y que, desde la entrada al sifón Colina hasta el final del canal, la capacidad sería de 7 m³/s..

Para estos gastos de diseño resulta el costo para el canal que se indica en el Cuadro N° 3.6.

CUADRO N° 3.6.

CANAL NORTE : COSTO DEL CANAL PARA LOS GASTOS DE DISEÑO

(en US\$)

1.- Salida túnel La Dehesa a Entrega Central Chicureo	Q = 21 m ³ /s	L = 1 km	US\$	400.000
2.- Descarga Central Chicureo a río Colina	Q = 14 m ³ /s	L = 26,80 km.	US\$	12.043.200
3.- Sifón Colina	Q = 7 m ³ /s	L = 930 m.	US\$	790.600
4.- Sector río Colina al final	Q = 7 m ³ /s	L = 9,60 km.	US\$	6.681.300
5.- Canal Restitución El Carmen.	Q = 7 m ³ /s	L = 6,4 Km.	US\$	1.945.234
				<hr/>
		TOTAL	US\$	21.860.334

4.- Canal Poniente, Tramos I y II

4.1. Trazado del canal

El canal Poniente, tramos I y II se desarrolla a partir de la salida del túnel La Dehesa, hasta terminar en la Central Patagüilla en el Valle del Estero Puangue.

Entre la salida del túnel La Dehesa (km. 0,000) y la entrega a la central Huechuraba (km. 9,250), el canal se desarrolla - por una ladera bastante inclinada entre las cotas 951,00 y - 948,00.

No se dispuso de informe geotécnico para el trazado de este canal, y por lo tanto se adaptó las recomendaciones del informe para los Canales Tronco y Oriente a las condiciones del trazado de este canal.

Todo el trazado se estudió basándose en el levantamiento C.N.R-I.G.M. - 1980 a escala 1:10.000.-

Las aguas de la descarga de la central Huechuraba se conducen por un canal que sigue aproximadamente el mismo curso del estero Las Cruces, mejorando su cauce y rectificando la pendiente, de modo que se asegura el cruce sin problemas de la carretera a Colina, la Panamericana y el Ferrocarril a Valparaíso. Este sector, que abarca desde la descarga de la central hasta el cruce de la línea férrea, se proyectó revestido en hormigón de 0,10 m. de espesor y con saltillos.

Después del cruce del ferrocarril y hasta el cruce del río Colina, fin del primer tramo del Canal Poniente, el canal se proyectó sin revestimiento y con saltillos para mantener la velocidad en valores aceptables.

Desde el río Colina a la entrada del túnel Lo Prado, se proyectó un canal sin revestimiento, debido a que los terrenos son muy planos, de modo que el peligro de accidentes es bajo y a que, en gran parte del sector, el nivel freático puede estar cercano al fondo del canal lo que haría difícil y caro el revestimiento.

Desde el cruce del camino a Valparaíso hasta la entrada al túnel Lo Prado, el canal necesita un corte bastante profundo hasta llegar a la condición de techo apropiada para el túnel.

El túnel Lo Prado se proyectó en arco de medio punto con ancho basal de 3,5 m. libres. Se consideró que se mantendrían en -

este túnel, que es muy cercano al de la carretera a Valparaíso. las mismas condiciones de terreno que las encontradas en aquél y por eso se supuso que los refuerzos y la entibación hecesaria serían similares a las que se necesitaron en ese túnel, habida consideración a la diferencia entre las luces de ambos.

Desde la salida del túnel Lo Prado a la entrega a la central - Patagüilla el canal se desarrolla por laderas de pendientes medianas. Este sector del canal se proyectó con revestimiento de hormigón de 0,10 m. de espesor.

La descarga de la central Patagüilla se conduce hasta el estero Puangue, donde se vacía parte de estas aguas y otra parte cruza el estero para regar en la ribera derecha de él. En el sector por donde cruza este canal de descarga se produce un área baja y pantanosa que en el proyecto definitivo será preciso estudiar con más detención.

En el Cuadro N° 3.7. se resumen las pérdidas de carga y las cotas de fondo resultantes.

CUADRO N° 3.7.

CANAL PONIENTE, TRAMOS I y II: PERDIDAS DE CARGA Y COTAS DE FONDO

	km.	Pérdida de carga			Cota de fondo m.s.n.m.
		Canal	Singu- lares	Total	
Salida túnel La Dehesa	0,000				951,00
Entrega Central Huechuraba	9,250	2,77	0,23	3,00	948,00
Descarga Central Huechuraba	0,000				500,00
Cruce F.F.C.C.	7,000				480,00
Descarga y cruce río Colina	13,000	1,20	5,80	7,00	473,00
Cruce Camino Valparaíso	32,400		0,5		
Entrada túnel Lo Prado	33,800				459,50
Salida túnel Lo Prado	39,500				454,00
Entrega Central Patagüilla	48,100	3,4	0,6	4,0	450,00

4.2. Estudio de costos

El primer sector del canal, entre la salida del túnel La Dehesa y la entrega a la central Huechuraba, se estudió para un rango de gastos entre 56 m³/s y 28 m³/s. El resto del canal se estu

dió solamente para el gasto de diseño elegido.

En el Anexo N° 3.3. se resumen las cubicaciones y costos de cada sector del canal. La función de costos de este canal aparece en el Anexo N° 3.4.

4.3. Obras de arte mayores

En este sector se consideraron como obras de arte mayores el túnel de Lo Prado, que tiene una longitud de 5,7 km. y 25 m³/s de capacidad, con una sección de 18 m² y el cruce con la carretera a Valparaíso, cuyo costo se estimó suponiendo que se haría una alcantarilla en hormigón armado.

En los ríos Colina y Lampa no se consideró obras mayores, ya que el cruce se produce con muy poca diferencia de cota y en el proyecto definitivo será necesario estudiar la solución apropiada, pero no es probable que su costo exceda de los montos considerados globalmente para obras menores.

4.4. Costo del Canal

Sólo se calcularon funciones de costo (que aparecen en el Anexo N° 3.4.) para el sector entre la salida del túnel La Dehesa y la entrega a la central Huechuraba.

En el Cuadro N° 3.8. aparece el costo resultante para el canal.

CUADRO N° 3.8.

CANAL PONIENTE, TRAMOS I y II: COSTOS DEL CANAL PARA LOS GASTOS DE DISEÑO

Salida túnel La Dehesa - Entrega Central Huechuraba

Q = 25 m³/s L = 9,25 km. US\$ 5.019.012

Descarga Central Huechuraba - río Colina

Q = 25 m³/s L = 13,00 Km. US\$ 2.354.801

Río Colina - Entrega Central Patagüilla

Q = 25 m³/s L = 35,1 km. US\$ 25.673.500

Descarga Central Patagüilla a Estero Puangue

Q = 25 m³/s L = 5,35 km. US\$ 3.614.000

TOTAL US\$ 36.661.313

5.- Canal Poniente, Tramos III, IV, V y VI

5.1. Trazado del canal

El canal Poniente, tramos III al VI se desarrolla entre la Central Patagüilla y el Lago Peñuelas. El trazado se estudió en el levantamiento C.N.R. - I.G.M. - 1980, para el tramo comprendido entre la central Patagüilla y la entrada al sifón Puangue. Desde este punto, y hasta la entrega al Lago Peñuelas, se adaptó el proyecto al realizado por la Dirección General de Aguas (D.G.A. - O.P.R.U, 1972), dado que los caudales considerados en el estudio de la D.G.A. eran sólo ligeramente mayores que los gastos utilizados en el presente proyecto.

El tramo III (Central Patagüilla a entrada sifón Puangue) -- tiene una longitud de 47,5 km. y un gasto de diseño de 15 m³/s. ; en este tramo, el trazado propuesto sigue una cota superior a la del proyecto de la D.G.A.. Dado que en el tramo siguiente se vuelve al trazado primitivo de la D.G.A., se produce una mayor carga en el sifón Puangue, posibilitando la reducción de su sección.

El tramo IV (Salida sifón Puangue a Entrada Túnel Zapata) -- tiene una longitud de 40,4 km. y un gasto de diseño de 13 m³/s; este tramo fue iniciado en 1972 y paralizado en 1973 y tiene parte importante de las excavaciones realizadas. El túnel Zapata tiene una longitud de 1.900 m y una sección de 9,4 m², con un trazado paralelo y muy cercano al del actual túnel carretero del mismo nombre.

El tramo V (Salida túnel Zapata a entrada túnel Lo Ovalle), -- tiene una longitud de 80,6 km. con un gasto de diseño de 11 m³/s, gasto que fue considerado para el cálculo de costos, aún cuando, debido a las sucesivas entregas a los embalses existentes, los gastos de diseño y sus costos debieran ser decrecientes, hasta llegar a un gasto final de sólo 7,0 m³/s. El túnel de Lo Ovalle tiene una longitud de 1000 m. y una sección de 7,7 m².

Finalmente, el tramo VI (salida túnel Lo Ovalle a entrada túnel Peñuelas), tiene una longitud de 8,7 km. y un gasto de diseño de 7,0 m³/s. El túnel Peñuelas tiene un largo de 3.300 m. y una sección de 5,6 m².

En el Cuadro N° 3.9. se resumen las cotas de fondos que han sido utilizadas.

CUADRO N° 3.9.

CANAL PONIENTE, TRAMOS III, IV, V y VI : COTAS DE FONDO

<u>L u g a r</u>	<u>KM.</u>	<u>Cota de fondo</u>
Entrega Central Patagüilla	48,100	450,00
Cruce Estero Escorial	65,600	440,80
Cruce Estero Miraflores	82,100	432,10
Entrada Sifón Puangue	95,600	425,30
Salida Sifón Puangue	98,100	381,50
Entrada Túnel Zapata	138,500	372,80
Túnel Zapata	1,900	
Entrada Túnel Ovalle	221,000	353,30
Túnel Ovalle	1,000	
Entrada Túnel Peñuelas	230,700	350,80
Túnel Peñuelas	3,300	
Entrada Embalse Peñuelas	234,700	347,00

5.2. Estudio de Costos

El cálculo de los costos consideró un gasto de 15 m³/s para el tramo comprendido entre la central Patagüilla y la entrada al sifón Puangue. Desde este punto y hasta el final, se utilizaron las cubicaciones determinadas en el informe DGA-OPRU de 1972 y se descontó de dicha cubicación las obras ya realizadas entre el sifón Puangue y el túnel Zapata, esto es, 877.523,3 m³ de excavación en mesa, que corresponden a 18,69 km. ejecutados (informe de 12 de Marzo de 1973).

En el Anexo N° 3.3. se resumen las cubicaciones y costos de cada uno de los tramos considerados.

5.3. Obras de arte mayores

En estos tramos se ha considerado sólo como obra de arte de importancia el sifón Puangue, para cruzar el estero del mismo nombre. Las características de este sifón aparecen en el Anexo N° 3.2.

5.4. Costos del canal

En el Cuadro N° 3.10. se muestra el costo total de este canal.

CUADRO N° 3.10

CANAL PONIENTE, TRAMOS III, IV, V y VI: COSTOS DEL CANAL
(En US\$)

<u>Tramos</u>	<u>Costo</u>
1.- Patagüilla a entrada sifón Puangue	16.536.744
2.- Sifón Puangue	6.672.410
3.- Salida sifón Puangue a entrada túnel Zapata	9.804.984
4.- Túnel Zapata	4.541.000
5.- Salida túnel Zapata a entrada túnel Ovalle	14.728.277
6.- Túnel Lo Ovalle	952.000
7.- Salida túnel Lo Ovalle a Peñuelas	2.437.054
8.- Túnel Peñuelas	1.833.800
	<hr/>
Costo Total	57.506.269

6.- Costo Total del Proyecto

El costo total de las obras hidráulicas del proyecto asciende a US\$ 216,9 millones; el detalle, según las distintas obras y el calendario de inversión, es el que se muestra en el Cuadro N° 3.11.

CUADRO N° 3.11.

COSTO DE LAS OBRAS HIDRAULICAS Y CALENDARIO DE INVERSIONES (EN US\$)

	Costo Total	1° Año	2° Año	3° Año
<u>Canal Tronco</u>	<u>51.358.210</u>	<u>10.681.800</u>	<u>22.438.126</u>	<u>18.238.284</u>
Canal (Q=80 m3/s)	32.334.000	6.466.800	12.933.600	12.933.600
Bocatoma	7.250.000	1.450.000	3.625.000	2.175.000
Sifón Colorado	3.874.210	-	2.324.526	1.549.684
Túnel Colorado	7.900.000	2.765.000	3.555.000	1.580.000
<u>Canal Oriente</u>	<u>49.503.577</u>	<u>10.417.277</u>	<u>20.960.630</u>	<u>18.125.670</u>
Canal	27.568.100	5.513.620	11.027.240	11.027.240
Túnel Los Domínicos	2.971.072	-	1.039.875	1.931.197
Canal Mapocho	1.917.805	-	767.122	1.150.683
Sifón Mapocho	3.036.150	-	1.821.690	1.214.460
Túnel La Dehesa	14.010.450	4.903.657	6.304.703	2.802.090
<u>Canal Norte</u>	<u>21.860.334</u>	<u>2.982.720</u>	<u>8.217.349</u>	<u>10.660.265</u>
Canal	14.913.600	2.982.720	5.965.440	5.965.440
Túnel La Nipa	2.065.900	-	723.065	1.342.835
Sifón Colina	790.600	-	-	790.600
Túnel Peldehue	2.145.000	-	750.750	1.394.250
Canal Restitución El Carmen	1.945.234	-	778.094	1.167.140
<u>Canal Poniente</u>	<u>94.167.582</u>	<u>14.482.923</u>	<u>39.127.904</u>	<u>40.556.755</u>
Canal	60.035.772	8.701.413	24.014.308	27.320.051
Túnel Lo Prado	16.518.600	5.781.510	7.433.370	3.303.720
Canal Descarga Patagüilla	3.614.000	-	1.445.600	2.168.400
Sifón Puangue	6.672.410	-	4.003.446	2.668.964
Túnel Zapata	4.541.000	-	1.589.350	2.951.650
Túnel Lo Ovalle	952.000	-	-	952.000
Túnel Peñuelas	1.833.800	-	641.830	1.191.970
<u>TOTAL DEL PROYECTO</u>	<u>216.889.703</u>	<u>38.564.720</u>	<u>90.744.009</u>	<u>87.580.374</u>

Es de hacer notar que se calculó el costo de un cierto número de obras de regulación, tales como el embalse Pudahuel, Peldehue, etc. las cuales no han sido necesarias dentro de la alternativa seleccionada, que está basada en la compra de derechos y en el traspaso de los derechos caducados. Sin embargo, si esta premisa de compra y traspaso no fuera cumplida, sería necesario entrar a re-evaluar el proyecto, considerando dichas obras de regulación, por lo que las características generales y los costos de ellas se muestran en el Anexo N° 3.5.

Además, en el Anexo N° 3.5., se analizan obras especiales - destinadas a aminorar el efecto de las variaciones horarias - en la captación de los caudales en el río Maipo, si este efecto fuera de importancia, lo que permitiría disminuir el castigo del 10% aplicado a los ingresos brutos de generación eléctrica, deducido por ENDESA.

CAPITULO IV

BENEFICIOS DEL AGUA POTABLE

1. Agua Potable de Santiago

La información que se presenta en este punto fue proporcionada por EMOS, mediante Memorandum de su Departamento de Estudios, de 17 de Noviembre de 1980.

1.1. Generalidades

La ejecución del proyecto, por sus características supone para la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS), ciertas consideraciones en relación a la ejecución de las obras futuras de captación, tratamiento y conducción para el sistema de abastecimiento del Gran Santiago, que fundamentalmente pueden resumirse en:

- a) Las aguas captadas por las nuevas plantas de tratamiento a través de este Canal, serán provenientes, exclusivamente, del río Maipo, no estando influenciadas por la turbiedad del río Colorado.
- b) La ejecución de las respectivas obras de toma y conducción, por el hecho de captarse directamente del Canal, representarán una menor inversión, considerando las características de las tomas de tipo normal desde ríos.
- c) El recorrido de este Canal, permite ejecutar una segunda planta de tratamiento, situación que, aún cuando desde el punto de vista operacional del sistema no es la más adecuada, significa una rebaja en la inversión en conducciones, por cuanto la longitud de los acueductos puede disminuirse.

Bajo estos tres aspectos y con los supuestos que se indican se han establecido, en términos muy preliminares, algunos de los beneficios que genera el proyecto.

1.2. Evaluación de los Beneficios

1.2.1. Generalidades

La evaluación se ha hecho en términos preliminares, considerándose algunos supuestos y datos que deberán ser precisados mediante un estudio adecuado.

El informe desarrollado tiene como objeto establecer, sólo a un nivel

muy primario, aspectos relevantes del proyecto que inciden en beneficios directos para el sistema de abastecimiento de agua potable - de EMOS.

1.2.2. Costos de Tratamiento

El costo de tratamiento de agua potable está íntimamente ligado a las características de las aguas crudas o brutas, fundamentalmente turbiedad; se puede establecer, en términos generales, la economía en los costos de operación en US\$/m³ de agua producida al tratar só lo aguas provenientes del río Maipo, que presentan turbiedad menor que las aguas crudas combinadas (Maipo + Colorado), actualmente procesadas en Vizcachas y Vizcachitas.

De los datos disponibles (turbiedad río Colorado y Colorado + Maipo) se puede determinar, considerando además la relación de caudales Río Maipo/Río Colorado = 2,5/1, que la turbiedad del río Maipo (promedios mensuales) es de 1,02 a 2,8 veces menor que la de las aguas actualmente tratadas e influenciadas por el río Colorado.

Esto representa, en términos de productos químicos para el tratamiento, una reducción en términos generales de un 39.5%.

Ponderando los valores medios mensuales de requerimientos de coagulantes y la producción correspondiente, se puede concluir que la economía por m³ de agua producida es del orden de 0,00041 US\$/m³ lo que, para una producción anual de 290.000.000 m³ (año 1979) de Vizcachas y Vizcachitas, representaría un ahorro anual teórico de -- US\$ 119.000.

El beneficio entonces, de tratar aguas de menor turbiedad en las futuras plantas de tratamiento será proporcional a los mayores gastos que se requieran a partir del año 1985, año en el que se saturan las plantas actuales ampliadas y en el que se espera una producción a -nual estimada de 390.000.000 de m³.

Esto implica que, a contar de 1985, el beneficio anual por este concepto asciende a US\$ 160.000, por lo cual el valor actual de los beneficios (a una tasa de descuento del 10%), asciende a US\$1.110,4 miles.

Para el análisis se ha supuesto sólo la menor cantidad de sulfato - de aluminio, producto base del sistema de tratamiento, cuyo precio es de US\$ 190,77 la tonelada.

1.2.3. Obras de Toma:

La captación directa de un Canal permite una reducción considerable

en los costos de captación, con relación a un sistema tradicional a través de una toma de río. Aún cuando sólo puede establecerse una cifra estimativa puede decirse que esta alternativa para un caudal de 7 m³/seg, representa una disminución en los costos de inversión de, aproximadamente, US\$ 8 millones.

1.2.4. Conducciones

La posibilidad de ejecutar una segunda planta de tratamiento alimentada por este Canal, dadas las características de su trazado, permite disminuir la longitud de los acueductos de conducción de la primera planta.

Considerando el gasto de 2 m³/seg, una longitud de 15 km y una pérdida de carga de 0.005 (cinco por mil), se tiene un diámetro estimado de 1,00 m. (tuberías de cemento asbesto).

Esto representa una disminución en la inversión de 15.000 m. a -- US\$ 564/m. (tubería AV-15), o sea un total de US\$ 8.461.539.

1.3. Sistema de Aguas Lluvias

Paralelamente a la situación de los futuros sistemas de tratamiento y conducción de agua potable, se puede establecer como un beneficio directo de este proyecto, la utilización de parte de la capacidad del Canal San Carlos, como sistema evacuador de aguas lluvias. Aún cuando debe estudiarse con más detalle las condiciones y características que se establecerán en los tramos del Canal Oriente, es evidente que servirá para interceptar las aguas lluvias de la zona precordillerana, aliviando así la situación del alcantarillado de la parte alta de la ciudad de Santiago.

2. Agua Potable de Valparaíso y Viña del Mar

2.1. Descripción del actual sistema

El sistema abastece a las Comunas de Villa Alemana, Quilpué, Viña del Mar y Valparaíso.

Los antecedentes generales del sistema, número de usuarios, cantidad facturada de m³, población abastecida y la cobertura, se muestran en Cuadro N°4.1., con base en datos de 1979.

CUADRO N°4.1.

	VALPARAISO	VIÑA DEL MAR	QUILPUE	VILLA ALEMANA	TOTAL
N°de usuarios	48.188	48.645	16.640	10.189	107.022
Pob. Total	530.866		85.690	51.790	
Pob. Abastecida	452.828		74.875	45.849	
Cobertura %	85,30		87,38	88,53	
M3/año fact. (en miles)	17.272	16.923	4.610	2.579	41.384

Fuente: ESVAL

El sistema es alimentado por tres grandes fuentes:

a). Las Vegas

Sistema de galería filtrante, ubicado en la localidad de Las Vegas, comuna de Llay-Llay, al oriente del Túnel de la Calavera.

El agua es conducida a través de un acueducto de 84 kms. de longitud, llegando al estanque Lyon, en Valparaíso, alimentando en su recorrido a las comunas de Limache, Villa Alemana, Quilpué, Viña del Mar y Valparaíso.

La capacidad de captación y porteo del acueducto está copada.

b). Planta de Concón

Consiste en una planta de tratamiento, ubicada a 5 kms., aproximadamente de la desembocadura del río Aconcagua, con una capacidad de tratamiento de 600 lts/seg. y una impulsión desde Concón hasta el estanque Santa Inés, en Viña del Mar, con una longitud de 13,5 kms., en tuberías de acero de diámetros entre 1.200 y 1.300 mm.

En su recorrido abastece a Concón, Reñaca, Viña del Mar y un sector del Plan de Valparaíso.

c) Embalse Peñuelas

La capacidad de este embalse es del orden de los 90 millones de m³; tiene una planta de tratamiento de 450 lts/seg. y un acueducto de 22,5 kms, que llega al estanque El Vigía (cota 302) en Playa Ancha, Comuna de Valparaíso.

2.2. Captación y consumo de agua potable durante 1979

De acuerdo a los antecedentes proporcionados por ESVAL, durante 1979 se efectuó una captación de agua en las fuentes productoras, ascendente a 74,8 millones de m³, de acuerdo al siguiente detalle:

Concón	16,7 millones de m ³
Las Vegas	50,9 " "
Peñuelas	7,2 " "

Total 74,8 millones de m³

Para este mismo año, el consumo total facturado ascendió a 41,38 millones de m³. Esto significa que existen 33,42 millones de m³ que son producidos, de los cuales una parte importante se consume, pero no se factura y otra se pierde en la distribución.

La proyección del consumo de agua potable se ha calculado de acuerdo a nuevas conexiones domiciliarias derivadas del aumento de la población y a la incorporación de consumos no controlados que hoy se efectúan.

Los consumos proyectados al año 1995 corresponden a las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué y Villa Alemana y son los siguientes:

CUADRO N°4.2.

Demandas Proyectadas de Agua Potable
(En miles de m3)

AÑO	VALPARAISO Y VIÑA	QUILPUE	VILLA ALEMANA	TOTAL
1980	36.453	5.599	3.410	45.462
1981	37.495	6.096	3.616	47.207
1982	40.040	6.569	3.835	50.444
1983	42.900	7.052	4.097	54.049
1984	45.723	7.578	4.359	57.660
1985	48.701	7.919	4.623	61.243
1986	50.037	8.276	4.800	63.113
1987	51.377	8.647	4.977	65.001
1988	52.745	9.037	5.154	66.936
1989	54.139	9.444	5.331	68.914
1990	55.553	9.869	5.508	70.930
1991	57.000	10.312	5.702	73.014
1992	58.497	10.777	5.896	75.170
1993	59.962	11.261	6.090	77.313
1994	61.481	11.769	6.284	79.534
1995	63.023	12.298	6.480	81.801

2.3. Posibilidades de Abastecimiento Futuro

Para satisfacer el consumo futuro será necesario disponer de volúmenes adicionales de agua en las fuentes productoras.

Los nuevos volúmenes de agua podrían provenir de :

- a). Ampliación de la actual planta de filtros de Concón, hasta 1.000 lts/seg., para cubrir las necesidades hasta el año 1984 y/o 1985.
- b). Mejor aprovechamiento de los recursos actualmente existentes, mediante la disminución de las pérdidas en la red de distribución.
- c). Nuevas fuentes abastecedoras de agua, provenientes de una de las alternativas que se señalan a continuación, la que debería entrar en operación a más tardar en 1985:

2.3.1. Terminación del Embalse Aromos

Y sus obras anexas, con un costo de 45 millones de dólares.

Las obras son:

Terminación del muro y canal alimentador: US\$ 20.000.000;

Obras Complementarias: US\$ 25.000.000

En estas se incluyen las siguientes:

- Planta de tratamiento de aguas servidas de la Comuna de Limache (4.558 usuarios a 1979) ya que sus aguas servidas son evacuadas en el estero de Limache, donde está construido el embalse;
- Aducción Aromos-Concón;
- Traslado de líneas de Alta Tensión de Chilectra que cruzan la zona de inundación del embalse;
- Nueva planta de filtros en Concón, con capacidad de 2.000 lt/seg.
- Estanque Santa Inés y refuerzo de matrices;
- Ampliación de la subestación eléctrica y equipos de bombeo en la Sala de Alta;
- Construcción de estanque en Santa Inés y Planta Elevadora de Santa Inés a Sifón Chorrillos;
- Refuerzo de matrices en Viña y Valparaíso.

2.3.2. Proyecto Trasvase Santiago-Peñuelas

Consiste en entregar 84,7 millones de m³ al embalse Peñuelas, mediante un canal alimentador de 7 m³/seg. durante cuatro meses al año, con posibilidades de aumentar este volumen según las disponibilidades excedentes, de acuerdo a la hidrología simulada.

La utilización del embalse Peñuelas como fuente abastecedera del agua potable para Valparaíso y parte de Viña del Mar, puede efectuarse a través de dos soluciones alternativas de acueductos:

a) Aducción al estanque "El Vigía". Se encuentra ubicado en Playa Ancha, comuna de Valparaíso. Su construcción requiere de las siguientes obras:

- Planta de filtros en Peñuelas de 2.000 lts/seg. US\$ 5.360.000
- Aducción Peñuelas - Vigía, de 20,5 kms. y diámetro de 1250 - 1350 mm. US\$ 9.225.000
- Matríz desde Vigía a nuevo estanque, a cota 275 m.s.n.m. aproximadamente de 6,00 kms. de largo y diámetro 800 mm. US\$ 1.925.000
- Nuevo estanque de 8.000 m³. US\$ 400.000
- Costo total de las obras US\$16.910.000

b) Aducción al estanque "Héroes del Mar", comuna de Viña del Mar. No se cuenta con todos los datos necesarios para valorar esta segunda alternativa; sin embargo, se pueden describir las obras requeridas:

- Conducción mediante tuberías de 2.000 lts/seg. de un diámetro de 1250 - 1350 mm., de 10,5 kms. de longitud y con túnel de 3 kms. de largo aproximadamente.

- Planta de Filtro en Peñuelas de 2.000 lts/seg.
- Nuevo estanque de 8.000 m³.

Los costos de esta solución serían bastante aproximados a la alternativa anterior, ya que el menor costo atribuible a la disminución de la conducción se vería compensado por el mayor costo del túnel.

Sin embargo, sus beneficios serían mayores, dado que permite llegar gravitacionalmente a Viña del Mar y Valparaíso, eliminando los gastos en bombeo de las elevaciones de la alternativa anterior.

2.4. Volúmen total de agua requerido para satisfacer el consumo proyectado

En el cuadro siguiente se muestran los requerimientos adicionales de agua desde el año 1985, de acuerdo a las proyecciones de consumo del cuadro N°4.2. y asumiendo que, debido a una mejor facturación de los consumos, la pérdida en los sistemas de conducción asciende sólo a un 35%.

CUADRO N°4.3.

Volúmen Adicional de Agua Requerido
(millones de m³)

ANO	
1985	26,31
1986	29,19
1987	32,10
1988	35,08
1989	38,13
1990	41,23
1991	44,44
1992	47,76
1993	51,83
1994	54,48
1995	57,97
1996	63,01
1997	68,25
1998	73,70
1999	79,37
2000 al 2011	85,26

Las necesidades adicionales de agua se han determinado descontando el caudal anual de Las Vegas y de la hoya propia del embalse Peñuelas, estimado en 68 millones de m³ al año.

2.5. Evaluación económica comparativa de dos alternativas de abastecimiento de agua potable en Valparaíso y Viña del Mar.

Se han comparado sólo las dos alternativas que incorporan nuevas aguas (Las Vegas y Concón son fuentes prácticamente agotadas). La primera de ellas es distribuir aguas adicionales de las que se pudiera disponer en el embalse Peñuelas y la segunda es distribuir aquellas provenientes del embalse Aromos. La diferencia marginal entre ambas alternativas corresponderá al valor máximo que se podrá pagar por concepto de llevar una cantidad adicional de agua hasta Peñuelas.

2.5.1. Inversiones del Proyecto

Los costos del proyecto corresponden a :

	US\$
- Planta de filtros en Peñuelas de 2.000 lts/seg	5.360.000
- Aducción Peñuelas - Vigía de 20,5 kms. y diámetro de 1250 - 1350 mm.	9.225.000
- Matriz desde Vigía a nuevo estanque, a cota 275 m. s.n.m. aproximadamente de 6 kms. de largo y diámetro 800 mm.	1.925.000
- Nuevo estanque de 8.000 m ³	400.000
	<hr/>
	US\$ 16.910.000

Este costo se desembolsará en dos años, correspondiendo un 50% a cada uno.

2.5.2. Beneficios del Proyecto

Los beneficios corresponden a :

- a). Ahorro de costos del proyecto terminación del embalse Aromos US\$ 45.000.000
El desembolso se efectuará en tres años, con un 12% el primer año, 70% el segundo año y 18% el tercero.
- b). Ahorro de energía para bombear el agua desde Concón, según el crecimiento de la demanda.

CUADRO N°4.4.

Valor Anual de la Energía Utilizada para Bombear
Aguas Provenientes de la Solución Aromos

(En US\$)

AÑO	VALOR
1	-
2	-
3	-
4	1.715.000
5	1.716.000
6	1.710.000
7	1.698.000
8	1.680.000
9	1.824.000
10	1.972.000
11	2.126.000
12	2.314.000
13	2.437.000
14	2.598.000
15	2.831.000
16	3.070.000
17	3.326.000
18	3.588.000
19 al 30	3.700.000

- c). Producción de energía eléctrica en la Central El Sauce con excedentes de agua derivados de las disponibilidades del sistema de trasvase Santiago - Peñuelas, cuando la hidrología del Maipo así lo permita, descontadas las demandas de abastecimiento de agua potable, sin considerar los aportes de la cuenca propia, y con un volúmen en Peñuelas de 84,76 millones de m³.

CUADRO N°4.5.

Generación Eléctrica en Central El Sauce

AÑO	CAUDAL GENERABLE m ³ /año x 10 ³	KWH GENERADOS (MILES)	PRECIO ENERGIA US\$ x 10 ⁴	INGRESOS GENERACION (MILES US\$)	INGRESOS POTENCIA (MILES US\$)	INGRESOS TOTALES (MILES US\$)
1985	58.436	35.351,56	285,60	1.009,64	212,74	1.222,38
1986	55.556	33.609,27	291,31	979,07	212,74	1.191,81
1987	52.648	31.850,04	297,14	946,39	212,74	1.159,13
1988	49.669	30.047,86	303,08	910,69	212,74	1.123,43
1989	46.622	28.204,54	309,14	871,92	212,74	1.084,66
1990	43.518	26.326,73	315,33	830,16	212,74	1.042,90
1991	40.308	24.384,81	321,63	784,29	212,74	997,03
1992	36.988	22.376,33	328,06	734,08	212,74	946,82
1993	32.918	19.914,14	334,63	666,39	212,74	879,13
1994	30.268	18.310,99	341,32	624,99	212,74	837,73
1995	26.776	16.198,46	348,14	563,93	212,74	776,67
1996	21.738	13.150,66	348,14	457,83	212,74	670,57
1997	16.497	9.980,06	348,14	347,45	212,74	560,19
1998	11.047	6.683,01	348,14	232,66	212,74	445,40
1999	5.380	3.254,70	348,14	113,31	212,74	325,95
2000	-	-	-	-	-	-

2.5.3. Evaluación del Proyecto

La evaluación se realizó considerando un horizonte de 30 años (con 1982 como año inicial) y una tasa de descuento del 10%.

CUADRO N°4.6.

Costos y Beneficios
(Miles de US\$)

AÑOS	COSTOS		BENEFICIOS			FLUJOS NETOS	FLUJOS ACTUALIZADOS
	INVERSION PEÑUELAS	INVERSION AROMOS	AHORRO ENERGIA	PRODUCCION ENERGIA			
1	-	5.400	-	-	5.400	4.909	
2	8.455	31.500	-	-	23.045	19.045	
3	8.455	8.100	-	-	- 355	- 267	
4	-	-	1.715	1.922	3.637	2.484	
5	-	-	1.716	1.192	2.908	1.806	
6	-	-	1.710	1.159	2.869	1.619	
7	-	-	1.698	1.123	2.821	1.448	
8	-	-	1.680	1.085	2.765	1.290	
9	-	-	1.824	1.043	2.867	1.216	
10	-	-	1.972	997	2.969	1.145	
11	-	-	2.126	947	3.073	1.077	
12	-	-	2.314	879	3.193	1.017	
13	-	-	2.437	837	3.274	948	
14	-	-	2.598	776	3.374	888	
15	-	-	2.831	671	3.502	838	
16	-	-	3.074	560	3.634	791	
17	-	-	3.326	445	3.771	746	
18	-	-	3.588	326	3.914	704	
19a130	-	-	3.700	-	3.700	3.929	

Valor actual = 45.633

CAPITULO V

APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Con el objeto de no cruzar las zonas urbanas de Santiago, los canales Tronco y Oriente han sido trazados a la cota 980 m.s.n.m., aproximadamente. Como los terrenos por regar se encuentran a cotas inferiores, se presenta aquí una posibilidad de aprovechar el desnivel disponible y el caudal de los canales en producción de energía eléctrica.

1. Descripción de las Centrales Hidroeléctricas

1.1. Central La Obra

Se situará en el costado derecho del valle del río Maipo, entre los pueblos de Las Vertientes y La Obra.

Los caudales afluentes a esta central corresponden a los demandados al río Maipo aguas abajo de la bocatoma del canal San Carlos, los demandados por el agua potable y alcantarillado de Santiago (EMOS) y los demandados por el canal San Carlos entre su bocatoma y el río Mapocho.

La altura de caída disponible es igual a la diferencia de cotas que se produce en el km. 34.00 entre el canal Tronco (cota 990) y el Canal San Carlos (cota 769), la que alcanza a 221 m.

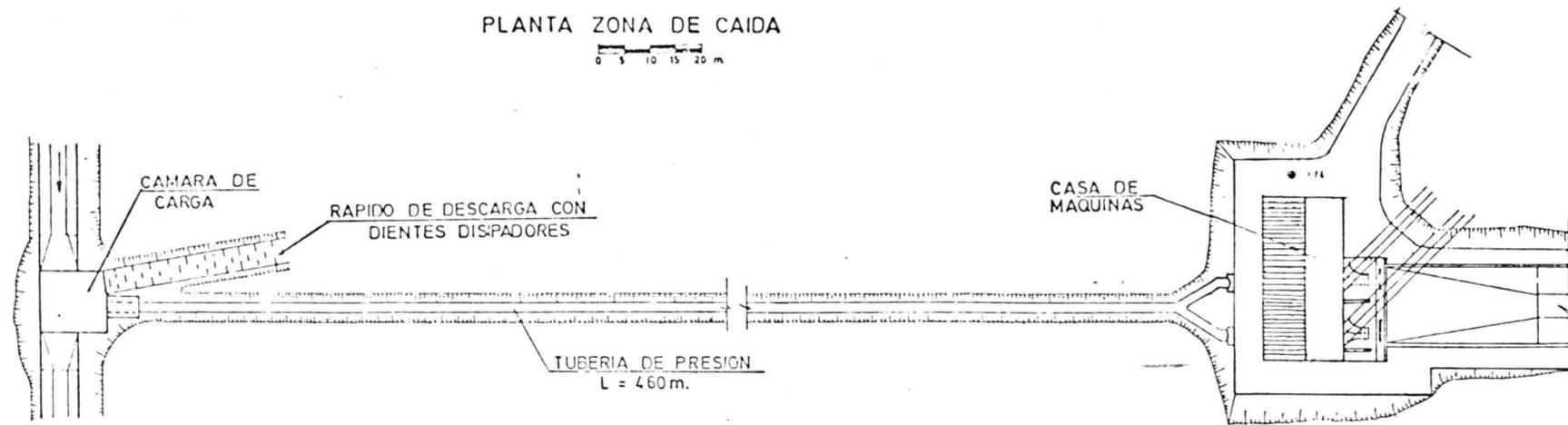
Los caudales para la central serán captados en la bocatoma del canal Tronco y conducidos mediante éste hasta la zona de caída.

Las obras de la zona de caída, que se muestran en la figura N°5.1., estarán compuestas por una cámara de carga, una tubería de presión de 460 m. de longitud, que se bifurcará poco antes de la casa de máquinas para alimentar a las dos unidades generadoras y una casa de máquinas, que se ubicará al lado del camino a San José de Maipo, que tendrá en su interior dos grupos generadores sincrónicos accionados por turbinas Francis de eje vertical.

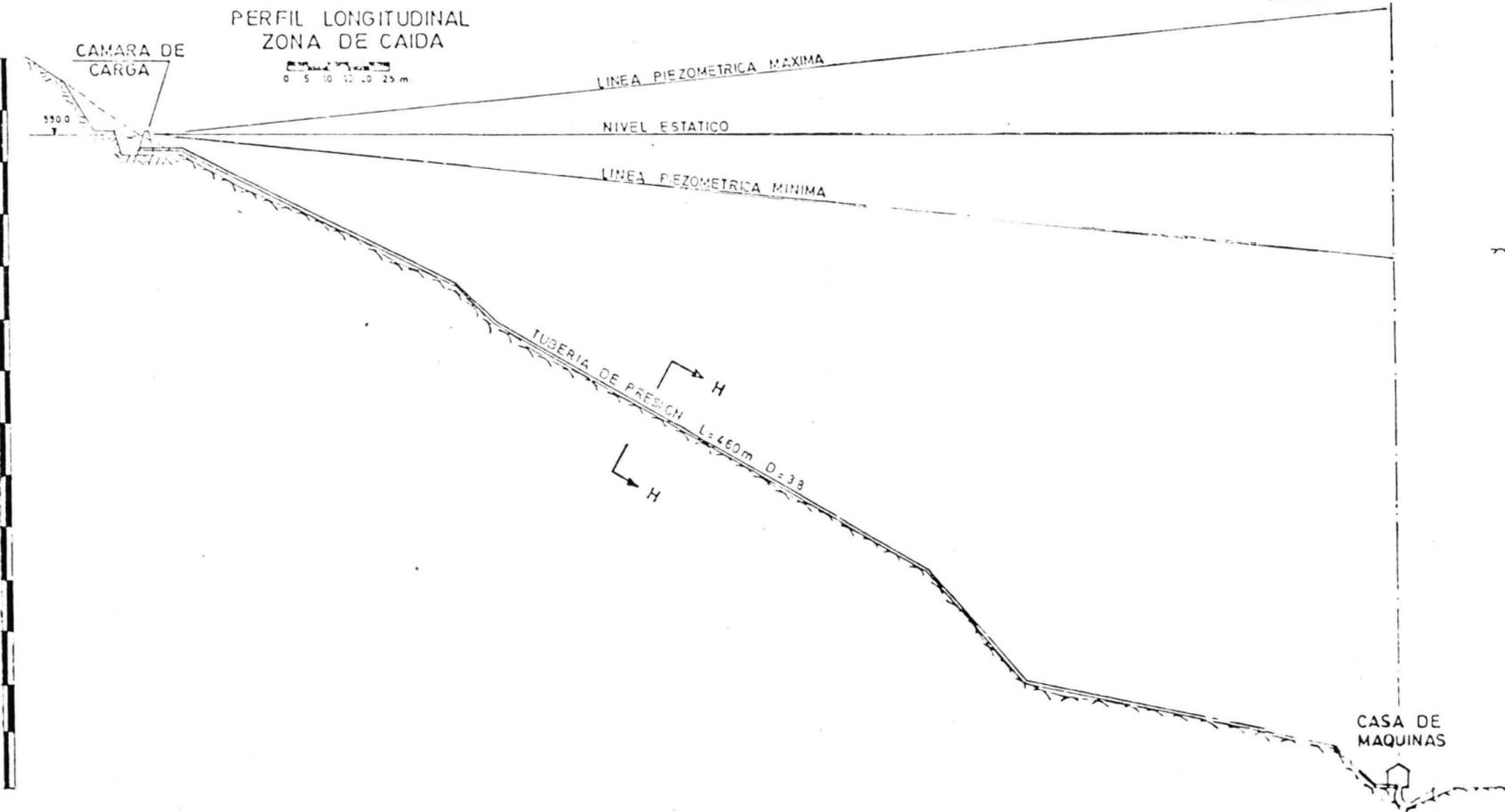
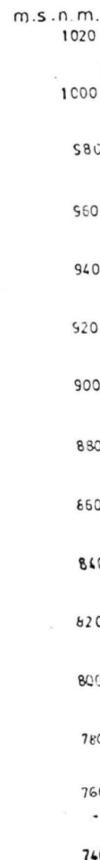
Las aguas descargadas por la central se entregarán a un corto canal de evacuación, el que permitirá alimentar al canal San Carlos, entre garlas a la Empresa de Obras Sanitarias, o bien, devolverlas al río Maipo.

Con el fin de dar seguridad a las obras ante rechazos de carga, se ha consultado la construcción de un evacuador de caudales que nace en la cámara de carga y cuya entrega se hará al canal de evacuación de la central. En consideración a la altura de caída, el monto de los cau-

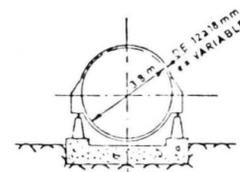
PLANTA ZONA DE CAIDA



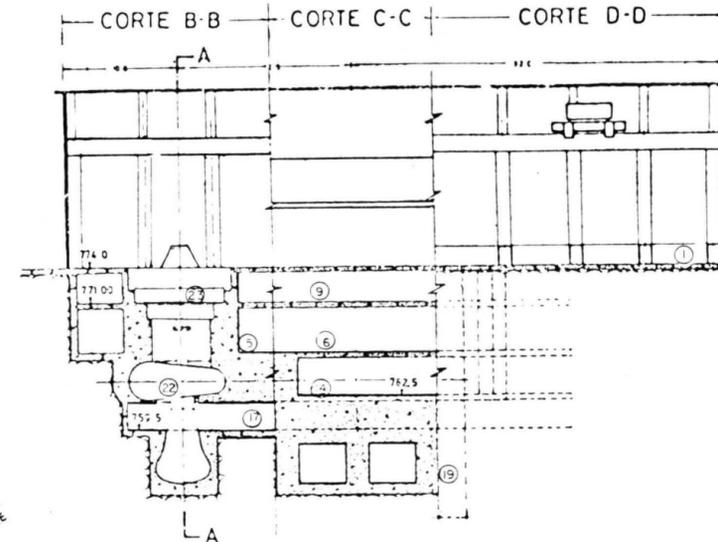
PERFIL LONGITUDINAL ZONA DE CAIDA



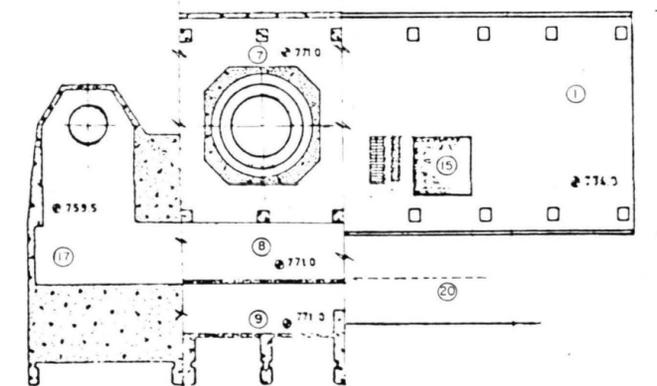
CORTE H-H



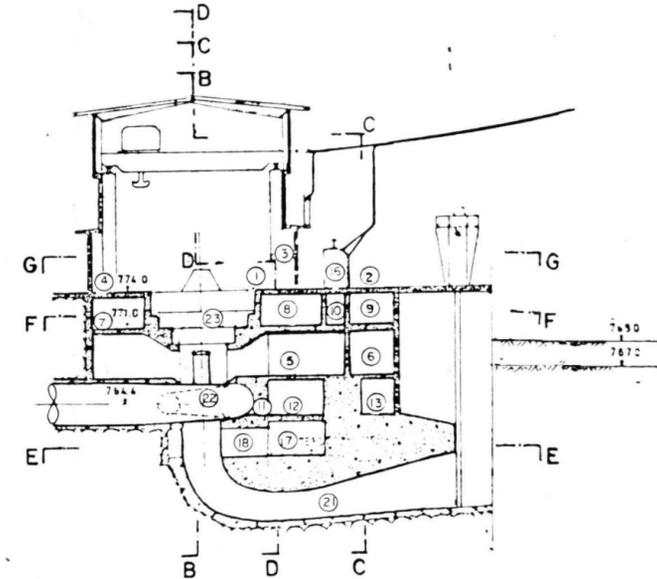
CASA DE MAQUINAS



PLANTA E-E PLANTA F-F PLANTA G-G



CORTE A-A



NOTAS

- 1 PISO EXCITRICES Y PATIO DE MONTAJE
- 2 PUENTE DE TRANSFORMADORES
- 3 ZONA DE CELDAS DEL GENERADOR
- 4 ZONA DE EQUIPOS DE CONTROL
- 5 PISO DE TURBINAS
- 6 ZONA EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS
- 7 ZONA EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS
- 8 GALERIA DE CABLES
- 9 SALA DE BOMBAS DE REFRIGERACION
- 10 FOSO RECOLECTOR DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR DE PODER
- 11 ESCOTILLA DE ENTRADA
- 12 SALA DE COMPRESORES DE SERVIDO
- 13 ESTANQUE DE AGUA DE REFRIGERACION
- 14 SALA DE EQUIPOS DE CLIMATIZACION Y VENTILACION
- 15 ESCOTILLA DE EXTRACCION DE RODETES
- 16 TRANSFORMADOR DE PODER
- 17 GALERIA DE EXTRACCION DE RODETES Y TAPAS INFERIORES
- 18 SALA DE BOMBAS DE DRENAJE
- 19 SALA DE BOMBAS DE DRENAJE
- 20 SALA DE COMANDO
- 21 DIFUSOR
- 22 CARACOL
- 23 GENERADOR

ESCALA



FIG. 5.1.

CENTRAL LA OBRA	
POTENCIA 140 MW	
M.G.M.	C.E.S.

dales por descargar, la topografía y las otras obras de infraestructura existentes en el lugar, se ha decidido dotar al evacuador de caudales con dientes disipadores de energía.

En vista que el presente estudio se encuentra en una fase de proyecto preliminar, en la cual es necesario disponer de información económica dentro de un amplio rango de potencias, el diseño de las obras de la zona de caída de esta central se ha realizado para los tres caudales que se indican a continuación, en conjunto con algunas magnitudes características de ella.

Caudal de diseño	m ³ /s	25	50	75
Diámetro tubería	m	2,4	3,2	3,8
Altura caída neta	m	218	218	218
Potencia Instalada	MW	46	93	140

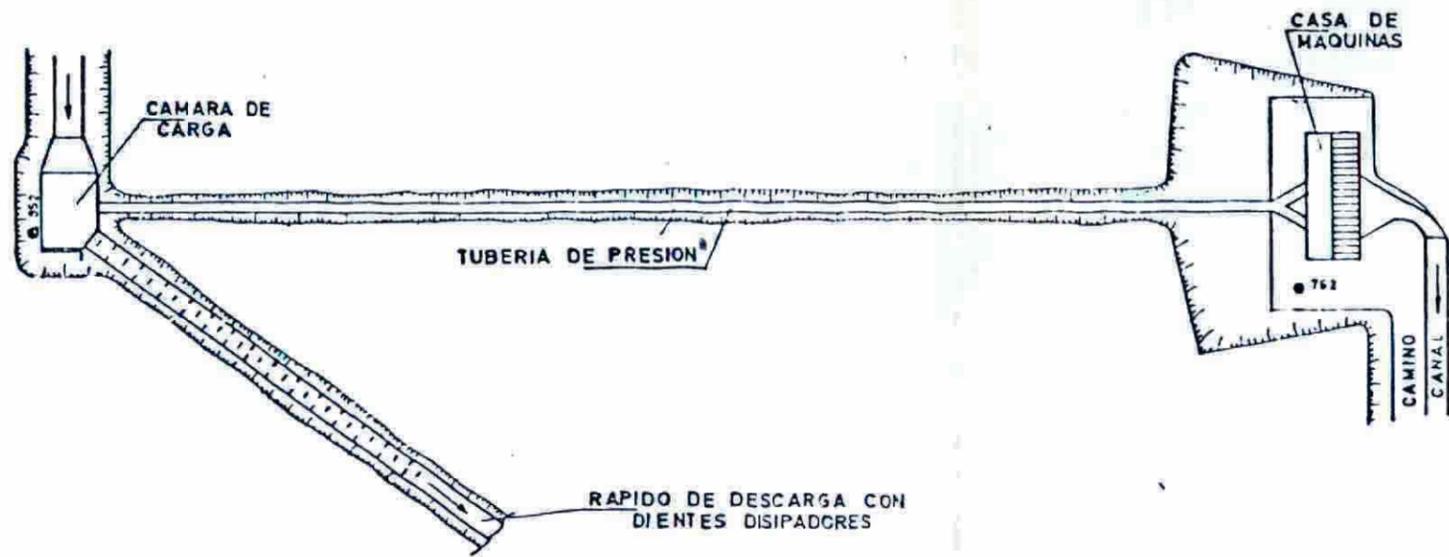
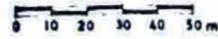
1.2. Central Chicureo

Esta central se ubicará a unos 10 km al norte de Santiago y aprovechará los caudales destinados al regadío de la zona denominada Santiago Norte (Colina Alto, Chacabuco, Polpaico y Chicauma), así como las aguas excedentes a la capacidad de la central Huechuraba (que se describe en el punto 1.3. de este capítulo), las aguas que se conducirán al proyecto Los Bronces, de la Compañía Minera La Disputada de Las Condes y las que deben restituirse al canal El Carmen y la diferencia de altura existente entre el canal de aducción (cota 950) y los terrenos de regadío (cota 713), aproximadamente.

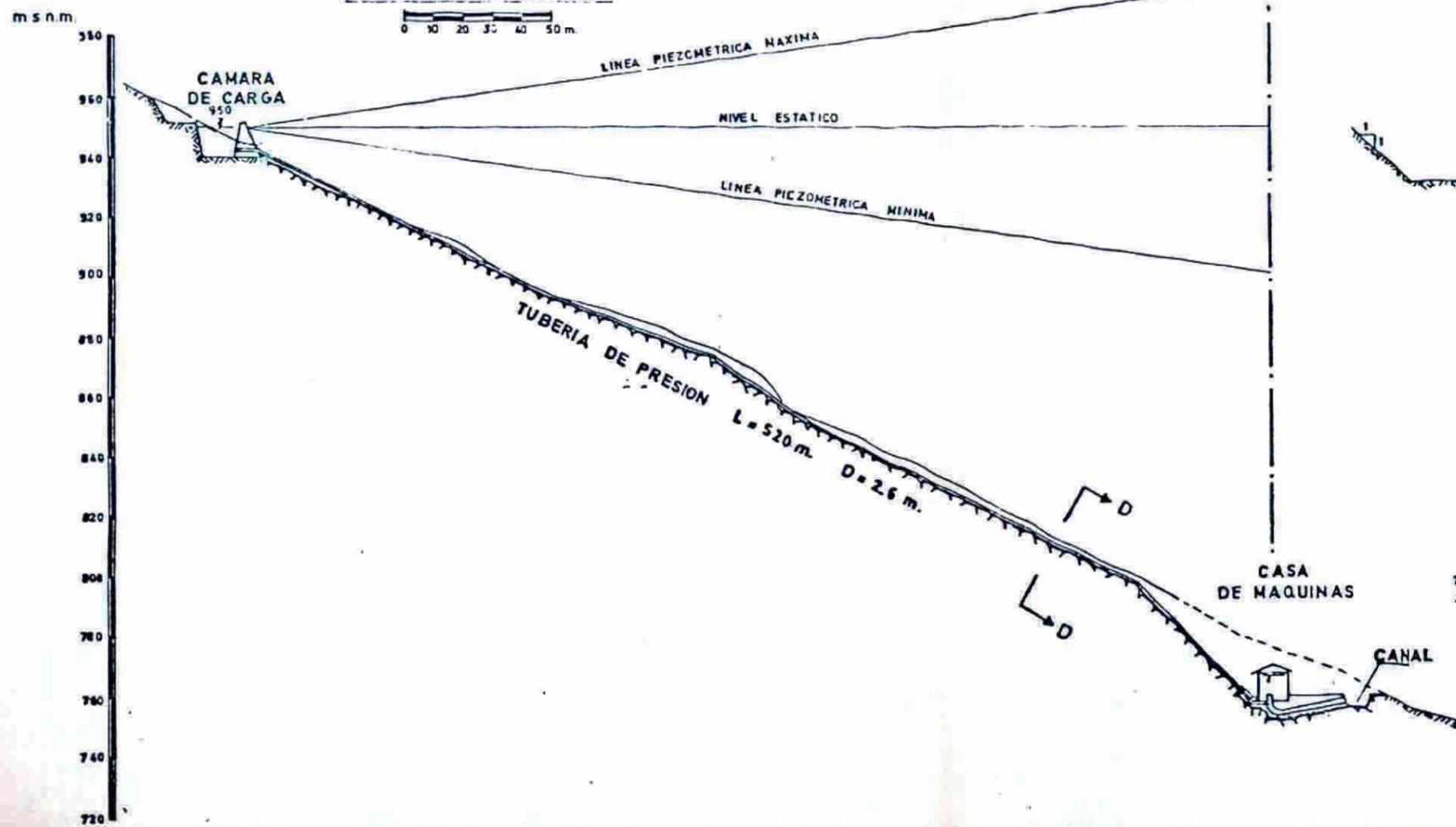
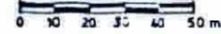
Las obras de la zona de caída, que se muestran en la figura N°5.2, estarán compuestas de una cámara de carga, una tubería de presión de 520 m de largo que se bifurcará poco antes de la casa de máquinas para alimentar a las dos unidades generadoras, y una casa de máquinas que tendrá en su interior dos grupos generadores síncronos accionados por turbinas Francis de eje vertical. Desde la descarga de la central, nacerá un canal que conducirá las aguas hasta la zona de regadío de Santiago Norte.

Con el fin de dar seguridad a las obras ante rechazos de carga, se ha consultado la construcción de un evacuador de caudales que nace en la cámara de carga y cuya entrega se hará al canal de evacuación de la central. En consideración a la altura de caída y el monto de los caudales por descargar, este evacuador se ha dotado con dientes disipadores de energía.

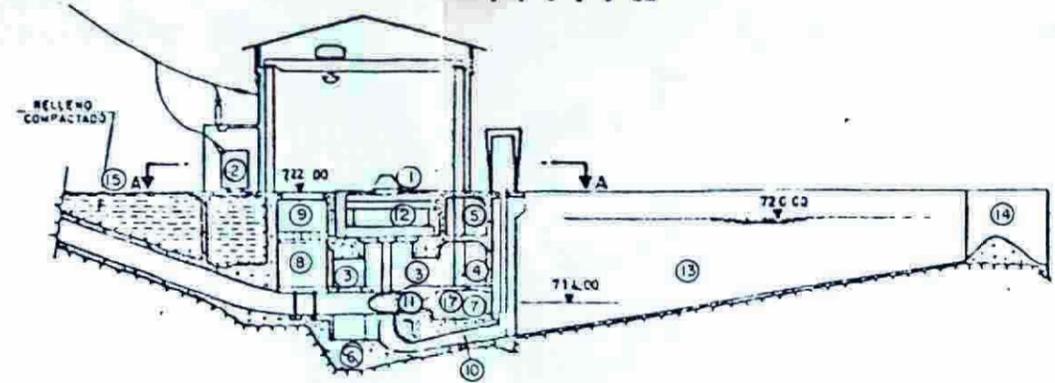
PLANTA ZONA DE CAIDA



PERFIL LONGITUDINAL

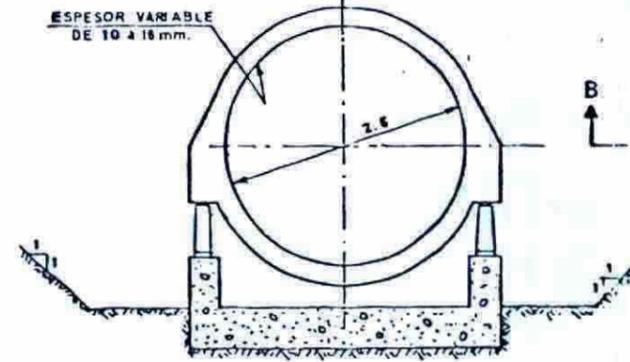


CORTE C-C
CASA DE MAQUINAS

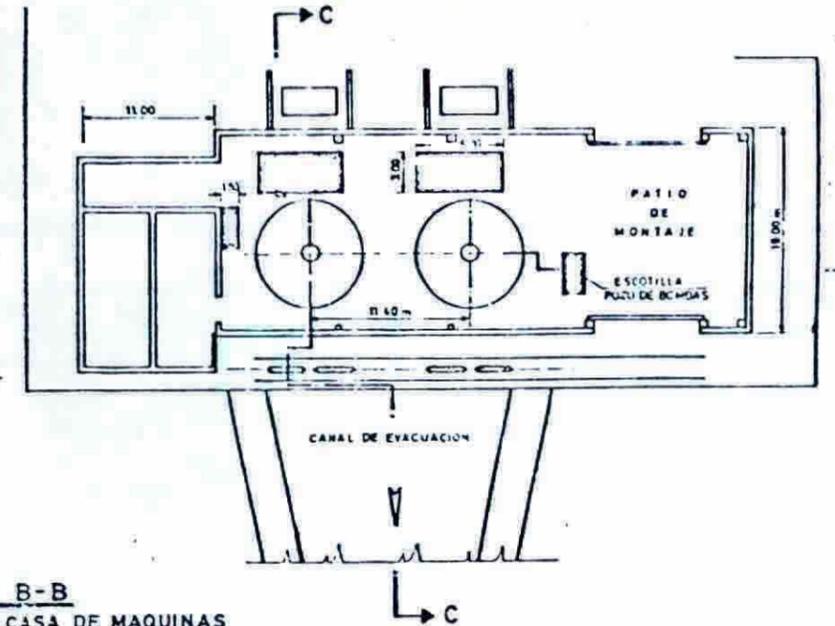


- ① PISO EXCITATRICES
- ② TRANSFORMADORES DE PODER
- ③ PISO DE TURBINAS
- ④ ZONA DE EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS
- ⑤ GALERIA DE CABLES
- ⑥ ENTRADA AL CARACOL
- ⑦ SALA DE MACHAS DE REFINERACION
- ⑧ GALERIA DE VALVULAS Y SALA DE COMPRESORES DE SERVICIO
- ⑨ ESCOTILLA EXTRACCION VALVULAS
- ⑩ DIFUSOR
- ⑪ CARACOL
- ⑫ GENERATORIA
- ⑬ CANAL DE EVACUACION
- ⑭ SECCION DE CONTROL
- ⑮ PLAYA DE ESTACIONAMIENTO
- ⑯ GALERIA DE RADIADO Y DRENAJE
- ⑰ SALA DE BOMBAS DE VACIADO

CORTE D-D
TUBERIA DE PRESION



CORTE A-A
PLANTA DE CASA DE MAQUINAS



CORTE B-B
CORTE LONGITUDINAL CASA DE MAQUINAS

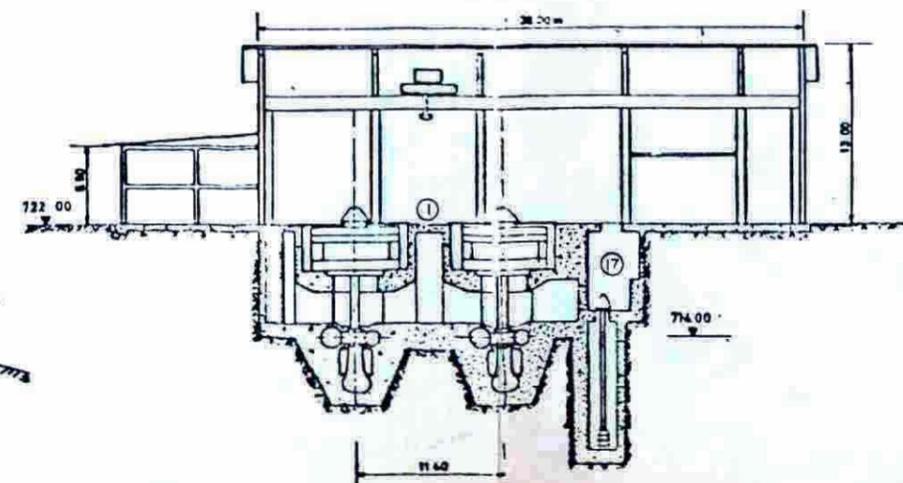


FIG. 5.2.

EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A.		
CENTRAL CHICUREO POTENCIA 60 MW		
DIBUJO	M. GONZALEZ M.	FECHA
PROY.		NOVREN 1960
CONTR.		N° ARCHIVO
APROB.		CONSTR.

Considerando que el presente estudio se encuentra en una fase de proyecto preliminar en la cual es necesario disponer de información económica dentro de un amplio rango de potencias, el diseño para las obras de la zona de caída de esta central se ha realizado para los cuatro caudales que se indican a continuación:

Caudal de diseño	m ³ /s	10	15	20	30
Diámetro de la tubería	m	1,7	2,0	2,2	2,6
Altura de caída neta	m	233	233	233	233
Potencia instalada	MW	20	30	40	60

1.3. Central Huechuraba

La central Huechuraba se ubicará en la ladera sur de los cerros de Conchalí, prácticamente en el límite norte de la ciudad de Santiago.

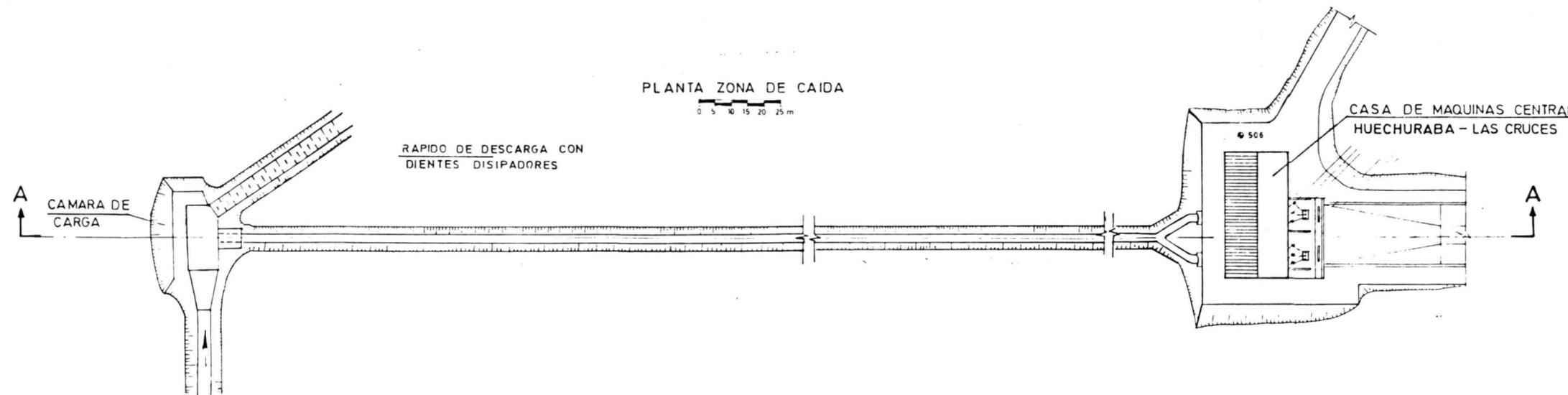
La central denominada Huechuraba-Las Cruces utilizará los caudales destinados al riego de María Pinto, Curacaví, Casablanca y al agua potable de Valparaíso, además de aquellos correspondientes al canal La Punta y los sobrantes del sistema, los que también serán conducidos por el canal Oriente. La descarga de esta central se hará al estero Las Cruces, por lo que la altura de caída neta de ella será de 434 m.

A fin de cubrir todo el rango de posibles soluciones de la central Huechuraba, se han adoptado tres caudales de diseño distintos para sus obras, con lo cual las posibles potencias instaladas serán:

Caudal de diseño	m ³ /s	12	25	35
Potencia instalada	MW	44	92	130

Las obras de la zona de caída son similares a las de las centrales descritas anteriormente, es decir, constan de una cámara de carga provista de un evacuador de caudales y una tubería de 1.560 m. La casa de máquinas alberga en su interior dos grupos generadores accionados por turbinas Francis de eje vertical.

En el plano de la figura N°5.3. puede verse la disposición general



PLANTA ZONA DE CAIDA

0 5 10 15 20 25 m

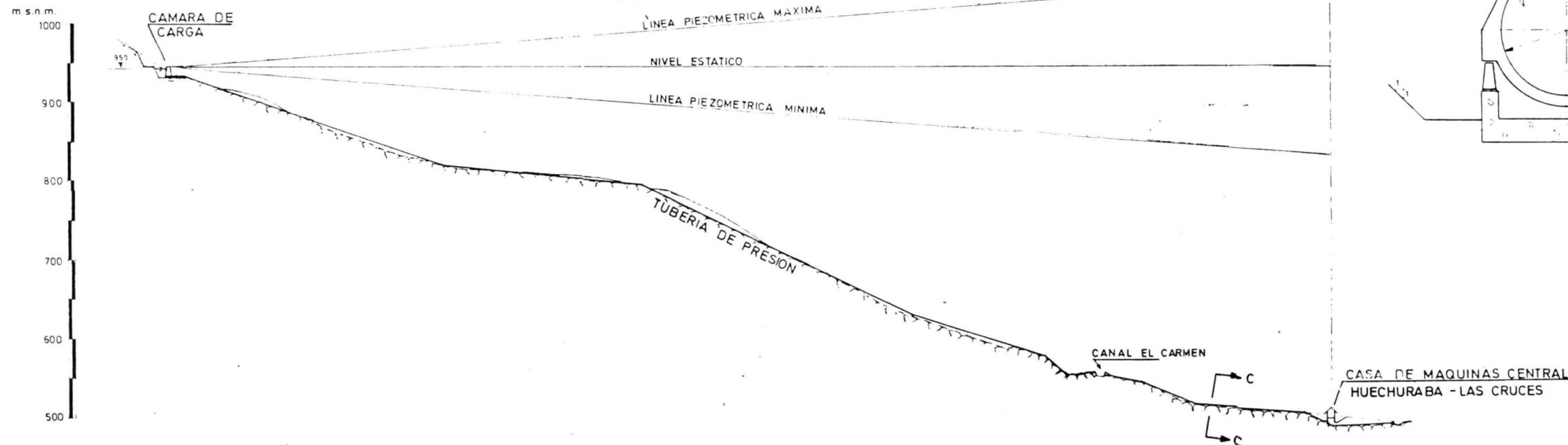
RAPIDO DE DESCARGA CON DIENTES DISIPADORES

CASA DE MAQUINAS CENTRAL HUECHURABA - LAS CRUCES

CAMARA DE CARGA

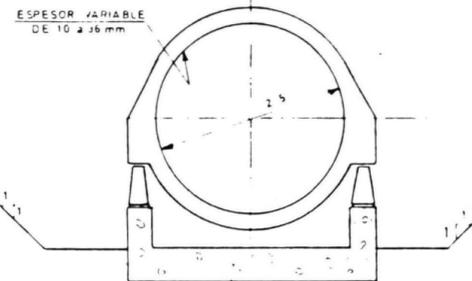
CORTE A-A
PERFIL LONGITUDINAL DE LA ZONA DE CAIDA

0 50 100 m



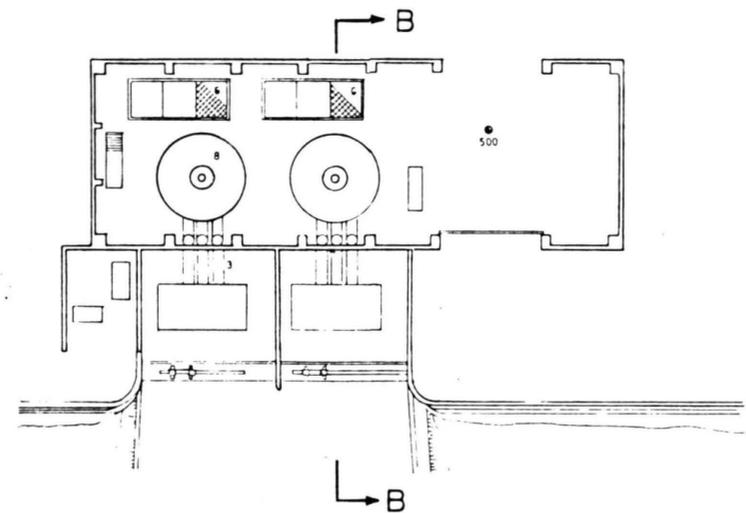
CORTE C-C
TUBERIA DE PRESION

0 0.5 1 1.5 2 m



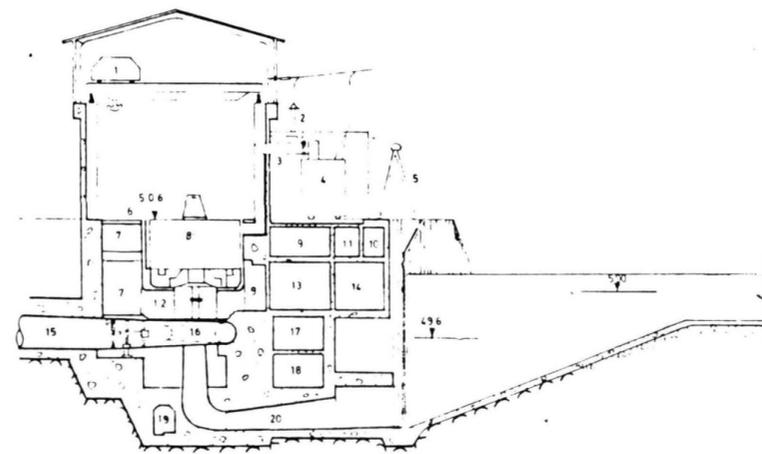
CENTRAL HUECHURABA - LAS CRUCES
PLANTA DE LA CASA DE MAQUINAS

0 2 4 6 8 10 m



CORTE B-B
CASA DE MAQUINAS Y CANAL DE DESCARGA

0 2 4 6 8 10 m



- 1 PUENTE GRUA DE 200 TON
- 2 PARARRAYOS
- 3 BARRAS CAPSULADAS
- 4 TRANSFORMADOR DE PODER
- 5 PUENTE GRUA PARA EXTRACCION COMP DIFUSOR
- 6 ESCOTILLA DE EXTRACCION DE RODETES
- 7 EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS
- 8 GENERADOR
- 9 GALERIA DE CABLES Y CONTROL
- 10 ESTANQUE DE AGUA
- 11 ESTAN. DE ACUMULACION ACEITES TRANSFOR.
- 12 ACCESO A FOSA TURBINAS
- 13 SALA DE EQUIPOS DE CLIMATIZACION Y VENTILACION
- 14 SALA REGULADOR DE VOLTAJE DEL GENERADOR
- 15 TRANSICION
- 16 CARACOL
- 17 SALA DE BOMBAS REFRIGERACION UNIDAD Y TRANSFOR.
- 18 FOSO AGUA REFRIGERACION
- 19 GALERIA DE REFRIGERACION
- 20 DIFUSORES

FIG.5.3

EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A.

CENTRAL HUECHURABA

DIBUJO	M. GONZALEZ M.	FECHA	NOV. 1980	Nº
PROY.				
CONTR.				Nº ARCHIVO
APROB.				CONSTR.

de las obras de la central Huechuraba-Las Cruces, para la alternativa de 130 MW de potencia instalada.

1.4. Central Pataguilla

Esta central se ubicará en el valle de Puangue, muy cerca de la variante del camino de Santiago a Valparaíso, que pasa por la cuesta de Barriga. Para los caudales que la abastecerán, se han considerado dos alternativas: la primera de ellas comprende todos los caudales generados en la central Huechuraba, utilizando, adicionalmente, una parte de ellos en el riego de María Pinto y Puangue Bajo; la segunda alternativa implica generar sólo aquella parte de los caudales generados en Huechuraba que no será utilizada en el riego de Curacaví-Casablanca y en el Agua Potable de Valparaíso. Ambas alternativas utilizan, además, las recuperaciones producidas por el riego de Santiago Norte. La altura de caída disponible para esta central es de 270 m y corresponde a la diferencia de cota existente entre el valle central y el valle del río Puangue.

Las obras de la zona de caída de esta central son en todo similares a las de las centrales anteriores y están formadas por una cámara de carga con su obra de rebalse, una tubería de unos 980 m de longitud y una casa de máquinas dotada de dos unidades generadoras accionadas por turbinas Francis de eje vertical. Desde el patio de alta tensión, ubicado al lado de la casa de máquinas, nacerá una línea de alta tensión, de 116 KV y 12 km de longitud, que permitirá entregar la energía producida en la subestación Lo Aguirre.

Al igual que en los casos anteriores, se ha diseñado y costeadó la central para las potencias instaladas que se indican a continuación:

Caudal de diseño	m ³ /s	10	20	30
Potencia instalada	MW	22	44	67

La disposición general de estas obras puede verse en la figura N°5.4.

2. Costos de las Centrales

Mediante cubicaciones y precios unitarios se ha calculado el costo de construcción de estas centrales, el cual se ha incrementado en un 15% por concepto de obras misceláneas, a fin de obtener el costo directo de ellas. Estas obras misceláneas corresponden a aquéllas que no es posible definir en esta etapa por tratarse de un estudio preliminar.

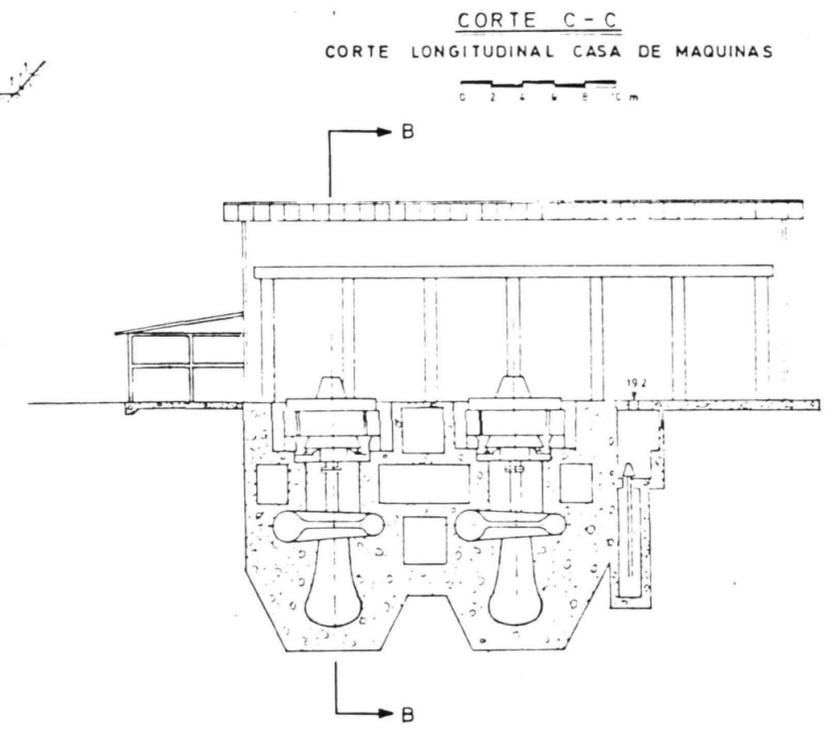
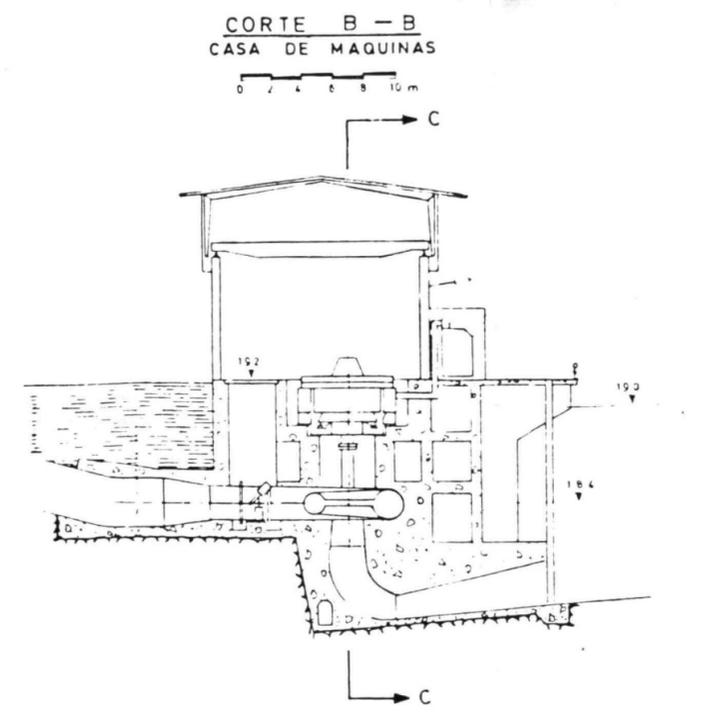
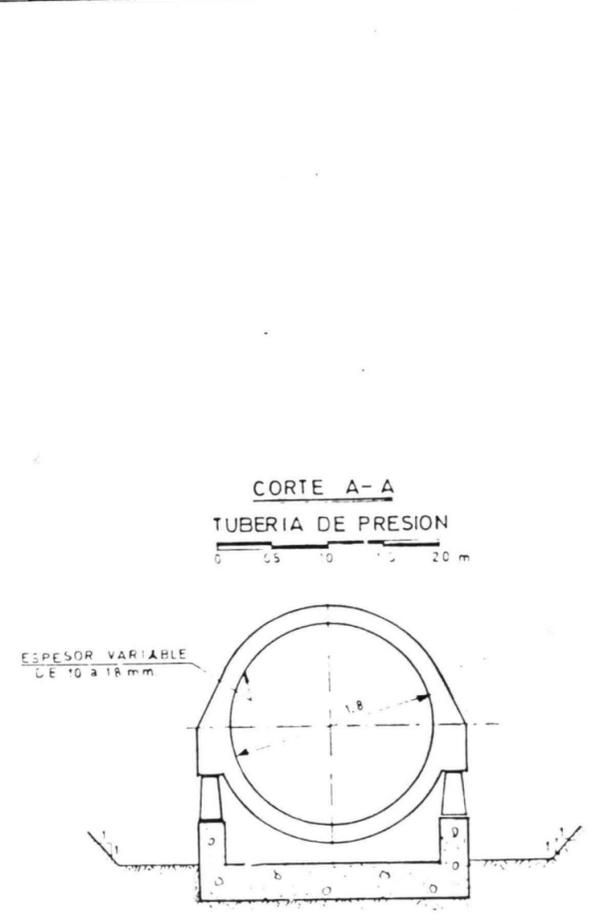
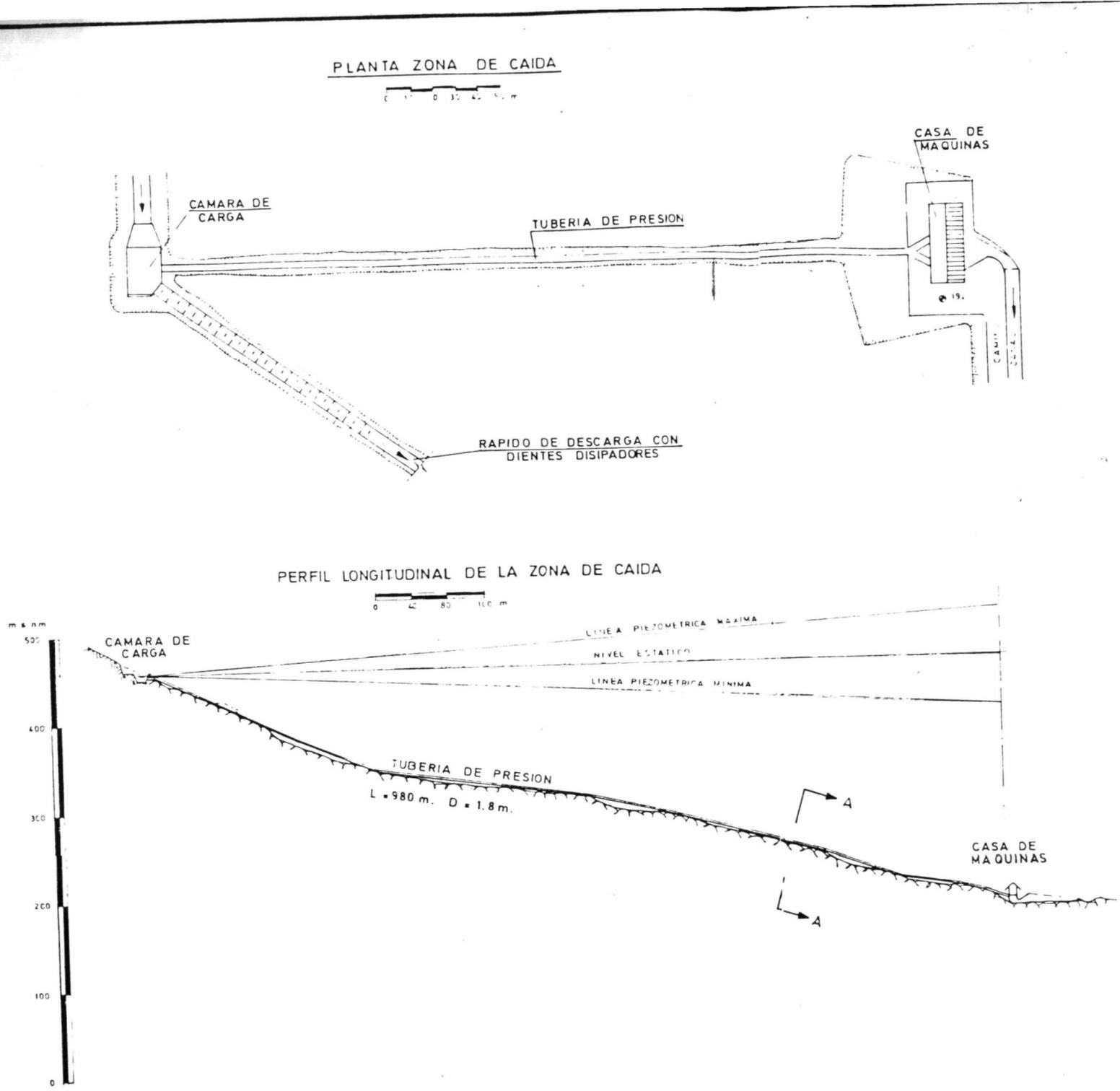


FIG. 5.4

EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S A			
CENTRAL PATAGUILLA			
POTENCIA		44 MW	
DIBUJO	M GONZALEZ M	FECHA	DICIEM 1980
PROY		N°	
CONTR		N° ARCHIVO	
APROB		CONSTR	

Para obtener el costo total de las centrales se han estimado imprevistos de un 20% para las obras civiles y de un 15% para los equipos de generación.

El plazo de construcción de las obras será de aproximadamente 3 años, incluyendo el estudio y diseño de las obras. El ritmo de la inversión sería el siguiente:

AÑO	INVERSION %	
	ANUAL	ACUMULADA
1 Estudio, diseño y construcción	36	36
2 Construcción	48	84
3 Construcción	16	100

El costo de las centrales se ha calculado actualizado al instante del inicio de proyecto definitivo. Estos valores se muestran en los cuadros N°s. 5.1., 5.2., 5.3. y 5.4.

El costo de operación y mantención de las centrales se muestra también en dichos cuadros, expresado en valores actualizados.

Los gráficos de la figura N°5.5. permiten obtener, para un determinado caudal de diseño de las centrales, la potencia instalada y el costo total actualizado.

CUADRO N°5.1.

PRESUPUESTO CENTRAL LA OBRA

COSTO DE MERCADO

Tasa de cambio : 1 US\$ = \$ 39

Valores en miles de dólares

	Potencia instalada (MW)		
	46	93	140
1. Terrenos y gastos legales	102	102	102
2. Obras civiles	4.775	6.214	8.485
3. Suministro de equipos y montaje	12.842	23.459	32.539
4. Imprevistos	2.894	4.781	6.604
5. Inspección de la construcción	294	377	515
6. Estudios e ingeniería	1.347	2.133	2.857
7. Derechos de Internación	902	1.639	2.365
8. COSTO DIRECTO	23.156	38.705	53.467
9. Gastos generales	810	1.355	1.871
10. Gastos financieros	5.389	8.990	12.403
COSTO TOTAL	29.355	49.050	67.741
11. Costo anual de la operación y mantención.	411	539	643
12. Costo de operación y mantención actualizado al año 0	2.588	3.373	4.023
13. Costo total de obras al año 0	24.780	41.407	57.186
14. Costo total actualizado al año 0	27.368	44.780	61.209

CUADRO N°5.2.
PRESUPUESTO CENTRAL CHICUREO
COSTO DE MERCADO

Tasa de cambio : 1US\$ = \$ 39

Valores en miles de dólares

	Potencia Instalada (MW)			
	20	30	40	60
1. Terrenos y gastos legales	102	102	102	102
2. Obras Civiles	2.802	3.227	3.803	4.523
3. Suministro de equipos y montaje	6.783	9.358	11.813	16.374
4. Imprevistos	1.588	2.061	2.545	3.375
5. Inspección de la construcción	168	193	229	273
6. Estudios e ingeniería	732	931	1.144	1.496
7. Derechos de internación	513	695	868	1.181
8. COSTO DIRECTO	12.688	16.568	20.504	27.324
9. Gastos generales	444	580	718	956
10. Gastos financieros	2.953	3.851	4.764	6.345
COSTO TOTAL	16.085	20.998	25.986	34.625
11. Costo anual de la operación y mantención	370	378	416	450
12. Costo de la operación y manten ción actualizado al año 0	2.315	2.365	2.603	2.816
13. Costo actualizado de obras al año 0	13.578	17.726	21.937	29.230
14. Costo total actualizado al año 0	15.893	20.091	24.540	32.046

CUADRO N°5.3.

PRESUPUESTO CENTRAL HUECHURABA

COSTO DE MERCADO

Nivel de precios : Enero 1980

Tasa de cambio : 1 US\$ = \$ 39

Valores en miles de dólares

	Potencia Instalada (HW)	
	92	130
1. Terrenos y gastos legales	102	102
2. Obras civiles	6.648	7.865
3. Suministro de equipos y montaje	24.556	32.580
4. Imprevistos	5.034	6.483
5. Inspección de la construcción	405	479
6. Estudios e ingeniería	2.268	2.902
7. Derechos de internación	1.587	2.079
8. COSTO DIRECTO	40.600	52.490
9. Gastos generales	1.421	1.837
10. Gastos financieros	9.434	12.192
COSTO TOTAL	51.455	66.519
11. Costo anual de la operación y man tención	540	631
12. Costo de la operación y mantención actualizado al año 0	3.379	3.948
13. Costo de las obras actualizado al año 0	43.438	56.154
14. Costo total actualizado al año 0	46.817	60.102

CUADRO N°5.4.

PRESUPUESTO CENTRAL PATAGUILLA

COSTO DE MERCADO

Nivel de precios : Enero 1980

Tasa de Cambio : 1 US\$ = \$ 39

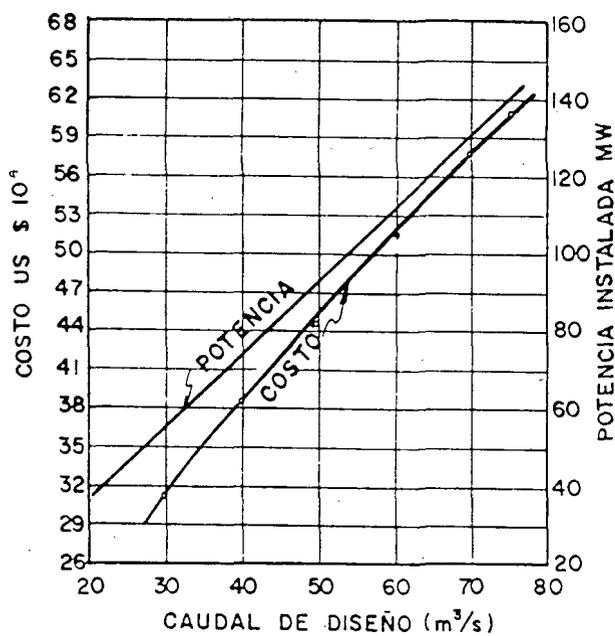
Valores en miles de dólares

	Potencia Instalada (MW)		
	22	44	67
1. Terrenos y gastos legales	102	102	102
2. Obras Civiles	3.173	4.633	5.900
3. Suministro de equipos y montaje	7.416	13.277	18.804
4. Imprevistos	1.757	2.932	4.018
5. Inspección de la construcción	193	282	359
6. Estudios e ingeniería	828	1.346	1.824
7. Derechos de internación	513	910	1.277
8. COSTO DIRECTO	13.982	23.482	32.284
9. Gastos generales	489	822	1.130
10. Gastos financieros	3.257	5.463	7.506
COSTO TOTAL	17.729	29.767	40.929
11. Costo anual de operación y mantenimiento	381	446	483
12. Costo de la operación y mantenimiento actualizado al año 0	2.384	2.791	3.022
13. Costo de las obras actualizado al año 0	14.966	25.129	34.551
14. Costo total actualizado al año 0	17.350	27.920	37.573

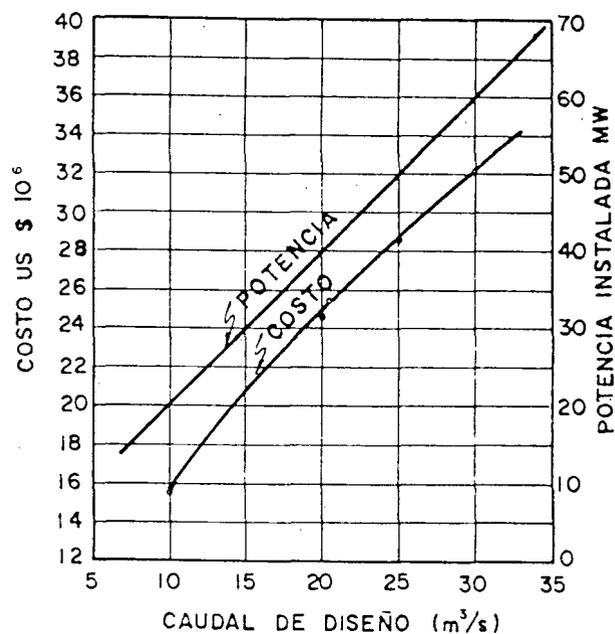
FIG. 5.5

POTENCIA Y COSTOS ACTUALIZADOS A 3 AÑOS
ANTES DEL INICIO DE LA OPERACION DE LAS
CENTRALES

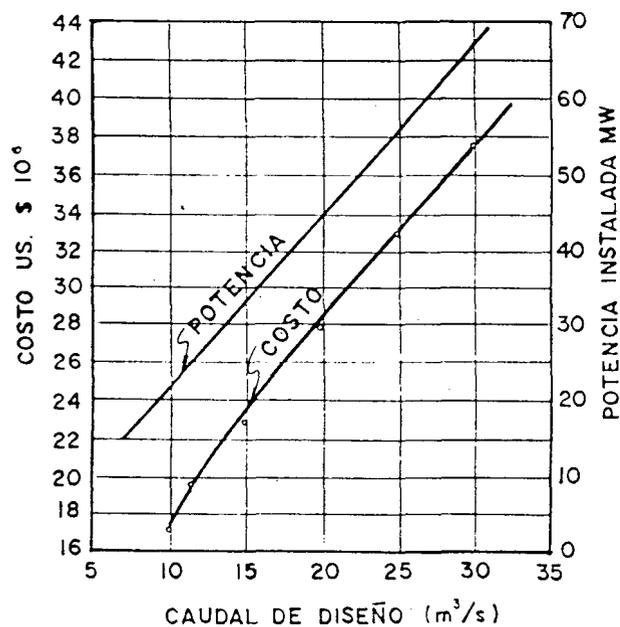
CENTRAL LA OBRA



CENTRAL CHICUREO



CENTRAL PATAGUILLA



De acuerdo a la información precedente, se han calculado los costos actualizados de las centrales para sus potencias de diseño, que son:

Central	Potencia (MW)	Costo (Millones US\$)
La Obra	74,2	38,43
Chicureo	41,6	25,33
Huechuraba	92,2	46,82
Patagüilla Grande	57,4	32,90
Patagüilla Chica	27,5	19,61

3. Caudales disponibles

3.1. Caudal de diseño de las centrales, sin incluir las recuperaciones de Santiago Norte en la Central Patagüilla.

a). Alternativa 1. (Hasta Patagüilla con 12% de compra de derechos de aprovechamiento de la 1a. Sección del Maipo).

Central	Q Medio (m ³ /s)	Q Máx. (m ³ /s)	H Neta (m)	Potencia Instalada
La obra	21,8	40	218	74,2
Chicureo	10,6	21	233	41,6
Huechuraba	17,0	25	434	92,2
Patagüilla	15,4	25	270	57,4

b). Alternativa 2. (Hasta Peñuelas con 12% de compra de derechos de aprovechamiento de la 1a. Sección del Maipo).

Central	Q Medio (m ³ /s)	Q Máx. (m ³ /s)	H Neta (m)	Potencia Instalada
La Obra	21,8	40	218	74,2
Chicureo	10,6	21	233	41,6
Huechuraba	17,0	25	434	92,2
Patagüilla	6,11	12	270	27,5

En el cuadro N°5.5. aparecen los caudales medios disponibles para generación, sin incluir las recuperaciones.

CUADRO N° 5.5.

CAUDALES MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES SIN INCLUIR
RECUPERACIONES DE SANTIAGO NORTE

(m3/seg)

ALTERNATIVA 1 (HASTA PATAGÜILLA)

	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Patagüilla Grande
Mayo	9.84	3.55	14.74	14.44
Junio	8.89	4.14	16.21	15.96
Julio	6.50	4.39	16.85	16.60
Agosto	6.10	4.50	17.85	17.65
Septiem.	14.63	9.33	13.50	11.10
Octubre	25.47	15.16	14.91	11.70
Noviem.	36.78	17.19	20.86	18.66
Diciem.	39.20	17.97	21.52	20.38
Enero	37.96	18.39	19.40	17.88
Febrero	34.47	17.45	16.89	14.13
Marzo	25.14	10.22	17.14	14.13
Abril	16.79	5.67	14.07	11.62
Promedio	21.81	10.66	17.00	15.35

ALTERNATIVA 2 (HASTA PEÑUELAS)

	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Patagüilla Chica
Mayo	9.84	3.55	14.74	5.99
Junio	8.89	4.14	16.21	6.68
Julio	6.50	4.39	16.85	7.81
Agosto	6.10	4.50	17.85	8.02
Septiem.	14.63	9.33	13.50	4.62
Octubre	25.47	15.16	14.91	3.70
Noviem.	36.78	17.19	20.86	7.55
Diciembre	39.20	17.97	21.52	8.91
Enero	37.96	18.39	19.40	7.91
Febrero	34.47	17.45	16.89	4.79
Marzo	25.14	10.22	17.14	4.51
Abril	16.79	5.67	14.07	2.81
Promedio	21.81	10.66	17.00	6.11

3.2. Caudal de diseño de las centrales, incluyendo las recuperaciones de Santiago Norte en la Central Pataguilla.

Para calcular los caudales medios de generación, incorporando el efecto de las recuperaciones estimadas a partir del riego de Santiago - Norte, se procedió de la siguiente forma:

- a). Se descontaron de los caudales generados en Chicureo, los correspondientes al proyecto Los Bronces, ya que este uso es total y bio-degradante;
 - b). Las recuperaciones se estimaron en un 30% de los caudales calculados en el punto anterior.
 - c). Para calcular los nuevos caudales susceptibles de ser generados en la central Pataguilla, se sumaron los caudales demandados por las alternativas 1 ó 2 sin recuperaciones (son idénticas), con aquellas recuperaciones que podían acceder al canal, dada la capacidad disponible de éste.
4. El cálculo del caudal final (en los meses en que existen recuperaciones), que se genera en Pataguilla en la alternativa 1, se acompaña en el cuadro N°1.3.7., del Anexo N°1.3.
 5. El cálculo del caudal final para la alternativa 2 se obtiene de agregar al Q de generación de Pataguilla Chica, los incrementos medios de caudales que se determinaron en el cuadro mencionado en punto anterior, ya que las recuperaciones generables son iguales en ambos casos.

a). Alternativa 1 (Hasta Pataguilla)

Central	Q Medio (m ³ /s)	Q Máx. (m ³ /s)	H Neta (m)	Potencia Inst. (MW)
La Obra	21.8	40	218	74,2
Chicureo	10.6	21	233	41.6
Huechuraba	17.0	25	434	92.2
Pataguilla	17.1	25	270	57.4

b). Alternativa 2 (Hasta Peñuelas)

Central	Q Medio (m ³ /s)	Q Máx. (m ³ /s)	H Neta (m)	Potencia Inst. (MW)
La Obra	21.8	40	218	74.2
Chicureo	10.6	21	233	41.6
Huechuraba	17.0	25	434	92.2
Pataguilla	7.8	12	270	27.5

En el cuadro N°5.6., aparecen los caudales medios disponibles para generación, incluyendo aquellos que corresponden a las recuperaciones de Santiago Norte.

CUADRO N°5.6.

CAUDALES MEDIOS MENSUALES DISPONIBLES CONSIDERANDO
RECUPERACIONES DE SANTIAGO NORTE
(m3/seg)

ALTERNATIVA 1 HASTA PATAGÜILLA

	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Patagüilla
Mayo	9.84	3.55	14.74	14.44
Junio	8.89	4.14	16.21	15.96
Julio	6.50	4.39	16.85	16.60
Agosto	6.10	4.50	17.85	17.65
Septiem.	14.63	9.33	13.50	13.43
Octubre	25.47	15.16	14.91	15.69
Noviem.	36.78	17.19	20.86	21.28
Diciem.	39.20	17.97	21.56	22.13
Enero	37.96	18.39	19.40	20.44
Febrero	34.47	17.45	16.86	17.88
Marzo	25.14	10.22	17.14	16.52
Abril	16.79	5.67	14.07	12.98
Promedio	21.81	10.66	17.00	17.08

ALTERNATIVA 2 HASTA PEÑUELAS

	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Patagüilla
Mayo	9.84	3.55	14.74	5.98
Junio	8.89	4.14	16.21	6.68
Julio	6.50	4.39	16.85	7.81
Agosto	6.10	4.50	17.85	8.02
Septiem.	14.63	9.33	13.50	6.95
Octubre	25.47	15.16	14.91	7.69
Noviem.	36.78	17.19	20.86	10.17
Diciem.	39.20	17.97	21.56	10.66
Enero	37.96	18.39	19.40	10.47
Febrero	34.47	17.45	16.86	8.54
Marzo	25.14	10.22	17.14	6.90
Abril	16.79	5.67	14.07	4.17
Promedio	21.81	10.66	17.00	7.84

Respecto de los caudales garantizados (caudal de invierno con seguridad 95%) hay que señalar que son iguales a cero para las centrales La Obra y Pataguilla, de 1.0 m³/seg para la central Chicureo y de 3.5 m³/seg para la central Huechuraba, aún cuando ambos caudales podrían concentrarse en una sola central (Chicureo por ejemplo), o almacenarse en un estanque compensador que permita mandar, en las horas que poseen premio por potencia, el caudal acumulado del día, se ha despreciado este valor, dado que los canales se limpian en invierno.

En consecuencia, en esta etapa preliminar, se ha supuesto que ninguna central tiene potencia 95% segura.

4.

Energía Generable

En base a los caudales medios mensuales, se ha calculado la generación media mensual de las centrales, que es la que se muestra en el cuadro N°5.7.

CUADRO N°5.7.

GENERACION MEDIA MENSUAL

(EN GWH)

Meses	Patagüilla						
	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Sin Recup.		Con Recup.	
				Alt.1	Alt.2	Alt.1	Alt.2
Mayo	13.57	5.23	40.46	24.66	10.23	24.66	10.23
Junio	11.86	5.90	43.06	26.37	11.04	26.37	11.04
Julio	8.96	6.47	46.25	28.34	13.39	28.34	13.39
Agosto	8.41	6.63	48.99	30.14	13.69	30.14	13.69
Septiem.	19.52	13.30	35.86	18.34	7.63	22.19	11.48
Octubre	35.11	22.34	40.92	19.98	6.32	26.79	13.13
Noviem.	49.07	24.51	55.41	30.83	12.48	35.16	16.80
Diciem.	54.04	26.48	59.06	34.80	15.21	37.69	18.20
Enero	52.33	27.10	53.25	30.53	13.51	34.90	17.88
Febrero	42.92	23.22	41.87	21.79	7.39	27.58	13.17
Marzo	34.66	15.06	47.04	24.13	7.70	28.21	11.78
Abril	22.40	8.09	37.37	19.20	4.64	21.45	6.89
Total	352.85	184.33	549.54	309.11	123.18	343.48	157.68

Dado que estas centrales dependen de obras destinadas principalmente al riego, debe considerarse pérdidas de generación por los días en que se realizan las faenas de mantención y limpieza de ellas, se ha considerado, para estos efectos, que no habrá generación durante 20 días del mes de Julio (64,52% de la generación de dicho mes). Debido a esto, la generación anual de las centrales será la siguiente:

GWH	Patagüilla						
	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Sin Recup.		Con Recup.	
				Alt.1	Alt.2	Alt.1	Alt.2
	347.07	180.16	519.70	290.83	114.57	325.20	149.07

De la generación calculada, ENDESA propone deducir, adicionalmente, un 10% por concepto del efecto de la variación diaria y horaria de los caudales del río Maipo, que puede incidir en un menor caudal captado. De esta forma, la generación anual sería la siguiente:

			Patagüilla				
			Sin Recup.		Con Recup.		
	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Alt.1	Alt.2	Alt.1	Alt.2
GWH	312.36	162.15	467.73	261.75	103.11	292.68	134.16

De los antecedentes generales de hidrología, no era posible sacar una conclusión taxativa con respecto a esta deducción de 10%, aún cuando se estimó que era bastante conservadora. Se realizó una revisión muestral, tomando los valores correspondientes a 120 días de la estadística, en meses y años de características hidrológicas diversas y se llegó a la conclusión que los caudales no captados debido a la influencia de las variaciones diarias de caudal, no excedían del 1% de los caudales medios.

Además, del estudio de los limnigramas existentes, se pudo deducir la poco significativa variación horaria de los caudales del Maipo, la cual es posible que quede corregida por el efecto regulador de la bocatoma proyectada (que, dadas sus características topográficas, puede embalsar hasta un total de $1,0 \times 10^6$ m³).

Por lo anterior, se calculó la generación anual de las centrales, - considerando una pérdida de generación de sólo el 1%; la generación anual sería, entonces la siguiente:

			Patagüilla				
			Sin Recup.		Con Recup.		
	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Alt.1	Alt.2	Alt.1	Alt.2
GWH	343.60	178.36	514.50	287.92	113.42	321.95	147.58

5. Ingresos Totales

Los beneficios derivados de la venta de la energía han sido valorados de acuerdo a las últimas tarifas publicadas en el Diario Oficial y a las prospecciones de la Comisión Nacional de Energía. Estas últimas recomiendan disminuir los precios unitarios antes indicados en un 5% en aquellas centrales que, como en el presente caso, no poseen capacidad de regular frecuencias ni potencias de reserva. También recomiendan considerar un escalamiento del 2% anual en el

precio de la energía entre los años 1985 y 1994, ambos incluidos.
A partir de este último año, los precios se mantendrán constantes.

Los precios unitarios publicados en el Diario Oficial del 25 de Octubre pasado son los siguientes, para la zona de Santiago :

Por unidad de demanda
máxima mensual \$ 169,26 por KW = 4.34 US\$/KW

Por unidad de consumo \$ 1,333 por KW = 0.034 US\$/KWH

Considerando la rebaja del 5%, los valores se reducen a los que se indican:

Por unidad de demanda
máxima mensual 4.12 US\$/KW mensual

Por unidad de consumo 0.0325 US\$/KWH

Para los fines de la evaluación del proyecto, se ha supuesto como fecha de puesta en servicio de esta obra la de Enero de 1985. Si se considera el escalamiento antes señalado, un período de análisis económico de 30 años y una tasa de interés del 10%, el valor total actualizado sería el siguiente:

Energía 0.247 US\$/KWH

De acuerdo a este precio, equivalente a US\$ 247.000/GWH y a la generación anual de las centrales, resultan los siguientes ingresos totales actualizados:

5.1. Considerando 10% de pérdidas de generación:

	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Patagüilla			
				Sin Recup.		Con Recup.	
				Alt.1	Alt.2	Alt.1	Alt.2
Valor (US\$ $\times 10^6$)	77.15	40.05	115.53	64.65	25.46	72.29	33.14

5.2. Considerando 1% de pérdidas de generación:

	Patagüilla						
				Sin Recup.		Con Recup.	
	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Alt.1	Alt.2	Alt.1	Alt.2
Valor (US\$ $\times 10^6$)	84.87	44.05	127.08	71.11	28.01	79.52	36.45

6. Valor Presente Neto de las Centrales

Con la información de los puntos (2) y (5) de este capítulo, se han calculado los valores actuales de los beneficios, que son los que se indican a continuación:

6.1. Considerando 10% de pérdidas de generación:

	Patagüilla						
				Sin Recup.		Con Recup.	
	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Alt.1	Alt.2	Alt.1	Alt.2
Valores(US\$ $\times 10^6$)							
Ingresos Actual.	77.15	40.05	115.53	64.65	25.46	72.29	33.14
Costos Actualiz.	38.43	25.33	46.82	32.90	19.61	32.90	19.61
Beneficio Neto	38.72	14.72	68.71	31.75	5.85	39.39	13.53

6.2. Considerando 1% de pérdidas de generación:

	Patagüilla						
				Sin Recup.		Con Recup.	
	La Obra	Chicureo	Huechuraba	Alt.1	Alt.2	Alt.1	Alt.2
Valores(US\$ $\times 10^6$)							
Ingresos Actual.	84.47	44.05	127.08	71.11	28.01	79.52	36.45
Costos Actualiz.	38.43	25.33	46.82	32.90	19.61	32.90	19.61
Beneficio Neto	46.04	18.72	80.26	38.21	8.40	46.62	16.84
Beneficio Neto de todas las centrales.				183.23	153.42	191.64	161.86

CAPITULO VI

EVALUACION ECONOMICA

1.- Generalidades

La evaluación económica se realizará, a precios privados, considerando un período de 30 años y una tasa de descuento del 10%, - utilizando la información contenida en los capítulos anteriores sobre beneficios agrícolas, costos de obras de conducción del agua y de beneficios de agua potable. En el caso del aprovechamiento hidroeléctrico, se han considerado sólo aquellas alternativas que: a) utilizan las recuperaciones del riego de Santiago Norte y b) consideran pérdidas de generación del 1%.

En el cálculo de los beneficios agrícolas, se supone constante - el precio actual de la tierra, por no conocerse la tasa de capitalización de ella, durante los 3 años de construcción del proyecto. Resulta entonces, de acuerdo a la información del capítulo II, el siguiente valor actual de los beneficios agrícolas.

CUADRO N° 6.1.

Valor Actual de los beneficios Agrícolas
(Miles de US\$)

<u>Sectores</u>	<u>Valor Total</u> (Miles US\$)	<u>Valor Actual</u> (Miles US\$)
1.- <u>Santiago Norte</u>	<u>71.108</u>	<u>53.425</u>
Colina Alto	27.693	20.806
Chacabuco-Polpaico	35.549	26.708
Chicauma	7.866	5.911
2.- <u>María Pinto</u>	<u>9.172</u>	<u>6.891</u>
3.- <u>Curacaví-Casablanca</u>	<u>45.989</u>	<u>34.552</u>
Casablanca	32.270	24.245
Curacaví	4.061	3.051
Puangue-Curacaví	2.686	2.018
Ibacache	6.972	5.238
TOTAL	<u>126.269</u>	<u>94.868</u>

Dado que el proyecto considera el transporte de 1 m³/seg destinado a la planta concentradora Los Bronces de la Compañía Minera La Disputada de Las Condes, se ha asignado como beneficio de este subproyecto específico, el ingreso neto alternativo de utilizar dicho caudal en el sector de Chacabuco-Polpaico (Santiago-Norte), estimando que el número de hectáreas de nuevo riego susceptible de ser incorporado con un 1 m³/seg. es de 2.555 hás. netas (en base a una tasa de riego de 12.345 m³/há./año), o sea, una superficie predial de 3.014 hás.. El ingreso total correspondiente a esta superficie, considerando un valor de US\$ 3.180/hás. de diferencial de avalúo, asciende a US\$ 9.584,5 miles, que, actualizados a una tasa del 10%, corresponden a un ingreso actual de US\$ 7.201 miles.

La evaluación se ha dividido en 4 aspectos fundamentales: (a) Selección de la alternativa más favorable, mediante el cálculo del VAN; (b) Cálculo del monto máximo posible de pagarse por el agua, manteniendo una TIR del 15%; (c) Externalidades, y (d) Comentarios y análisis de resultados.

2.- Selección de la alternativa más rentable

Las características principales de este proyecto son el resultado del análisis de un gran número de alternativas de aprovechamiento hidrológico; se ha llegado, finalmente, a la conclusión de que es necesario elegir entre dos alternativas principales, que se diferencian básicamente en que una de ellas mejora el abastecimiento del Agua Potable de Valparaíso y Viña del Mar y aumenta la superficie de riego en Curacaví-Casablanca, mientras que la otra no produce estos beneficios, sino que aumentará la generación anual en la central Patagüilla.

Para estos efectos se evaluó separadamente cada uno de los subproyectos (riego, agua potable, minería e hidroelectricidad), para lo cual, en primer lugar, fue necesario asignar entre ellos los costos del sistema principal de conducción, en base a los volúmenes de agua utilizados en cada sub-proyecto, según cada alternativa principal.

La distribución de la utilización del agua proveniente en forma directa de los ríos Maipo y Mapocho, se muestra en los Cuadros 6.2. y 6.3., mientras que la distribución de los costos aparece en los Cuadros 6.4. y 6.5.. Para la actualización de los costos, se utilizó el calendario de inversiones en obras de conducción que se entrega en los Cuadros 6.6. y 6.7.; la actualización misma aparece en los Cuadros 6.8. y 6.9.

CUADRO N° 6.2.

Alternativa 1: Demandas de agua según obra 1/

	<u>Mm3</u>	<u>%</u>
1.- <u>Canal Tronco</u>	<u>1.475,88</u>	<u>100,00</u>
1.1. Central La Obra	687,48	46,58
1.2. Resto	788,40	53,42
2.- <u>Canal Oriente</u>	<u>870,39</u>	<u>100,00</u>
2.1. Canal Norte	334,28	38,41
2.2. Canal Poniente	536,11	61,59
3.- <u>Canal Norte I</u>	<u>561,34</u>	<u>100,00</u>
3.1. Central Chicureo	34,28	59,55
3.2. Riego Santiago Norte	95,52	34,83
3.3. Exxon	31,54	5,62
4.- <u>Canal Norte II</u>	<u>147,62</u>	<u>100,00</u>
4.1. Riego Santiago Norte	116,08	78,63
4.2. Exxon	31,54	21,37
5.- <u>Restitución El Carmen</u>	<u>63,07</u>	<u>100,00</u>
6.- <u>Canal Norte III</u>	<u>116,08</u>	<u>100,00</u>
6.1. Riego Santiago Norte	116,08	100,00
7.- <u>Canal Poniente I</u>	<u>1.061,56</u>	<u>100,00</u>
7.1. Central Huechuraba	536,11	50,50
7.2. Central Patagüilla	485,65	45,75
7.3. Riego María Pinto	39,80	3,75
8.- <u>Canal Poniente II</u>	<u>525,45</u>	<u>100,00</u>
8.1. Central Patagüilla	485,65	92,43
8.2. Riego María Pinto	39,80	7,57

1/ Hasta Central Patagüilla.

CUADRO N° 6.3.

Alternativa 2: Demandas de agua según obra 1/

	<u>Mm3</u>	<u>%</u>
1.- <u>Canal Tronco</u>	<u>1.475,88</u>	<u>100,00</u>
1.1. Central La Obra	687,48	46,58
1.2. Resto	788,40	53,42
2.- <u>Canal Oriente</u>	<u>870,39</u>	<u>100,00</u>
2.1. Canal Norte	334,28	38,41
2.2. Canal Poniente	536,11	61,59
3.- <u>Canal Norte I (1)</u>	<u>561,34</u>	<u>100,00</u>
3.1. Central Chicureo	334,28	59,55
3.2. Riego Santiago Norte	195,52	34,83
3.3. Exxon	31,54	5,62
4.- <u>Restitución Canal El Carmen</u>	<u>63,07</u>	<u>100,00</u>
5.- <u>Canal Norte II (2)</u>	<u>147,62</u>	<u>100,00</u>
5.1. Riego Santiago Norte <u>a/</u>	116,08	78,63
5.2. Exxon	31,54	21,37
6.- <u>Canal Norte III (3)</u>	<u>116,08</u>	<u>100,00</u>
6.1. Riego Santiago Norte	116,08	100,00
7.- <u>Canal Poniente I (4)</u>	<u>1.026,22</u>	<u>100,00</u>
7.1. Central Huechuraba	536,11	52,24
7.2. Central Patagüilla Chica	192,69	18,78
7.3. Riego María Pinto	39,80	3,88
7.4. Riego Curacaví	172,87	16,84
7.5. A.P. Valparaíso	84,75	8,26

1/ Hasta Lago Peñuelas.

(1) Tramo desde Descarga Huechuraba a Estero Colina

(2) Tramo desde Estero Colina a Peldehue

(3) Tramo desde Peldehue a Chacabuco

(4) Tramo desde Túnel La Dehesa a Estero Colina

a/ Distribución de acuerdo a las superficies de riego de Chacabuco -Polpaico

	<u>Mm3</u>	<u>%</u>
8.- <u>Canal Poniente II</u> (5)	<u>490,11</u>	<u>100,00</u>
8.1. Central Patagüilla	192,69	39,32
8.2. Riego María Pinto	39,80	8,12
8.3. Riego Curacaví etc.	172,87	35,27
8.4. A.P. Valparaíso	84,75	17,29
9.- <u>Canal Poniente III</u> (6)	<u>257,62</u>	<u>100,00</u>
9.1. Curacaví	172,87	67,10
9.2. Ibacache		
9.3. Casablanca		
9.4. A.P. Valparaíso	84,75	32,90
10.- <u>Canal Poniente IV</u> (7)	<u>229,94</u>	<u>100,00</u>
10.1. Ibacache	145,19	63,14
10.2. Casablanca		
10.3. A.P. Valparaíso	84,75	36,86
11.- <u>Canal Poniente V</u> (8)	<u>204,15</u>	<u>100,00</u>
11.1. Casablanca	119,40	58,49
11.2. A.P. Valparaíso	84,75	41,51
12.- <u>Canal Poniente VI</u> (9)	<u>84,75</u>	<u>100,00</u>
12.1. A.P. Valparaíso	84,75	100,00

-
- (5) Tramo desde Estero Colina a Central Patagüilla
(6) Tramo desde Central Patagüilla a entrada sifón Puangue
(7) Tramo desde Sifón Puangue hasta entrada túnel Zapata
(8) Tramo desde Túnel Zapata hasta Tranque Ovalle
(9) Tramo desde Tranque Ovalle a Peñuelas

CUADRO N° 6.4.

Alternativa 1: Distribución de costos de obras de conducción. (Miles de US\$)

<u>P R O Y E C T O S</u>	<u>Canal Tronco</u>	<u>Canal Oriente</u>	<u>Canal Norte I</u>	<u>Restituc El Carmen</u>	<u>Canal Norte II</u>	<u>Canal Norte III</u>	<u>Canal Pon. I</u>	<u>Canal Pon. II</u>	<u>Restituc Puangue</u>	<u>Total</u>
<u>I.- Hidroeléctricos</u>										
La Obra	23.923	-	-	-	-	-	-	-	-	23.923
Chicureo	6.275	11.322	7.410	1.945	-	-	-	-	-	26.952
Huechuraba	8.533	15.397	-	-	-	-	3.724	-	-	27.654
Patagüilla	7.731	13,949	-	-	-	-	3.374	23.730	3.077	51.861
<u>II.- Riego</u>										
Santiago Norte	3.670	6.623	4.334	-	2.264	4.593	-	-	-	21.484
María Pinto	633	1.144	-	-	-	-	276	1.944	537	4.534
<u>III.- Exxon</u>	593	1.069	699	-	615	-	-	-	-	2.976
<u>TOTAL</u>	<u>51.358</u>	<u>49.504</u>	<u>12.443</u>	<u>1.945</u>	<u>2.879</u>	<u>4.593</u>	<u>7.374</u>	<u>25.674</u>	<u>3.614</u>	<u>159.384</u>

CUADRO N° 6.5.

Alternativa 2 : Distribución de Obras de Conducción. (Miles de US\$)

PROYECTOS	Canal Tronco	Canal Oriente	Canal Norte I	Resti- tuc. El Carmen	Canal Norte II	Canal Norte III	Canal Pon. I	Canal Pon. II	Resti- tuc. Puangue	Canal Pon. III	Canal Pon. IV	Canal Pon. V	Canal Pon. VI	Total
I.- <u>Hidroeléctricos</u>														
La Obra	23.923	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.923
Chicureo	6.275	11.322	7.410	1.945	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.952
Huechuraba	8.827	15.928	-	-	-	-	3.852	-	-	-	-	-	-	28.607
Patagüilla	3.173	5.726	-	-	-	-	1.385	10.095	1.538	-	-	-	-	21.917
II.- <u>Riego</u>														
Santiago Norte	3.670	6.623	4.334	-	2.264	4.593	-	-	-	-	-	-	-	21.484
María Pinto	657	1.183	-	-	-	-	286	2.085	269	-	-	-	-	4.480
Curacaví, etc.	2.845	5.135	-	-	-	-	1.242	9.055	-	11.096	10.404	11.827	-	51.604
III.- <u>A.P. Valparaíso</u>	1.395	2.518	-	-	-	-	609	4.439	-	5.441	6.073	8.394	4.271	33.140
IV.- <u>Exxon</u>	593	1.069	699	-	615	-	-	-	-	-	-	-	-	2.976
TOTAL	51.358	49.504	12.443	1.945	2.879	4.593	7.374	25.674	1.807	16.537	16.477	20.221	4.271	215.083

CUADRO N° 6.6.

Alternativa 1: Calendario de inversiones en obras de conducción (Miles US\$)

	<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>	<u>Total</u>
1.- <u>Central La Obra</u>	<u>4.976</u>	<u>10.452</u>	<u>8.495</u>	<u>23.923</u>
Canal Tronco	4.976	10.452	8.495	23.923
2.- <u>Central Chicureo</u>	<u>4.963</u>	<u>11.052</u>	<u>10.937</u>	<u>26.952</u>
Canal Tronco	1.305	2.742	2.268	6.275
Canal Oriente	2.382	4.794	4.146	11.322
Canal Norte	1.011	2.785	3.614	7.410
Restitución El Carmen	265	731	949	1.945
3.- <u>Central Huechuraba</u>	<u>5.015</u>	<u>11.737</u>	<u>10.902</u>	<u>27.654</u>
Canal Tronco	1.775	3.728	3.030	8.533
Canal Oriente	3.240	6.519	5.638	15.397
Canal Poniente I	-	1.490	2.234	3.724
4.- <u>Central Patagüilla</u>	<u>9.887</u>	<u>22.121</u>	<u>19.853</u>	<u>51.861</u>
Canal Tronco	1.608	3.378	2.745	7.731
Canal Oriente	2.935	5.906	5.108	13.949
Canal Poniente I	-	1.350	2.024	3.374
Canal Poniente II	5.344	10.256	8.130	23.730
Restitución Puangue	-	1.231	1.846	3.077
5.- <u>Riego Santiago Norte</u>	<u>3.684</u>	<u>8.614</u>	<u>9.186</u>	<u>21.484</u>
Canal Tronco	763	1.603	1.304	3.670
Canal Oriente	1.393	2.804	2.426	6.623
Canal Norte	1.528	4.207	5.456	11.191
6.- <u>Riego María Pinto</u>	<u>811</u>	<u>1.926</u>	<u>1.797</u>	<u>4.534</u>
Canal Tronco	132	277	224	633
Canal Oriente	241	484	419	1.144
Canal Poniente I	-	110	166	276
Canal Poniente II	438	840	666	1.944
Restitución Puangue	-	215	322	537
7.- <u>Abastecimiento Exxon</u>	<u>527</u>	<u>1.206</u>	<u>1.243</u>	<u>2.976</u>
Canal Tronco	123	259	211	593
Canal Oriente	225	453	391	1.069
Canal Norte	179	494	641	1.314

CUADRO N° 6.7.

Alternativa 2 : Calendario de inversiones en obras de conducción. (Miles US\$)

	<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>	<u>Total</u>
1.- <u>Central La Obra</u>	<u>4.976</u>	<u>10.452</u>	<u>8.495</u>	<u>23.923</u>
Canal Tronco	4.976	10.452	8.495	23.923
2.- <u>Central Chicureo</u>	<u>4.963</u>	<u>11.052</u>	<u>10.937</u>	<u>26.952</u>
Canal Tronco	1.305	2.742	2.228	6.275
Canal Oriente	2.382	4.794	4.146	11.322
Canal Norte I	1.011	2.785	3.614	7.410
Restitución El Carmen	265	731	949	1.945
3.- <u>Central Huechuraba</u>	<u>5.187</u>	<u>12.142</u>	<u>11.278</u>	<u>28.607</u>
Canal Tronco	1.836	3.857	3.134	8.827
Canal Oriente	3.351	6.744	5.833	15.928
Canal Poniente I	-	1.541	2.311	3.852
4.- <u>Central Patagüilla</u>	<u>4.138</u>	<u>9.342</u>	<u>8.437</u>	<u>21.917</u>
Canal Tronco	660	1.386	1.127	3.173
Canal Oriente	1.205	2.424	2.097	5.726
Canal Poniente I	-	554	831	1.385
Canal Poniente II	2.273	4.363	3.459	10.095
Restitución Puangue	-	615	923	1.538
5.- <u>Riego Santiago Norte</u>	<u>3.684</u>	<u>8.614</u>	<u>9.186</u>	<u>21.484</u>
Canal Tronco	763	1.603	1.304	3.670
Canal Oriente	1.393	2.804	2.426	6.623
Canal Norte I-II-III	1.528	4.207	5.456	11.191
6.- <u>Riego María Pinto</u>	<u>856</u>	<u>1.911</u>	<u>1.713</u>	<u>4.480</u>
Canal Tronco	137	287	233	657
Canal Oriente	249	501	433	1.183
Canal Poniente I	-	114	172	286
Canal Poniente II	470	901	714	2.085
Restitución Puangue	-	108	161	269
7.- <u>Riego Curacaví, etc.</u>	<u>7.957</u>	<u>20.834</u>	<u>22.813</u>	<u>51.604</u>
Canal Tronco	592	1.243	1.010	2.845
Canal Oriente	1.080	2.174	1.881	5.135
Canal Poniente I	-	497	745	1.242
Canal Poniente II	2.039	3.914	3.102	9.055
Canal Poniente III	1.712	4.589	4.795	11.096
Canal Poniente IV	1.186	3.939	5.279	10.404
Canal Poniente V	1.348	4.478	6.001	11.827

	<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>	<u>Total</u>
8.- <u>Agua Potable Valpo.</u>	<u>4.796</u>	<u>13.182</u>	<u>15.162</u>	<u>33.140</u>
Canal Tronco	290	609	496	1.395
Canal Oriente	530	1.066	922	2.518
Canal Poniente I	-	244	365	609
Canal Poniente II	1.000	1.919	1.520	4.439
Canal Poniente III	840	2.250	2.351	5.441
Canal Poniente IV-V-VI	2.136	7.094	9.508	18.738
9.- <u>Abastecimiento Exxon</u>	<u>527</u>	<u>1.206</u>	<u>1.243</u>	<u>2.976</u>
Canal Tronco	123	259	211	593
Canal Oriente	225	453	391	1.069
Canal Norte	179	494	641	1.314
TOTAL	<u>37.084</u>	<u>88.735</u>	<u>89.264</u>	<u>215.083</u>

CUADRO N° 6.8.

Alternativa 1 : Costos actualizados de Obras de Conducción (Miles de US\$)

	<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>	<u>Total</u>
1.- Central La Obra	4.524	8.638	6.382	19.544
2.- Central Chicureo	4.512	9.134	8.217	21.863
3.- Central Huechuraba	4.559	9.700	8.191	22.450
4.- Central Patagüilla	8.988	18.282	14.916	42.186
5.- Riego Santiago Norte	3.349	7.119	6.902	17.370
6.- Riego María Pinto	737	1.592	1.350	3.679
7.- Abastecimiento Exxon	479	997	934	2.410
TOTAL	27.148	55.462	46.892	129.502

CUADRO N° 6.9.

Alternativa 2 : Costos actualizados de Obras de Conducción (Miles de US\$)

	<u>Año 1</u>	<u>Año 2</u>	<u>Año 3</u>	<u>Total</u>
1.- Central La Obra	4.524	8.638	6.382	19.544
2.- Central Chicureo	4.512	9.134	8.217	21.863
3.- Central Huechuraba	4.715	10.035	8.473	23.223
4.- Central Patagüilla	3.762	7.721	6.339	17.822
5.- Riego Santiago Norte	3.349	7.119	6.902	17.370
6.- Riego María Pinto	778	1.579	1.287	3.644
7.- Riego Curacaví, etc.	7.234	17.218	17.140	41.592
8.- Agua Potable Valparaíso	4.360	10.894	11.391	26.645
9.- Abastecimiento Exxon	479	997	934	2.410
TOTAL	33.713	73.335	67.065	174.113

Con los antecedentes de costos de obras de conducción recién establecidos, los de costos de centrales hidroeléctricas y los beneficios de los diferentes subproyectos, calculados en los capítulos respectivos, se ha calculado el Valor Actual Neto para cada alternativa principal, incluyendo cada subproyecto, que es el que aparece en los Cuadros 6.10. y 6.11.

CUADRO N° 6.10.

Alternativa 1 : Valor Actual Neto (Millones de US\$)

Sub Proyectos	Ingresos Netos	C o s t o s			Valor Actual Neto
		Obras Conducción	Centrales	Totales	
<u>1.- Centrales Hidroeléctricas</u>	<u>335,12</u>	<u>106,04</u>	<u>143,48</u>	<u>249,52</u>	<u>85,60</u>
La Obra	84,47	19,54	38,43	57,97	26,50
Chicureo	44,05	21,86	25,33	47,19	- 3,14
Huechuraba	127,08	22,45	46,82	69,27	57,81
Patagüilla	79,52	42,19	32,90	75,09	4,43
<u>2.- Riego</u>	<u>60,32</u>	<u>21,05</u>	<u>-</u>	<u>21,05</u>	<u>39,27</u>
Santiago Norte	53,43	17,37	-	17,37	36,06
María Pinto	6,89	3,68	-	3,68	3,21
<u>3.- Agua Potable</u>	<u>9,11</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>9,11</u>
Santiago 1/	9,11	-	-	-	9,11
<u>4.- Minería</u>	<u>7,20</u>	<u>2,41</u>	<u>-</u>	<u>2,41</u>	<u>4,79</u>
Los Bronces	7,20	2,41	-	2,41	4,79
TOTAL	<u>411,75</u>	<u>129,50</u>	<u>143,48</u>	<u>272,98</u>	<u>138,77</u>

1/ Sin incluir los beneficios derivados de la reducción de longitud de los acueductos , (cap IV, Punto 1.2.4.) ni otras externalidades.

CUADRO N° 6.11.

Alternativa 2: Valor Actual Neto (En millones de US\$)

Sub-Proyectos	Ingresos Netos	C O S T O S			Valor Actual Neto
		Obras Conducción	Centrales	Totales	
<u>1.- Centrales</u>	<u>292,05</u>	<u>82,44</u>	<u>130,19</u>	<u>212,63</u>	<u>79,42</u>
La Obra	84,47	19,54	38,43	57,97	26,50
Chicureo	44,05	21,86	25,33	47,19	- 3,14
Huechuraba	127,08	23,22	46,82	70,04	57,04
Patagüilla	36,45	17,82	19,61	37,43	- 0,98
<u>2.- Riego</u>	<u>94,87</u>	<u>62,60</u>	<u>-</u>	<u>62,60</u>	<u>32,27</u>
Santiago Norte	53,43	17,37	-	17,37	36,06
María Pinto	6,89	3,64	-	3,64	3,25
Curacaví-Casablanca	34,55	41,59	-	41,59	- 7,04
<u>3.- Agua Potable</u>	<u>54,74</u>	<u>26,65</u>	<u>-</u>	<u>26,65</u>	<u>28,09</u>
Santiago	9,11	-	-	-	9,11
Valparaíso	45,63	26,65	-	26,65	18,98
<u>4.- Minería</u>	<u>7,20</u>	<u>2,41</u>	<u>-</u>	<u>2,41</u>	<u>4,79</u>
Los Bronces	7,20	2,41	-	2,41	4,79
TOTAL	<u>448,86</u>	<u>174,10</u>	<u>130,19</u>	<u>304,29</u>	<u>144,57</u>

Conforme a lo anterior, se comprueba que, a precios privados, la alternativa de llegar con el proyecto hasta el lago Peñuelas - - (abastecimiento de agua potable de Valparaíso, Viña del Mar y riego de Curacaví - Casablanca) es la más rentable. Si la evaluación fuera realizada a precios sociales, sería aún más conveniente, puesto que, por ejemplo, se debería valorar los beneficios reales del abastecimiento de agua potable de Valparaíso y no el costo alternativo de proveerla, como se hizo en la evaluación privada.

Se calculó la Tasa Interna de Retorno, para la alternativa más favorable, la que resultó ser de 16,94%, según se muestra en el Cuadro N° 6.12.

CUADRO N° 6.12.

FLUJO DEL PROYECTO

(Miles de US\$)

Años	Obras	Centrales	Operación Centrales	Ingresos					Flujo Neto
				Energía	Riego	A.P.S.	A.P.V.	Minería	
1	37.084	50.851	-	-	-	8.000	5.400	-	-74.535
2	88.735	67.801	-	-	-	-	23.045	-	-133.491
3	89.264	22.601	-	-	-	-	355	-	-112.220
4			1.851	38.481	126.269	160	3.367	9.581	176.281
5			1.851	39.251		160	2.908		40.468
6			1.851	40.036		160	2.869		41.214
7			1.851	40.836		160	2.821		41.966
8			1.851	41.653		160	2.765		42.727
9			1.851	42.487		160	2.867		43.663
10			1.851	42.152		160	2.969		43.430
11			1.851	44.203		160	3.073		45.585
12			1.851	45.087		160	3.193		46.589
13			1.851	45.989		160	3.274		47.572
14			1.851	46.908		160	3.374		48.591
15			1.851	46.908		160	3.502		48.719
16			1.851	46.908		160	3.634		48.851
17			1.851	46.908		160	3.771		48.988
18			1.851	46.908		160	3.914		49.131
19			1.851	46.908		160	3.700		48.917
20			1.851	46.908		160	3.700		48.917
21			1.851	46.908		160	3.700		48.917
22			1.851	46.908		160	3.700		48.917
23			1.851	46.908		160	3.700		48.917
24			1.851	46.908		160	3.700		48.917
25			1.851	46.908		160	3.700		48.917
26			1.851	46.908		160	3.700		48.917
27			1.851	46.908		160	3.700		48.917
28			1.851	46.908		160	3.700		48.917
29			1.851	46.908		160	3.700		48.917
30			1.851	46.908		160	3.700		48.917

TIR = 16,94%

3.- Cálculo del valor del agua

El objeto de este punto es determinar cual es el valor máximo que será posible pagar por los derechos de agua que el proyecto deberá comprar en el río Maipo, de forma tal que la Tasa Interna de Retorno no sea inferior al 15%.

Dado que el caudal continuo necesario para el proyecto es de 21,4 m³/s. (Caudal continuo en La Dehesa, menos caudal captado en el Mapocho, que no se considera, por corresponder a derechos eventuales, menos los caudales de los canales El Carmen y La Punta, que tampoco se consideran porque sólo se trata de un cambio de cauce) y que el caudal medio por acción, medido con la estadística del río Maipo en el Manzano es de 0,012223 m³/s., será necesario comprar un total de 1.751 acciones.

Por otro lado, el monto máximo de mayor costo (imputable a la compra de derechos de agua), que reduce la TIR del 16,94% al 15%, es de US\$ 30.293 miles, al inicio del proyecto.

En consecuencia, el monto máximo que el proyecto puede pagar por una acción del río Maipo será de US\$ 17.300, o sea, US\$ 1.416/lt/seg..

Es necesario señalar que, en términos de mercado, se han realizado pocas transacciones de derechos del sistema Maipo-Mapocho, en el primero de los ríos se ha detectado sólo una compra para uso agrícola, por un valor de US\$ 1.200/lt/s., mientras que en el Mapocho los valores fluctúan entre US\$ 10.000 y US\$ 15.000/lt/s., situación que estaría reflejando, por una parte, diferentes grados de escasez relativo entre ambos ríos, debido a la falta de obras de conducción a cotas suficientes para abastecer las demandas crecientes derivadas de la urbanización de Santiago Oriente.

El cálculo anterior se realizó considerando, en el modelo hidrológico, un 5% de pérdidas por conducción en el sistema principal; de estudios posteriores para la determinación de las obras de ingeniería, se llegó a la conclusión de que los canales debían ser revestidos; por lo que las pérdidas se reducirían a sólo el 1% (Ver Anexo N° 36). De esta forma, el caudal continuo necesario se reduce a 20,3 m³/s. y sólo sería necesaria la compra de 1.661 acciones del río Maipo, con un valor unitario máximo, para una TIR del 15%, de US\$ 18.238 o, lo que es lo mismo, de US\$ 1.492/lt/seg..

Los cálculos anteriores se realizaron suponiendo la utilización total de la capacidad máxima de los canales, por lo que no se ha tomado en cuenta el efecto, que podría ser importante, del aumento

de generación eléctrica, por el uso de las aguas que corresponden a la diferencia entre la capacidad de los canales y la curva de demanda estacional del sector agrícola.

De las acciones requeridas (1.751 o 1.661, de acuerdo al supuesto que se acepte en cuanto al porcentaje de pérdidas por conducción), saldrán a licitación 786 acciones que se encuentran caducadas y 122 que se encuentran extinguidas. Además, con los antecedentes proporcionados por los propios usuarios, se encuentran en proceso de declaración de caducidad 90 acciones adicionales, estimándose que en la ribera norte del río Maipo, en los canales de la Sociedad Canales del Maipo, y debido al proceso de urbanización, existen aproximadamente 200 acciones en desuso, que también podrían ser licitadas en el futuro.

4.- Externalidades

En la determinación de los beneficios del proyecto no se han valorado una serie de externalidades que se producirán con la ejecución del proyecto. Las principales externalidades positivas previstas son:

- a) Utilización del Canal Oriente para transportar los derechos que la Empresa de Agua Potable Lo Castillo posee y poseerá en el río Maipo;
- b) Utilización del Canal Oriente como alternativa al cuarto acueducto de la EMOS;
- c) Utilización del Canal Oriente como interceptor de las aguas lluvias que caen sobre la cota 1.000, con el consiguiente beneficio para los proyectos de alcantarillado de la parte alta de la ciudad;
- d) Utilización del Canal San Carlos sólo como evacuador de las aguas lluvias, ya que, no tendría ocupada su capacidad con las aguas de riego de los canales El Carmen y La Punta, en verano ni con las de la Central Florida durante todo el año.
- e) La puesta en valor de las aguas producidas por la desecación o drenaje de los sectores de Colina y Batuco, ya que dichas aguas podrán ser utilizadas en el sistema Casablanca-Peñuelas o en la Central Pataguilla;
- f) Las ventajas que pueden derivarse de abastecer el agua potable de Valparaíso-Viña del Mar desde dos fuentes diferentes y de poseer una capacidad eléctrica instalada adicional de 270 MW dentro de la región Metropolitana o de 4 MW dentro de Valparaíso.
- g) Finalmente, no se han incluido como beneficios, el mayor ingreso fiscal proveniente de las licitaciones de derechos de agua,

la disminución de accidentes en los Canales San Carlos y La Punta, ni las posibles ventajas urbanísticas.

5.- Comentarios Finales

En primer lugar, es necesario mencionar que el alto porcentaje de componente importado del proyecto, especialmente en las centrales hidroeléctricas y sifones metálicos, permite obtener financiamiento parcial de proveedores, a tasas reales menores que el 10%, con lo que puede mejorar la posición de rentabilidad del proyecto.

Otra característica de este proyecto es su alta flexibilidad, que reduce el riesgo implícito. Por ejemplo, si no se conducen aguas a la planta concentradora Los Bronces, es posible incrementar la superficie de riego en Santiago Norte; es posible, en general, sustituir riego por electricidad y viceversa; asimismo, si no se conducen aguas hasta Peñuelas, es posible aumentar la generación eléctrica en Pataguilla.

Dentro de la evaluación no se han considerado aspectos que van más allá de los 30 años considerados en el análisis económico ni los valores residuales de las inversiones en centrales hidroeléctricas. En este aspecto tiene especial importancia el hecho que, una vez que Aromos (como obra alternativa) se cope en su capacidad, será necesario construir otra aducción desde Las Vegas, mientras que el canal de trasvase a Peñuelas resulta de menor costo y de mayor flexibilidad en su operación. Tampoco se han considerado los beneficios posibles de obtener al cambiar las aguas generadas en la central Punzilla y otras menores existentes en Santiago, hacia centrales de mayores caídas propuestas en el proyecto, produciéndose así una mayor generación de invierno.

Dado el carácter de usos múltiples que tiene este proyecto, el tratamiento tributario de él presenta también una alta flexibilidad, dependiendo de la forma en que se ejecute (Sociedades anónimas por cuenta propia o ajena, sociedades limitadas, autoproducciones, etc.), sin que exista en el país, todavía, experiencia al respecto en este campo; por esta razón y por las múltiples posibilidades de asociación se ha preferido no realizar la evaluación después de impuestos.

Sin embargo, a manera de información general, es necesario indicar que las principales modalidades tributarias pertinentes serían para las Sociedades Anónimas, una tasa impositiva del 48,6% sobre las utilidades netas (o sea, después de depreciaciones, las que pueden ser normales o aceleradas) y para las sociedades agrícolas una tasa del 10% sobre la renta presunta. Los períodos de depre-

ciación relevantes, de acuerdo a las instrucciones del Servicio de Impuestos Internos, son los siguientes:

<u>Tipo de Activo</u>	<u>Año de depreciación</u>	
	<u>Normal</u>	<u>Acelerada</u>
Canales, sifones y túneles	35	11
Centrales hidroeléctricas y líneas de transmisión	10	3
Instalaciones	10	3