

**REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO**

**ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
PROYECTO CHOAPA**

- 6. OBRAS MATRICES PARA RIEGO**
- 6.1 ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y RECONOCIMIENTOS
DE POSIBILIDADES**
- 6.2 ANTEPROYECTO DE LAS OBRAS EXTRAPREDIALES**
 - 6.2.1 ASPECTOS TOPOGRAFICOS**
 - 6.2.2 ASPECTOS GEOTECNICOS**

VOLUMEN 4/8



INGENDESA

EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S. A.

JUNIO 1995

PROYECTO CHOAPA - IV REGION
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO

CONTENIDO DE LOS VOLUMENES DEL ESTUDIO REALIZADO

- A. INFORME EJECUTIVO

- B. INFORME FINAL

VOLUMEN 1/8

RESUMEN DEL ESTUDIO REALIZADO

VOLUMEN 2/8

- 1. CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO
- 2. RECOPIACION Y ANALISIS CRITICO DE LOS ANTECEDENTES EXISTENTES SOBRE RECURSOS NATURALES BASICOS
- 3. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

VOLUMEN 3/8

- 4. DESARROLLO AGROPECUARIO
- 5. DESARROLLO DEL RIEGO

VOLUMEN 4/8

- 6. OBRAS MATRICES PARA RIEGO
 - 6.1 ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y RECONOCIMIENTOS DE POSIBILIDADES
 - 6.2 ANTEPROYECTO DE LAS OBRAS EXTRAPREDIALES
 - 6.2.1 ASPECTOS TOPOGRAFICOS
 - 6.2.2 ASPECTOS GEOTECNICOS

VOLUMEN 5/8

- 6. OBRAS MATRICES PARA RIEGO
- 6.2 ANTEPROYECTO DE LAS OBRAS EXTRAPREDIALES
- 6.2.3 ESTUDIOS HIDROLOGICOS

VOLUMEN 6/8

- 6. OBRAS MATRICES PARA RIEGO
- 6.2 ANTEPROYECTO DE LAS OBRAS EXTRAPREDIALES
- 6.2.4 DISEÑO DE ANTEPROYECTOS
- 6.2.5 OTROS USOS DEL AGUA
- 6.3 PRESUPUESTOS INVERSION Y OPERACION
- 6.4 PROGRAMACION DE LAS OBRAS
- 6.5 IMPACTO AMBIENTAL
- 7. BALANCE HIDRICO

VOLUMEN 7/8

- 8. ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO
- 9. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO
- 10. ASPECTOS LEGALES
- 11. CONCLUSIONES

VOLUMEN 8/8

ALBUM DE PLANOS

PROYECTO CHOAPA - IV REGION**ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO****VOLUMEN 4****I N D I C E****PAG.****6. OBRAS MATRICES PARA EL RIEGO****6.1 ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y RECONOCIMIENTO DE POSIBILIDADES****6.1.1 OBRAS DE REGULACION**

1. GENERALIDADES	6.1.1-1
2. IDENTIFICACION DE POSIBILIDADES DE EMBALSES	6.1.1-2
3. CARACTERISTICAS DE LOS EMBALSES IDENTIFICADOS Y PRESELECCION	6.1.1-4
3.1 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS BASICOS DE COMPARACION	6.1.1-4
3.2 LISTA DE EMBALSES CON SUS CARACTERISTICAS	6.1.1-45
3.3 PRESELECCION DE POSIBILIDADES DE EMBALSES	6.1.1-49
3.3.1 Introducci3n	6.1.1-49
3.3.2 Preselecci3n de embalses seg3n relaci3n V_e/V_p	6.1.1-49
3.3.3 Preselecci3n de embalses alternativos	6.1.1-51
3.3.3.1 Embalses Situados en el Area de Planificaci3n Interior del R3o Choapa	6.1.1-52

3.3.3.2	Embalses Situados en Area de Planificación Intermedia, Sector de Aguas Arriba del Río Choapa	6.1.1-52
3.3.3.3	Embalses Situados en el Sector Próximo a la Confluencia del Río Illapel	6.1.1-55
3.3.3.4	Embalses del Estero Camisas	6.1.1-57
3.3.3.5	Embalse del Estero Limáhuida	6.1.1-57
3.3.3.6	Embalses del Estero La Canela	6.1.1-59
4.	VISITAS A TERRENO	6.1.1-61
5.	ANALISIS INDIVIDUAL DE LAS POSIBILIDADES PRESELECCIONADAS	6.1.1-62
5.1	EMBALSE QUELEN	6.1.1-62
5.1.1	Ubicación	6.1.1-62
5.1.2	Accesos e infraestructura existente	6.1.1-62
5.1.3	Hidrología	6.1.1-62
5.1.4	Topografía	6.1.1-64
5.1.5	Geología y Geotecnia	6.1.1-64
5.1.6	Juicio respecto al interés del posible embalse	6.1.1-67
5.2	EMBALSE MAL PASO	6.1.1-68
5.2.1	Ubicación	6.1.1-68
5.2.2	Accesos e infraestructura existente	6.1.1-68
5.2.3	Hidrología	6.1.1-68
5.2.4	Topografía	6.1.1-69
5.2.5	Geología y Geotecnia	6.1.1-69
5.2.6	Juicio respecto al interés del posible embalse	6.1.1-74

5.3	EMBALSE CERRILLOS	6.1.1-75
5.3.1	Ubicación	6.1.1-75
5.3.2	Accesos e infraestructura existente	6.1.1-75
5.3.3	Hidrología	6.1.1-75
5.3.4	Topografía	6.1.1-77
5.3.5	Geología y Geotecnia	6.1.1-77
5.3.6	Juicio respecto al interés del posible embalse	6.1.1-81
5.4	EMBALSE LIMAHUIDA	6.1.1-82
5.4.1	Ubicación	6.1.1-82
5.4.2	Accesos e infraestructura existente	6.1.1-82
5.4.3	Hidrología	6.1.1-82
5.4.4	Topografía	6.1.1-83
5.4.5	Geología y Geotecnia	6.1.1-83
5.4.6	Juicio respecto al interés del posible embalse	6.1.1-85
5.5	EMBALSE CANELILLO	6.1.1-86
5.5.1	Ubicación	6.1.1-86
5.5.2	Accesos e infraestructura existente	6.1.1-86
5.5.3	Hidrología	6.1.1-86
5.5.4	Topografía	6.1.1-88
5.5.5	Geología y Geotecnia	6.1.1-88
5.5.6	Juicio respecto al interés del posible embalse	6.1.1-93
5.6	EMBALSE COYUNTAGUA	6.1.1-94
5.6.1	Ubicación	6.1.1-94
5.6.2	Accesos e infraestructura existente	6.1.1-94

5.6.3 Hidrología	6.1.1-94
5.6.4 Topografía	6.1.1-95
5.6.5 Geología y Geotecnia	6.1.1-95
5.6.6 Juicio respecto al interés del posible embalse	6.1.1-100
5.7 EMBALSE CORRALES	6.1.1-101
5.7.1 Ubicación	6.1.1-101
5.7.2 Accesos e infraestructura existente	6.1.1-101
5.7.3 Hidrología	6.1.1-101
5.7.4 Topografía	6.1.1-103
5.7.5 Geología y Geotecnia	6.1.1-103
5.7.6 Juicio respecto al interés del posible embalse	6.1.1-107
5.8 EMBALSE LAS ASTAS	6.1.1-108
5.8.1 Ubicación	6.1.1-108
5.8.2 Accesos e infraestructura existente	6.1.1-108
5.8.3 Hidrología	6.1.1-108
5.8.4 Topografía	6.1.1-110
5.8.5 Geología y Geotecnia	6.1.1-110
5.8.6 Juicio respecto al interés del posible embalse	6.1.1-115
5.9 EMBALSE CANELA BAJA	6.1.1-116
5.9.1 Ubicación	6.1.1-116
5.9.2 Accesos e infraestructura existente	6.1.1-116
5.9.3 Hidrología	6.1.1-116
5.9.4 Topografía	6.1.1-118
5.9.5 Geología y Geotecnia	6.1.1-118

5.9.6 Juicio respecto al interés del posible embalse	6.1.1-122
ANEXO 6.1.1-1 FOTOGRAFIAS	
6.1.2 <u>ESTUDIO DE ACUIFEROS EXISTENTES</u>	
1. INTRODUCCION	6.1.2-1
6.1.3 <u>OBRAS DE DRENAJE</u>	
1. INTRODUCCION	6.1.3-1
2. IDENTIFICACION DE LAS ZONAS CON PROBLEMAS DE DRENAJE	6.1.3-1
2.1 TERRENOS CON NECESIDAD DE SANEAMIENTO	6.1.3-2
3. OBSERVACIONES A LOS SUELOS CON PROBLEMAS DE DRENAJE	6.1.3-6
4. PROYECTO DE CONSTRUCCION DE OBRAS DE DRENAJE	6.1.3-7
4.1 DESCRIPCION	6.1.3-7
4.2 DISEÑO OBRAS DE DRENAJE	6.1.3-10
4.2.1 Caudales a Drenar	6.1.3-10
4.2.2 Profundidad de los Drenes y Espaciamiento	6.1.3-13
4.2.3 Costos Drenaje Predio Tipo	6.1.3-16
4.2.4 Ubicación Predio Tipo	6.1.3-18
6.1.4 <u>ANALISIS DE MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DE CONDUCCIONES MATRICES</u>	
1. INTRODUCCION	6.1.4-1
2. ANALISIS DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EXISTENTE	6.1.4-1
2.1 MEJORAMIENTOS GENERALES	6.1.4-1

2.2	MEJORAMIENTOS CANALES MATRICES	6.1.4-4
2.2.1	Introducción	6.1.4-4
2.2.2	Canal Silvano	6.1.4-5
2.2.3	Canal Buzeta	6.1.4-5
2.2.3.1	Situación Actual	6.1.4-5
2.2.3.2	Problemas que Presenta el Canal	6.1.4-6
2.2.3.3	Aumento de la Capacidad del Canal	6.1.4-7
2.2.4	Canal Choapa	6.1.4-8
3.	OBRAS COMPLEMENTARIAS AL SISTEMA DE RIEGO EXISTENTE	6.1.4-11
3.1	INTRODUCCION	6.1.4-11
3.2	ACUEDUCTOS ALIMENTADORES DE EMBALSES	6.1.4-12
3.3	NUEVOS CANALES MATRICES DE RIEGO	6.1.4-13
3.3.1	Canales Matrices de Riego desde el Embalse Canelillo	6.1.4-13
3.3.2	Canales Matrices de Riego desde el Embalse Cerrillos	6.1.4-14
3.3.3	Canales Matrices de Riego desde el Embalse Las Astas	6.1.4-15
3.3.4	Canales Matrices de Riego desde el Embalse Corrales	6.1.4-15
6.1.5	<u>ANALISIS DE OTRAS OBRAS DE APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO</u>	
1.	INTRODUCCION	6.1.5-1
2.	HIDROELECTRICIDAD	6.1.5-1
2.1	SITUACION ACTUAL	6.1.5-1
2.2	SITUACION FUTURA	6.1.5-1

2.3	CENTRALES HIDROELECTRICAS EN PRESAS DE RIEGO	6.1.5-3
3.	AGUA POTABLE	6.1.5-4
4.	USOS INDUSTRIALES Y MINEROS	6.1.5-4
6.1.6	<u>FORMULACION DE ALTERNATIVAS DE RIEGO</u>	
1.	GENERALIDADES	6.1.6-1
2.	SISTEMA DE RIEGO A	6.1.6-2
3.	SISTEMA DE RIEGO B	6.1.6-5
6.2	<u>ANTEPROYECTO DE LAS OBRAS EXTRAPREDIALES</u>	
6.2.1	<u>ASPECTOS TOPOGRAFICOS</u>	
1.	ANTECEDENTES	6.2.1-1
2.	METODOLOGIA	6.2.1-1
3.	LEVANTAMIENTOS EFECTUADOS	6.2.1-2
6.2.2	<u>ASPECTOS GEOTECNICOS</u>	
1.	INTRODUCCION	6.2.2-1
1.1	PROSPECCIONES EN PRESAS	6.2.2-1
1.2	PROSPECCIONES EN SIFONES	6.2.2-2
1.3	PROSPECCIONES EN CANALES MATRICES	6.2.2-2
6.2.2.1	<u>EXPLORACION GEOFISICA</u>	
1.	INTRODUCCION	6.2.2.1-1
2.	METODOLOGIA	6.2.2.1-3

2.1	METODO DE REFRACCION SISMICA	6.2.2.1-3
2.1.1	Ondas Sísmicas	6.2.2.1-3
2.1.2	Hipótesis del método sísmico	6.2.2.1-4
2.2	METODO GEOELECTRICO	6.2.2.1-4
2.2.1	Resistividades y equivalencia litológica	6.2.2.1-5
3.	INSTRUMENTAL	6.2.2.1-6
3.1	SISMICO	6.2.2.1-6
3.2	GEOELECTRICO	6.2.2.1-6
4.	TRABAJOS DE TERRENO	6.2.2.1-7
5.	RESULTADOS	6.2.2.1-9
5.1	EMBALSE CORRALES	6.2.2.1-9
5.2	EMBALSE CERRILLOS	6.2.2.1-10
5.2.1	Secciones sísmicas	6.2.2.1-10
5.2.2	Sección Geoeléctrica	6.2.2.1-10
5.3	EMBALSE LAS ASTAS	6.2.2.1-11
5.3.1	Secciones Sísmicas	6.2.2.1-11
5.3.2	Sección Geoeléctrica	6.2.2.1-12
5.4	EMBALSE CANELILLO	6.2.2.1-12
6.	RESUMEN Y CONCLUSIONES	6.2.2.1-13
6.1	ESTUDIO SISMICO	6.2.2.1-13
6.2	ESTUDIO GEOELECTRICO	6.2.2.1-13
ANEXO 6.2.2.1-1	CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE DE LOS SONDAJES ELECTRICOS	

6.2.2.2 POZOS DE RECONOCIMIENTO

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| 1. GENERALIDADES | 6.2.2.2-1 |
| 2. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS | 6.2.2.2-1 |
| 3. POZOS DE PROSPECCION | 6.2.2.2-2 |
| 4. POZOS DE ARIDOS | 6.2.2.2-4 |

ANEXO N° 6.2.2.2-1 REGISTROS DE POZOS

ANEXO N° 6.2.2.2-2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS
DE LOS POZOS

ANEXO N° 6.2.2.2-3 FOTOGRAFIAS DE LOS POZOS

6.2.2.3 CONCLUSIONES

- | | |
|---|-----------|
| 1. GENERALIDADES | 6.2.2.3-1 |
| 2. CONCLUSIONES GEOTECNICAS DE LOS
SITIOS DE PRESA | 6.2.2.3-1 |
| 2.1 PRESA CANELILLO | 6.2.2.3-1 |
| 2.2 PRESA LAS ASTAS | 6.2.2.3-1 |
| 2.3 PRESA CERRILLOS | 6.2.2.3-2 |
| 2.4 PRESA CORRALES | 6.2.2.3-3 |
| 3. CONCLUSIONES GEOTECNICAS DE LOS
SITIOS DE SIFONES | 6.2.2.3-3 |
| 4. CONCLUSIONES SOBRE YACIMIENTOS DE
ARIDOS | 6.2.2.3-3 |

PROYECTO CHOAPA - IV REGION**ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO****6. OBRAS MATRICES PARA EL RIEGO****6.1 ESTUDIO DE IDENTIFICACION Y RECONOCIMIENTO DE POSIBILIDADES****6.1.1 OBRAS DE REGULACION****1. GENERALIDADES**

Los estudios realizados para definir las obras de regulación de la cuenca del río Choapa se iniciaron identificando todos los posibles lugares de implantación de embalses.

Una vez cumplida esta etapa, se efectuó una primera selección de las zonas de interés para excluir aquellas que no ofrecen condiciones aceptables. Esta selección se realizó analizando diversos aspectos que, de una u otra forma, inciden en los costos o en los beneficios asociados a las obras:

- Relación entre el volumen embalsado y el volumen del muro.
- Seguridad hidrológica de llenado del embalse con recursos propios y posibilidad de trasvasar agua desde cuencas vecinas. Existencia de canales que pudieran ser utilizados como alimentadores de embalses.
- Posibilidades de riego aguas abajo del embalse (superficie disponible y calidad agrícola de los terrenos).
- Interferencia entre el embalse y obras de infraestructura o poblados.
- Superficie y calidad de los terrenos inundados por el embalse.
- Capacidad del embalse.
- Existencia de embalses alternativos.

La segunda selección de los posibles lugares de implantación de embalses se efectuó con los antecedentes que se recogieron en dos visitas a terreno. Estas visitas, en las que participaron diversos especialistas un mecánico de suelos, un hidráulico, un experto en planificación de cuencas hidrográficas y una persona con experiencia en el diseño de obras de embalse permitió establecer las características favorables y desfavorables de los lugares elegidos. En términos generales, la visita a terreno permitió definir la calidad geológica-geotécnica de los empotramientos de las presas, las características de los lechos de fundación (se estimó la potencia de los depósitos y la necesidad de disponer pantallas impermeables o cortinas de inyecciones para sellar las presas), características de los

lugares de implantación de las obras anexas, disponibilidad de materiales para la construcción de las presas y de las obras asociadas, accesos, obras de infraestructura existentes, etc.

Los antecedentes recogidos en la visita a terreno permitieron descartar, ya sea por razones técnicas o económicas, algunos de los sitios elegidos inicialmente. Para el resto de las angosturas la información recopilada in situ sirvió para elaborar los anteproyectos preliminares de las obras que fueron posteriormente consideradas en los modelos de operación de los sistemas de riego. Asimismo, los antecedentes de terreno permitieron efectuar una adecuada campaña de prospecciones que se definió de común acuerdo con la Comisión Nacional de Riego, para hacer una evaluación económica más confiable de las obras.

2. IDENTIFICACION DE POSIBILIDADES DE EMBALSES

Para identificar los posibles lugares de implantación de embalses en la hoya hidrográfica del río Choapa se inspeccionaron sistemática y acuciosamente todos los cauces de la cuenca. Este trabajo se efectuó en gabinete, sobre la base de los planos topográficos (aerofotogrametría 1992, vuelo SAF diciembre 1991) a escala 1:10.000 de la Comisión Nacional de Riego, que prácticamente cubren toda el área de interés. Las zonas no cubiertas por la topografía existente a escala 1:10.000 corresponden a bordes de la cuenca, los que no cuentan con recursos hídricos.

La búsqueda de lugares aptos para construir embalses se efectuó identificando las angosturas topográficas que existen en los cauces. Por su morfología estos estrechamientos o angosturas serían potencialmente atractivos para construir presas de embalse, puesto que el volumen de material necesario para cerrarlos sería relativamente reducido.

Otra de las condiciones que se buscaron para establecer los posibles lugares aptos para construir embalses, se refiere a la topografía aguas arriba de los lugares de implantación de las presas. Al respecto, interesa que en la zona inundada los valles sean lo más planos (reducida pendiente longitudinal y transversal) y anchos posible. Esto, con el objeto de que los embalses que se creen al cerrar las angosturas almacenen volúmenes importantes de agua.

Es decir, en una primera etapa la búsqueda de lugares aptos para crear embalses se orientó a ubicar todas las angosturas topográficas existentes en los valles relativamente anchos y de pendiente moderada o reducida.

Como resultado de este proceso de búsqueda y después de haberse rastreado rigurosamente todos los cauces de la hoya del río Choapa y de sus afluentes, se identificaron 20 angosturas aptas para crear embalses, que son las siguientes:

- En el río Choapa se identificaron 7 angosturas, que mencionadas desde aguas arriba hacia aguas abajo son: El Gaucho, Quelén, Mal Paso, Cerrillos, Limáhuida, Canelillo y Coyuntagua.
- En el río Illapel, principal afluente del río Choapa, se reconocieron 2 angosturas, llamadas Carén y Huintil. Esta última se sitúa aguas abajo de la anterior.

En los otros cauces afluentes al río Choapa, ordenados desde aguas arriba hacia aguas abajo, se identificaron las siguientes angosturas:

- En el río Chalinga, la angostura Cunlagua.
- En el estero Camisas, las angosturas Corrales y Sauce Calam.
- En el estero Limáhuida, el estrechamiento Las Astas.
- En el estero Llano Largo, la angostura Trancas.
- En el estero Colihue, el estrechamiento homónimo.
- En el estero Espíritu Santo, el estrechamiento Chircal.
- En el estero La Canela, los angostamientos Canela Baja, La Chirquilla, Huinchigualleo y Mincha.

La ubicación exacta de cada una de las angosturas identificadas en este estudio se presenta en la siguiente lista y en el plano denominado "Catastro de Obras de Regulación" (643-1d2-2):

<u>Nº</u>	<u>ALVEO</u>	<u>EMBALSE</u>	<u>NORTE</u>	<u>ESTE</u>	<u>LAMINAS</u>
01	R. Choapa	El Gaucho	6.460.350	350.140	10-3
02	R. Choapa	Quelén	6.473.250	327.150	8-4, 8-5
03	R. Choapa	Mal Paso	6.486.000	302.590	5-7; 6-6, 6-7
04	R. Choapa	Cerrillos	6.485.940	296.440	5-7; 6-6, 6-7
05	R. Choapa	Limáhuida	6.486.390	295.000	5-6, 5-7; 6-7
06	R. Choapa	Canelillo	6.493.130	283.780	4-7, 4-8
07	R. Choapa	Coyuntagua	6.495.220	280.170	3-8; 4-7, 4-8
08	R. Illapel	Carén	6.507.550	323.200	8-10
09	R. Illapel	Huintil	6.506.250	313.490	7-9, 7-10
10	R. Chalinga	Cunlagua	6.487.800	322.100	7-7; 8-7
11	E. Camisas	Corrales	6.468.100	319.200	7-4
12	E. Camisas	Sauce Calam	6.469.500	317.350	7-4
13	E. Limáhuida	Las Astas	6.481.460	296.000	5-6
14	E. Llano Largo	Trancas	6.526.000	281.800	3-12; 4-12, 4-13
15	E. Colihue	Colihue	6.527.400	277.000	3-13
16	E. Espíritu Santo	Chircal	6.527.300	268.000	2-13
17	E. La Canela	Canela Baja	6.520.640	265.120	2-12
18	E. La Canela	La Chirquilla	6.509.300	265.650	2-10
19	E. La Canela	Huinchigualleo	6.508.650	266.150	2-10
20	E. La Canela	Mincha	6.505.160	266.500	2-9, 2-10, 2-11

3. CARACTERISTICAS DE LOS EMBALSES IDENTIFICADOS Y PRESELECCION

3.1 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS BASICOS DE COMPARACION

Para cada uno de los sitios preseleccionados, definidos por un eje transversal a la angostura, correspondiente al eje de la presa, se calcularon las siguientes curvas:

- Volumen de la presa, V_p , en función de su altura.
- Superficie inundada y volumen de agua embalsado, V_e , en función de la altura del embalse (altura embalse = altura presa menos 3 m).
- Relación entre el volumen embalsado y el volumen de la presa, para diferentes alturas de presa.

El volumen de la presa se calculó suponiendo que ésta sería de tierra y tendría un coronamiento de 10 m de ancho, un talud de aguas arriba con inclinación 2,5:1 (H:V) y un talud de aguas abajo con inclinación 2:1. La altura de la presa corresponde a la diferencia de cota entre su coronamiento y el punto más bajo del terreno natural interceptado por el eje del muro.

La superficie inundada y el volumen embalsado por la presa se calcularon desde el eje del muro hacia aguas arriba. Es decir, estos valores incluyen parte de la superficie y del volumen que posteriormente ocupará la presa.

Para determinar la relación entre el volumen embalsado y el volumen de la presa, para diferentes alturas de presa, se supuso que la revancha normal (diferencia de cota entre el coronamiento y el nivel de aguas máximas normales del embalse) será de 3 m.

En las páginas siguientes se presentan las curvas correspondientes a cada uno de los 20 sitios identificados preliminarmente como aptos para implantar embalses.

EMBALSE EL GAUCHO

Cota base : 1229,0 msnm

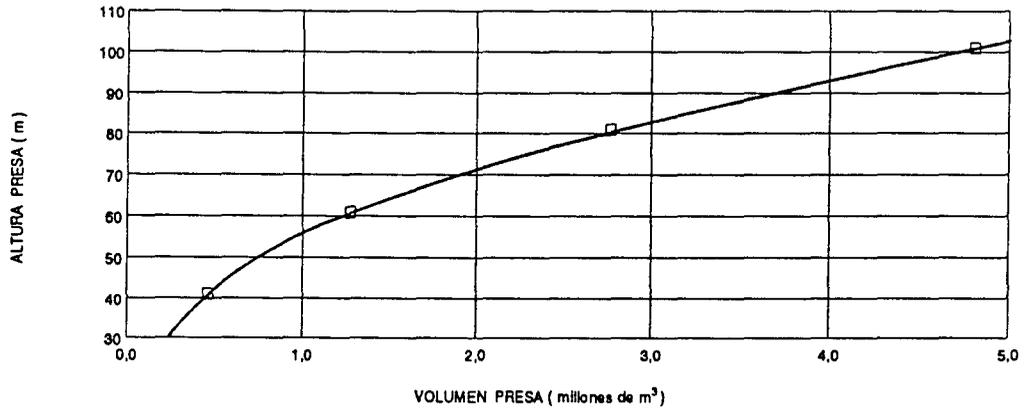
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
1330	101	4,810
1310	81	2,768
1290	61	1,277
1270	41	0,458
1229	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
1330	101	7,141	1,742
1320	91	5,522	1,496
1310	81	4,148	1,251
1300	71	3,015	1,016
1290	61	2,095	0,823
1280	51	1,369	0,631
1270	41	0,809	0,488
1260	31	0,402	0,326
1250	21	0,149	0,178
1240	11	0,032	0,057
1229	0	0,000	0,000

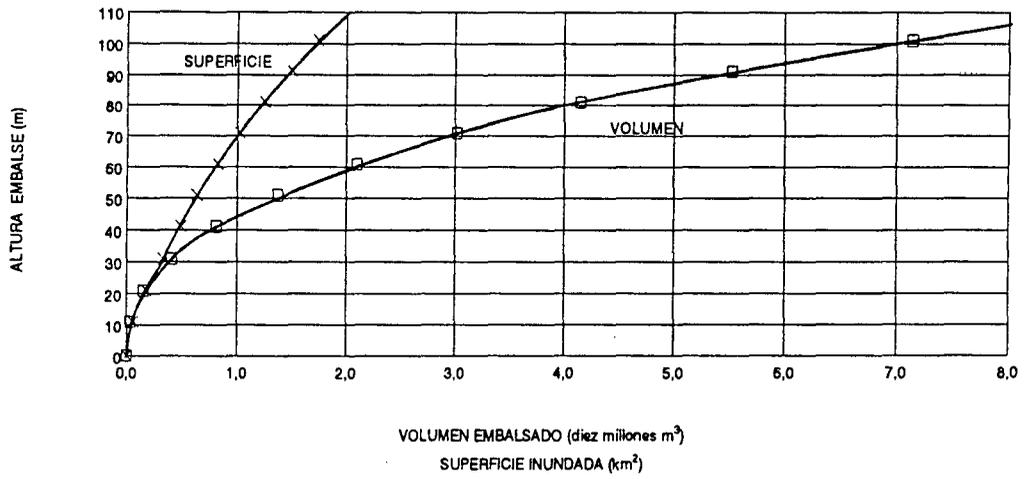
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
101	98	4,810	66,600	13,85
81	78	2,768	38,000	13,73
61	58	1,277	18,000	14,09
41	38	0,458	6,400	13,96

EMBALSE EL GAUCHO

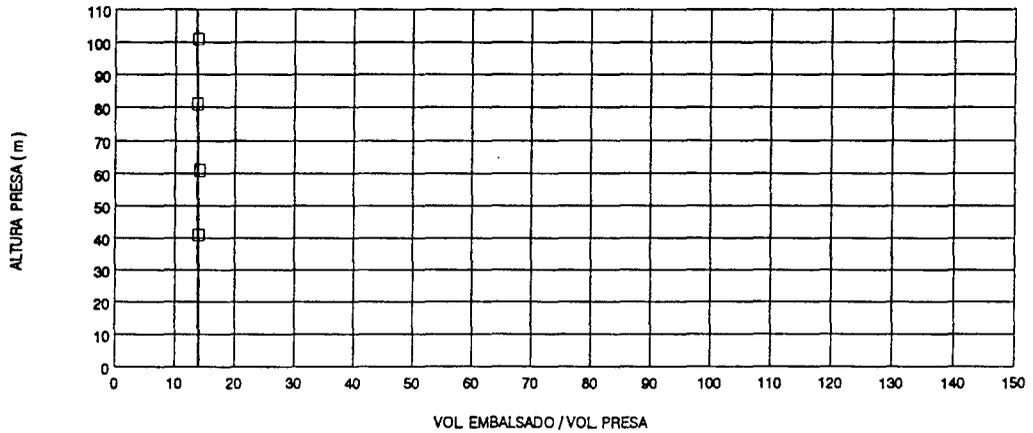
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL. EMBALSADO / VOL. PRESA



EMBALSE QUELEN

Cota base : 697,5 msnm

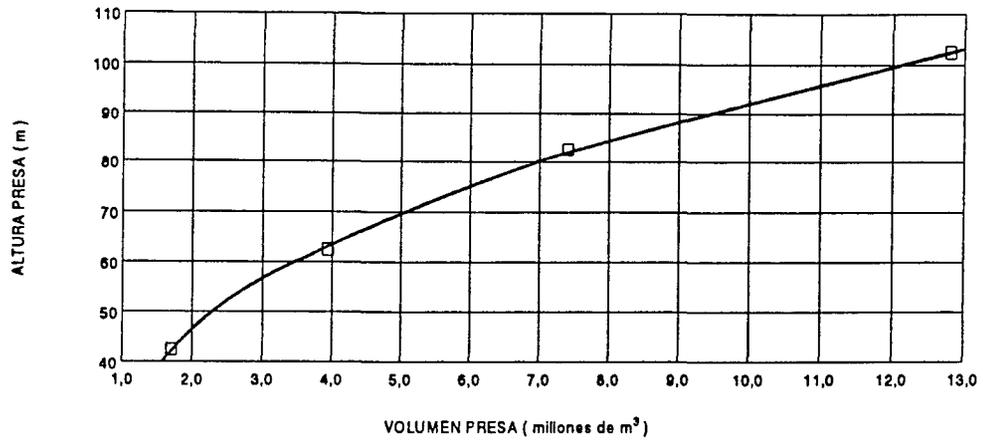
COTA CORONAMIENTO	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
800,0	102,5	12,805
780,0	82,5	7,405
760,0	62,5	3,943
740,0	42,5	1,702
697,5	0,0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
800,0	102,5	33,022	8,039
790,0	92,5	25,540	6,925
780,0	82,5	19,175	5,806
770,0	72,5	13,859	4,826
760,0	62,5	9,516	3,859
750,0	52,5	6,132	2,908
740,0	42,5	3,621	2,114
730,0	32,5	1,844	1,441
720,0	22,5	0,747	0,752
710,0	12,5	0,208	0,326
700,0	2,5	0,009	0,072
697,5	0,0	0,000	0,000

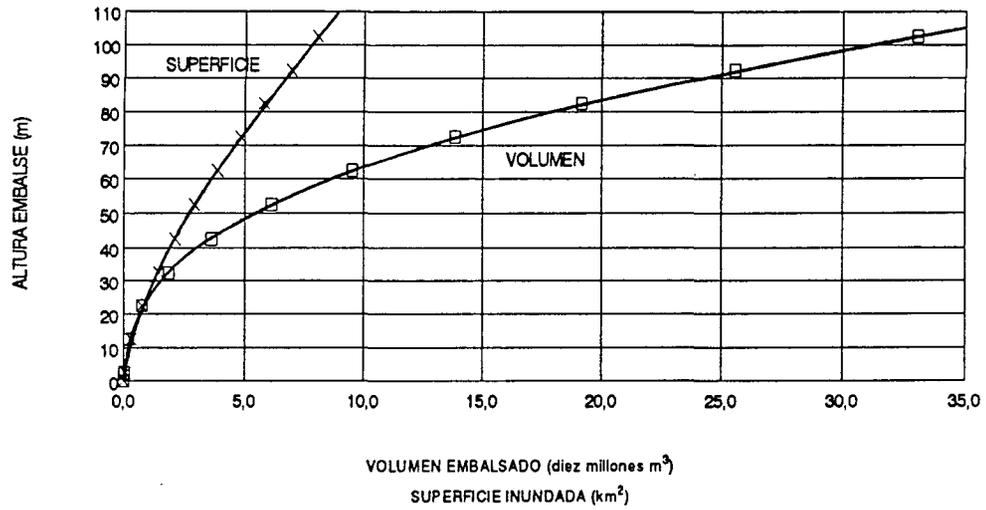
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
102,5	99,5	12,805	307,500	24,01
82,5	79,5	7,405	168,000	22,69
62,5	59,5	3,943	83,750	21,24
42,5	39,5	1,702	32,500	19,09

EMBALSE QUELEN

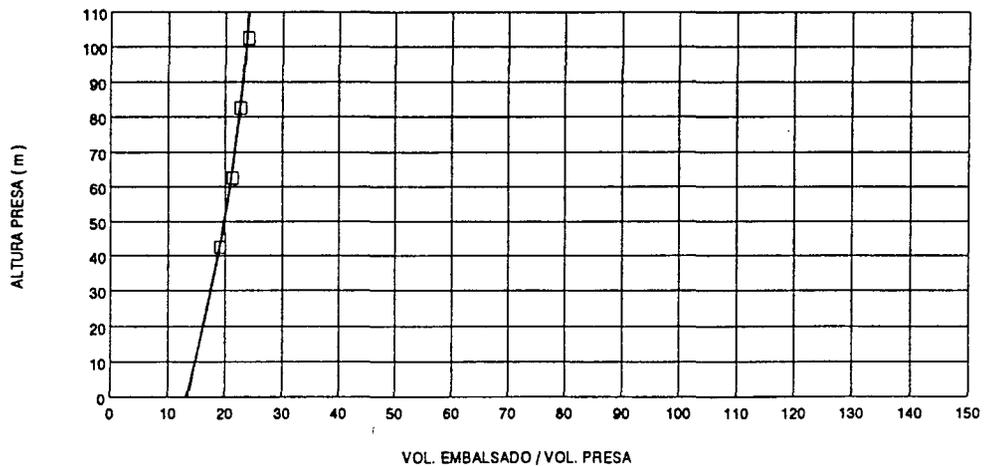
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL. EMBALSADO / VOL. PRESA



EMBALSE MAL PASO

Cota base : 350,0 msnm

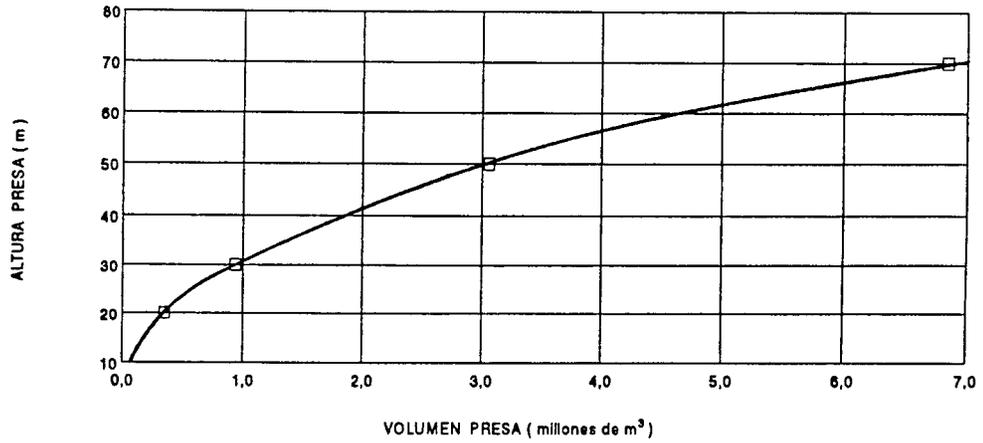
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
420	70	6,840
400	50	3,065
380	30	0,940
370	20	0,349
350	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
420	70	38,572	14,338
410	60	25,832	11,142
400	50	16,109	8,304
390	40	9,119	5,675
380	30	4,546	3,473
370	20	1,792	2,033
360	10	0,388	0,776
350	0	0,000	0,000

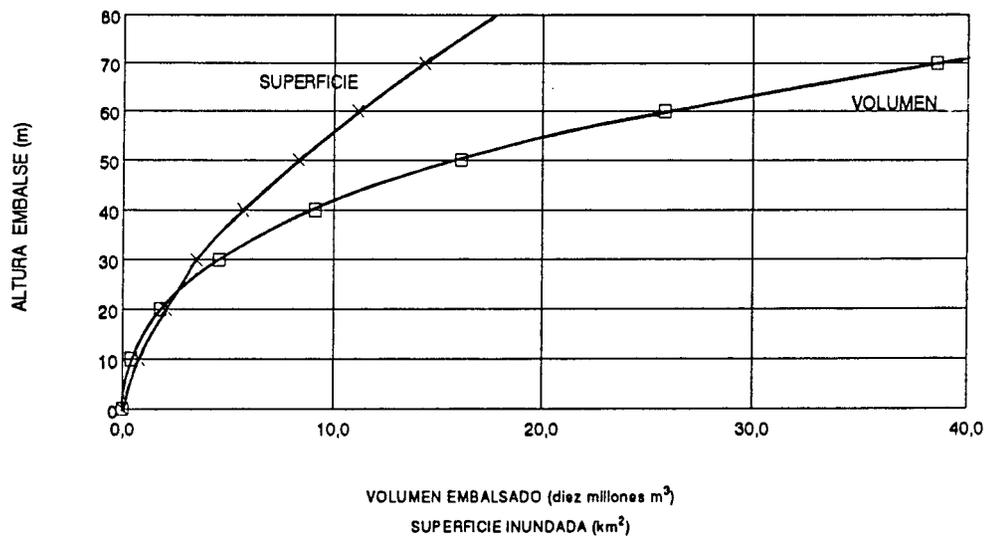
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
70	67	6,840	350,000	51,17
50	47	3,065	137,500	44,87
30	27	0,940	36,250	38,55
20	17	0,349	13,000	37,22

EMBALSE MAL PASO

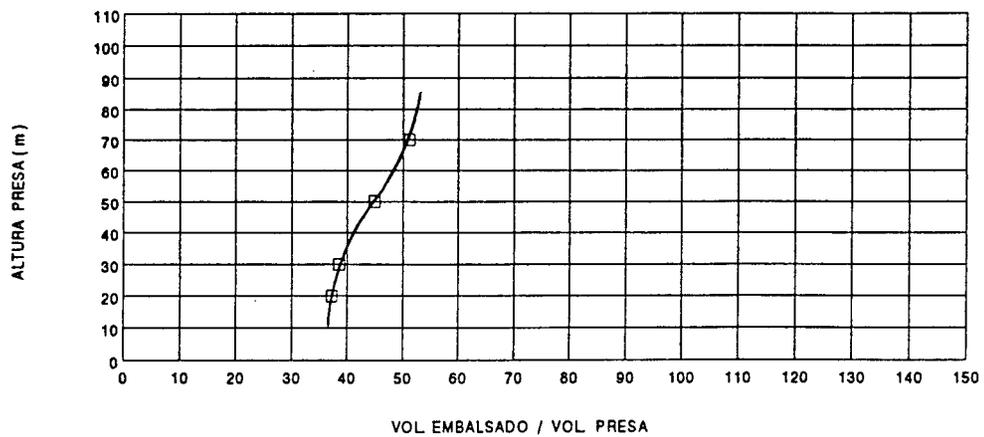
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE CERRILLOS

Cota base : 290,0 msnm

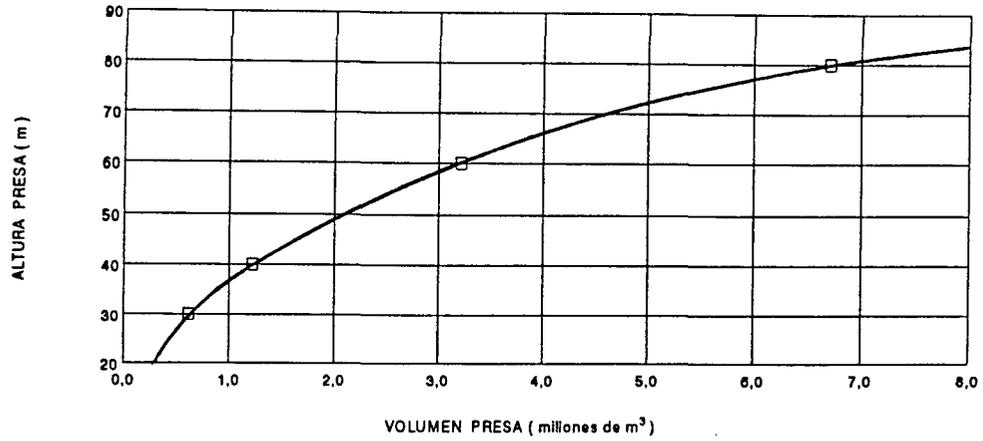
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
370	80	6,712
350	60	3,217
330	40	1,216
320	30	0,614
290	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
370	80	36,537	11,184
360	70	26,392	9,105
350	60	18,191	7,299
340	50	11,648	5,787
330	40	6,682	4,145
320	30	3,251	2,716
310	20	1,217	1,352
300	10	0,271	0,541
290	0	0,000	0,000

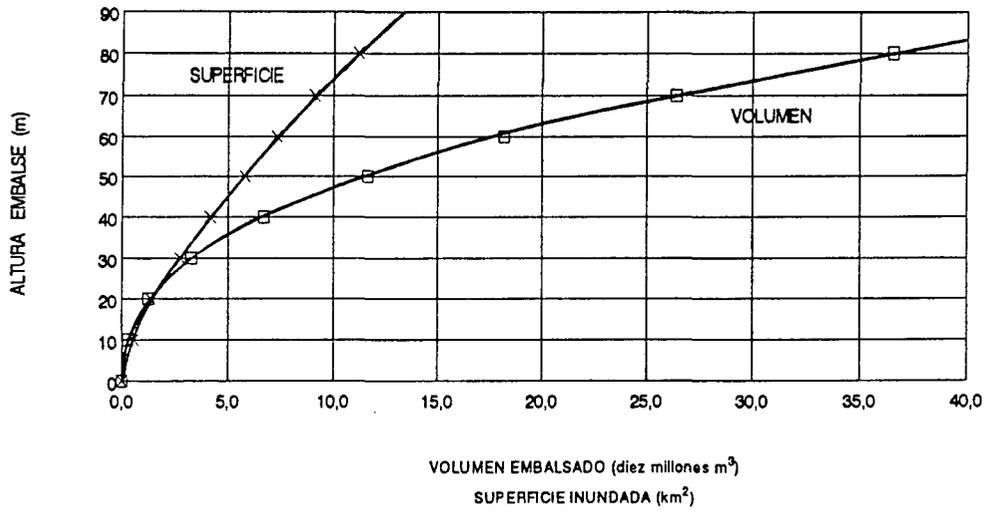
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
80	77	6,712	340,250	50,69
60	57	3,217	165,000	51,29
40	37	1,216	56,250	46,24
30	27	0,614	26,250	42,75

EMBALSE CERRILLOS

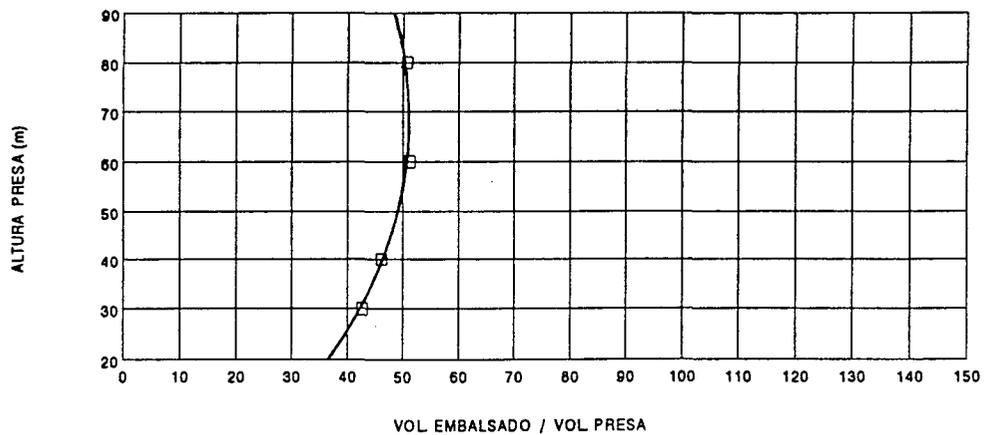
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE LIMAHUIDA

Cota base : 274,5 msnm

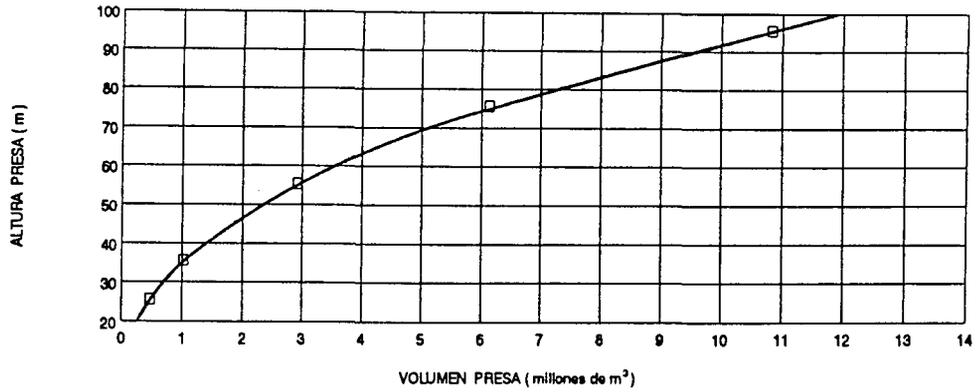
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
370	95,5	10,829
350	75,5	6,141
330	55,5	2,917
310	35,5	1,017
300	25,5	0,476
274,5	0,0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
370	95,5	64,067	19,310
360	85,5	46,774	15,275
350	75,5	33,172	11,929
340	65,5	22,513	9,389
330	55,5	14,306	7,027
320	45,5	8,329	4,927
310	35,5	4,329	3,073
300	25,5	1,884	1,818
290	15,5	0,541	0,868
280	5,5	0,038	0,137
274,5	0,0	0,000	0,000

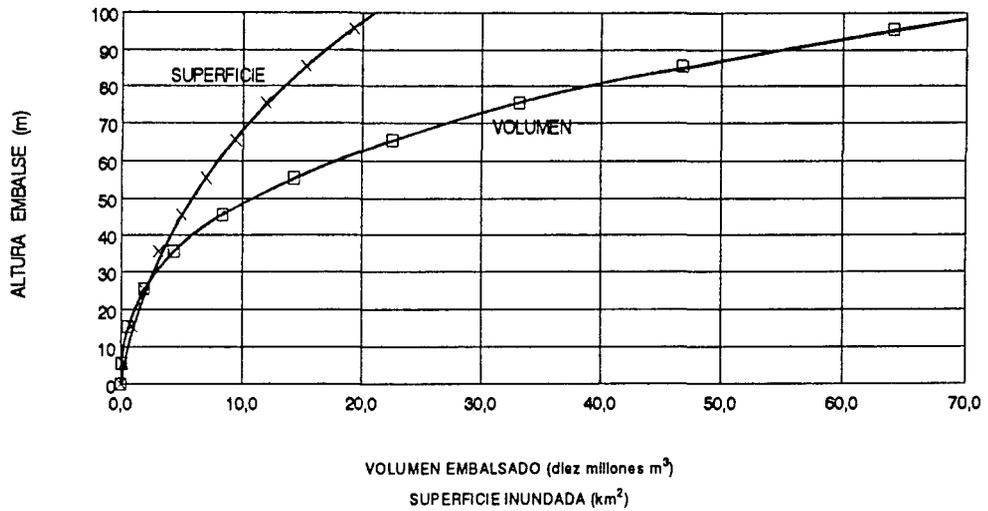
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
95,5	92,5	10,829	586,000	54,12
75,5	72,5	6,141	305,000	49,67
55,5	52,5	2,917	125,000	42,85
35,5	32,5	1,017	33,000	32,43
25,5	22,5	0,476	11,000	23,12

EMBALSE LIMAHUIDA

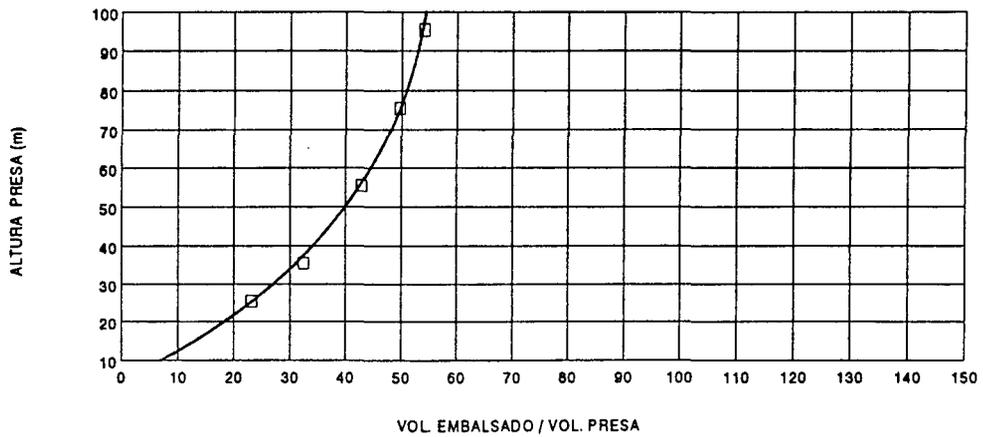
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL. PRESA



EMBALSE CANELILLO

Cota base : 158,0 msnm

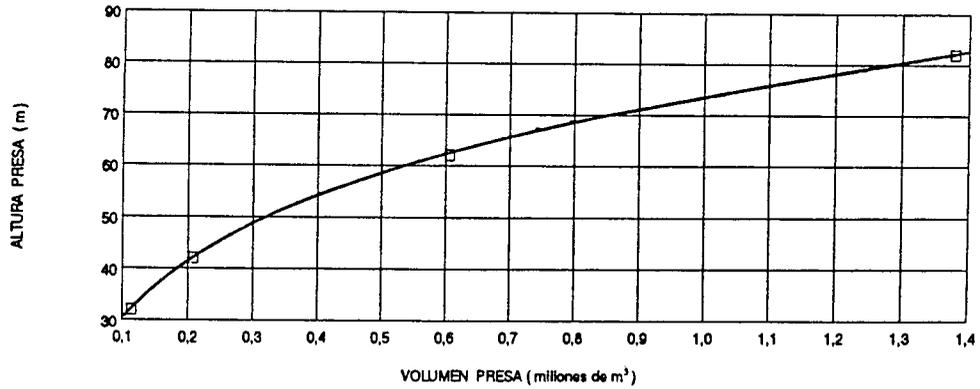
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
240	82	1,379
220	62	0,605
200	42	0,208
190	32	0,114
158	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
240	82	29,277	10,478
230	72	19,943	8,189
220	62	12,583	6,531
210	52	6,901	4,835
200	42	3,136	2,695
190	32	1,127	1,322
180	22	0,284	0,365
170	12	0,054	0,095
160	2	0,001	0,011
158	0	0,000	0,000

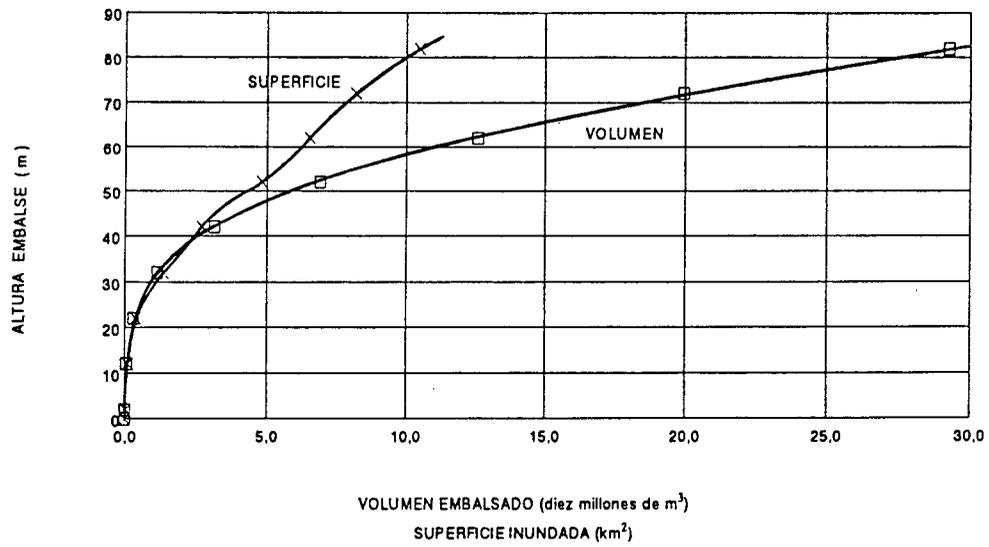
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
82	79	1,379	274,000	198,64
62	59	0,605	103,900	171,67
42	39	0,208	25,000	119,97
32	29	0,114	8,000	70,11

EMBALSE CANELILLO

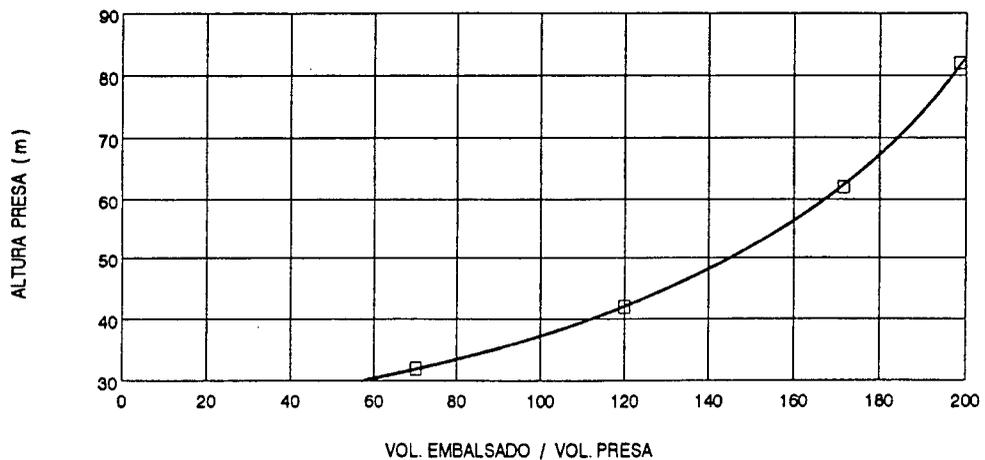
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL. EMBALSADO / VOL. PRESA



EMBALSE COYUNTAGUA

Cota base : 128,5 msnm

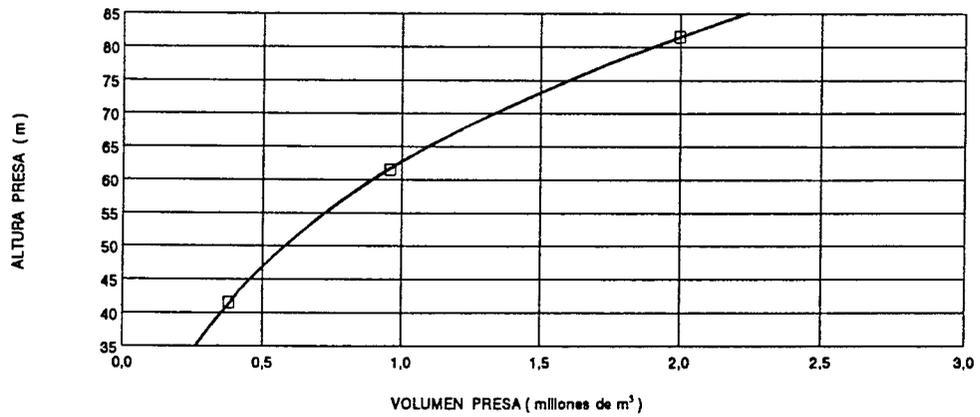
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
210	81,5	1,997
190	61,5	0,959
170	41,5	0,381
128,5	0,0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
210	81,5	22,822	10,002
200	71,5	14,466	6,709
190	61,5	8,912	4,398
180	51,5	5,368	2,691
170	41,5	3,104	1,837
160	31,5	1,574	1,223
150	21,5	0,569	0,785
140	11,5	0,094	0,166
130	1,5	0,001	0,019
128,5	0,0	0,000	0,000

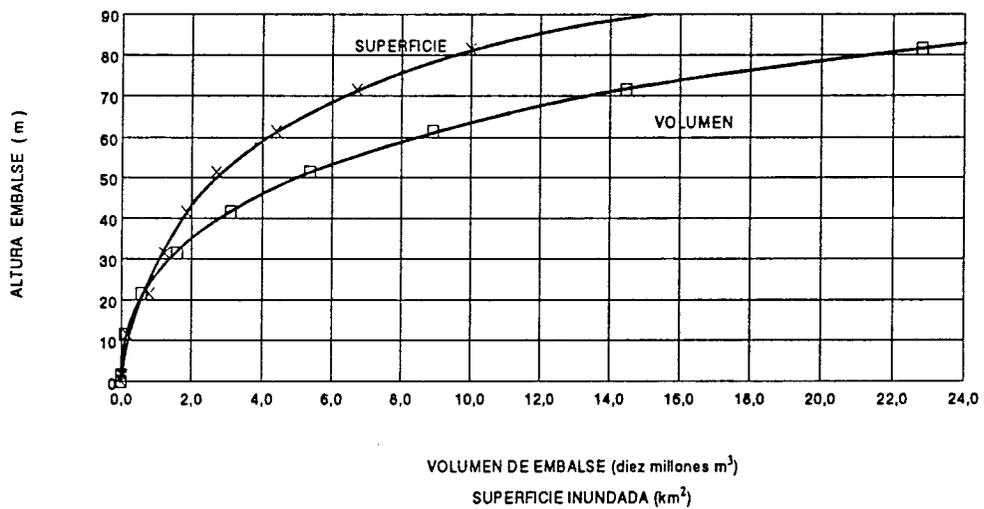
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
81,5	78,5	1,997	194,000	97,15
61,5	58,5	0,959	78,000	81,29
41,5	38,5	0,381	27,200	71,36

EMBALSE COYUNTAGUA

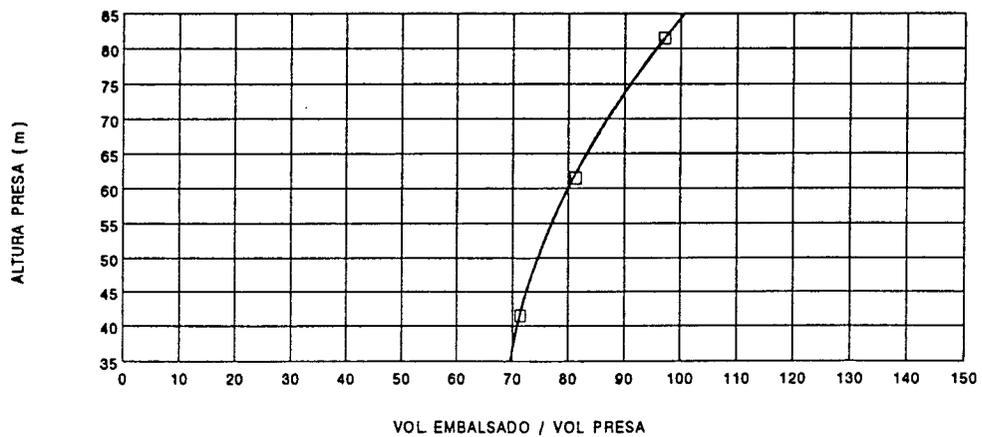
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE CAREN

Cota base : 859,0 msnm

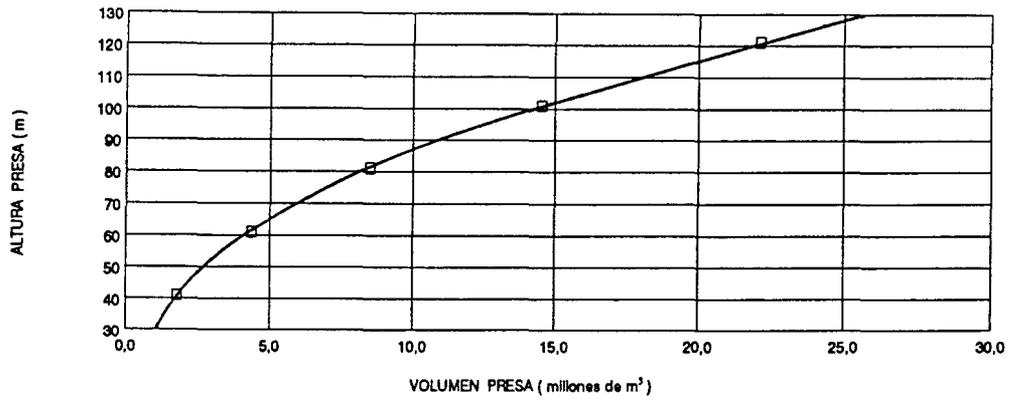
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
980	121	22,131
960	101	14,553
940	81	8,501
920	61	4,374
900	41	1,798
859	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
980	121	18,935	3,824
970	111	15,315	3,416
960	101	12,104	3,005
950	91	9,309	2,585
940	81	6,931	2,172
930	71	4,966	1,759
920	61	3,415	1,342
910	51	2,256	0,977
900	41	1,411	0,713
890	31	0,798	0,513
880	21	0,365	0,353
870	11	0,099	0,178
860	1	0,001	0,019
859	0	0,000	0,000

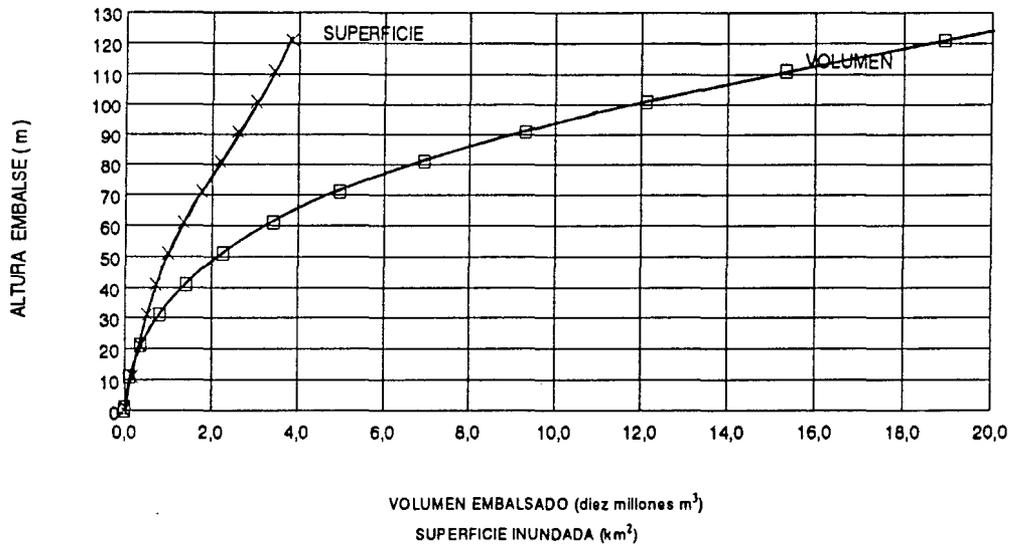
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
121	118	22,131	178,000	8,04
101	98	14,553	115,000	7,90
81	78	8,501	62,500	7,35
61	58	4,374	30,500	6,97
41	38	1,798	12,500	6,95

EMBALSE CAREN

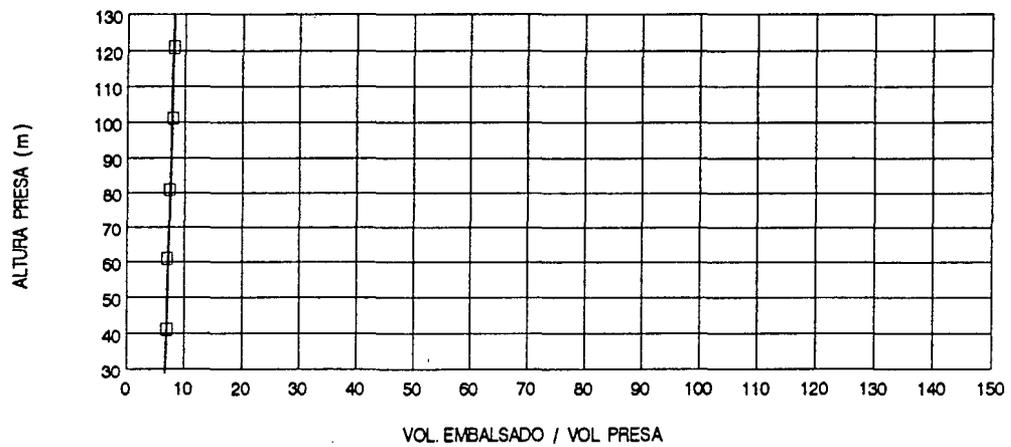
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL. EMBALSADO / VOL. PRESA



EMBALSE HUINTIL

Cota base : 650,0 msnm

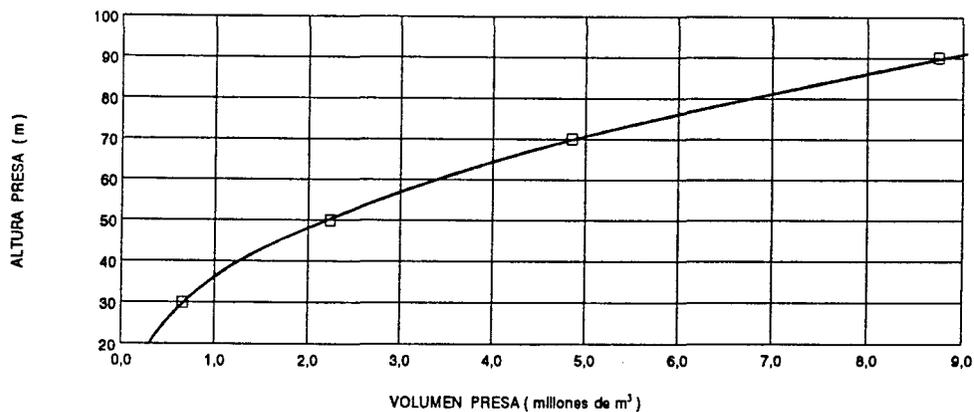
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
740	90	8,748
720	70	4,854
700	50	2,242
680	30	0,657
650	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
740	90	10,870	2,909
730	80	8,198	2,435
720	70	5,992	1,979
710	60	4,216	1,573
700	50	2,796	1,268
690	40	1,678	0,967
680	30	0,854	0,682
670	20	0,334	0,358
660	10	0,078	0,155
650	0	0,000	0,000

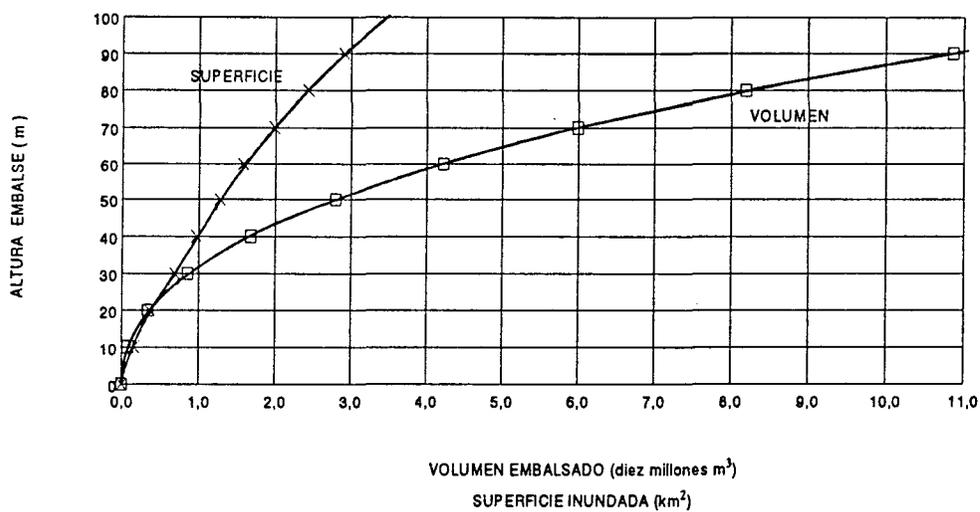
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
90	87	8,748	98,500	11,26
70	67	4,854	54,000	11,12
50	47	2,242	24,800	11,06
30	27	0,657	7,200	10,96

EMBALSE HUINTIL

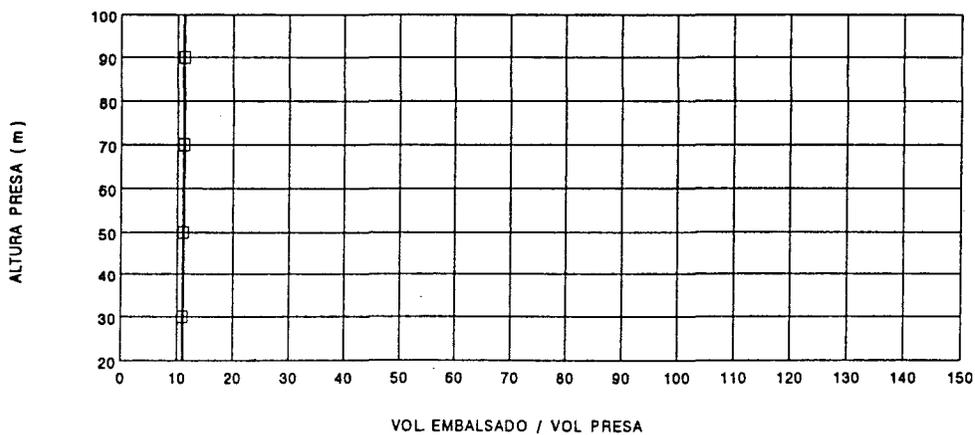
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL. EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE CUNLAGUA

Cota base : 785,0 msnm

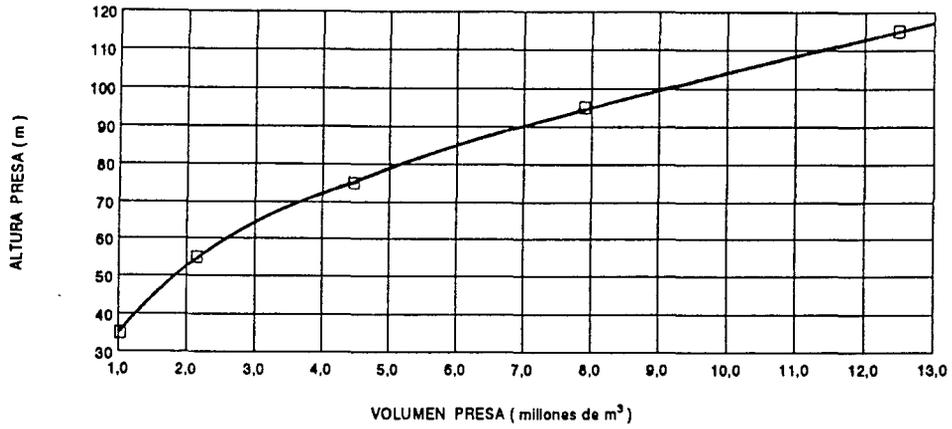
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
900	115	12,486
880	95	7,893
860	75	4,467
840	55	2,154
820	35	1,029
785	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
900	115	10,214	2,035
890	105	8,295	1,803
880	95	6,592	1,603
870	85	5,096	1,390
860	75	3,804	1,194
850	65	2,705	1,003
840	55	1,805	0,797
830	45	1,076	0,661
820	35	0,540	0,410
810	25	0,228	0,215
800	15	0,072	0,096
785	0	0,000	0,000

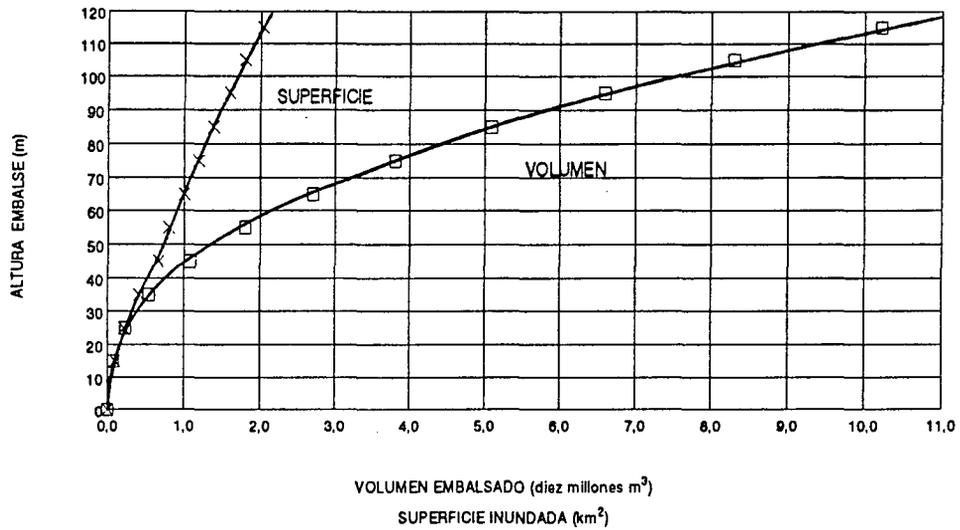
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
115	112	12,486	97,500	7,81
95	92	7,893	62,200	7,88
75	72	4,467	35,400	7,93
55	52	2,154	16,400	7,61
35	32	1,029	4,530	4,40

EMBALSE CUNLAGUA

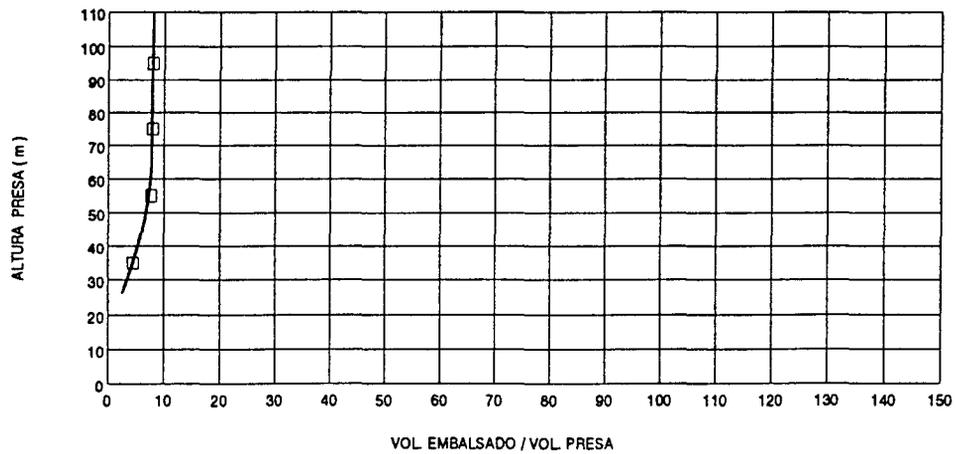
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE CORRALES

Cota base : 674,5 msnm

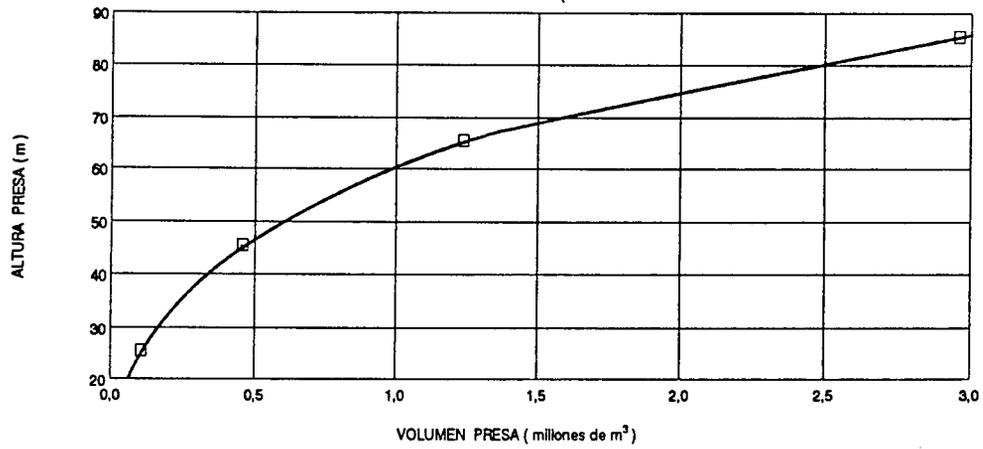
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
760	85,5	2,959
740	65,5	1,236
720	45,5	0,460
700	25,5	0,106
674,5	0,0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
760	85,5	9,443	3,377
750	75,5	6,400	2,708
740	65,5	4,069	1,955
730	55,5	2,387	1,408
720	45,5	1,227	0,912
710	35,5	0,525	0,492
700	25,5	0,166	0,226
690	15,5	0,030	0,046
680	5,5	0,002	0,008
674,5	0,0	0,000	0,000

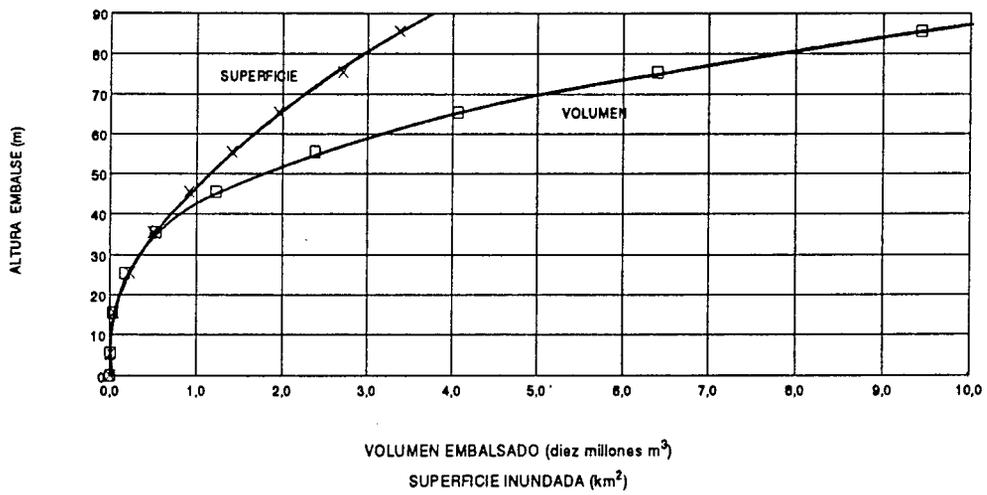
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
85,5	82,5	2,959	83,700	28,28
65,5	62,5	1,236	34,300	27,75
45,5	42,5	0,460	10,000	21,76
25,5	22,5	0,106	1,500	14,18

EMBALSE CORRALES

VOLUMEN DE LA PRESA

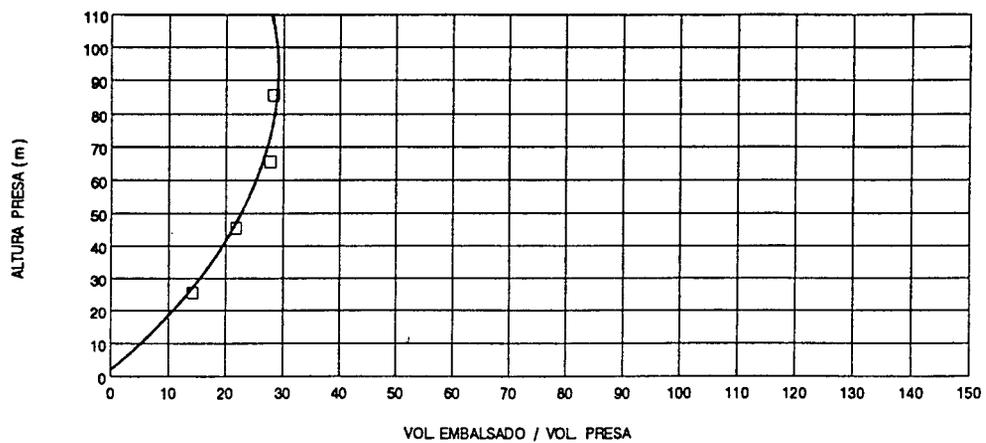


CURVAS DEL EMBALSE



VOLUMEN EMBALSADO (diez millones m³)
SUPERFICIE INUNDADA (km²)

RAZON VOL EMBALSADO / VOL. PRESA



EMBALSE SAUCE CALAM

Cota base : 643,0 msnm

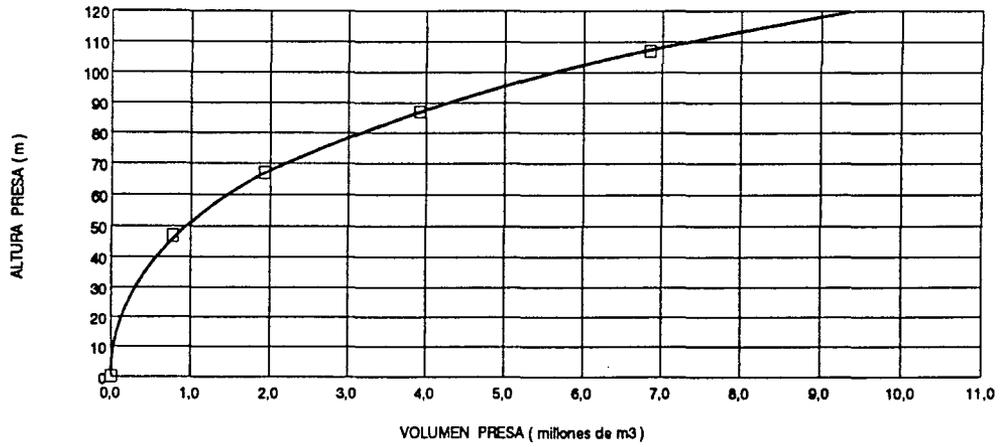
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
750	107	6,844
730	87	3,913
710	67	1,929
690	47	0,777
643	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
750	107	17,507	4,895
740	97	13,093	3,931
730	87	9,591	3,073
720	77	6,829	2,452
710	67	4,699	1,809
700	57	3,134	1,321
690	47	2,012	0,924
680	37	1,210	0,680
670	27	0,637	0,466
660	17	0,250	0,308
650	7	0,040	0,113
643	0	0,000	0,000

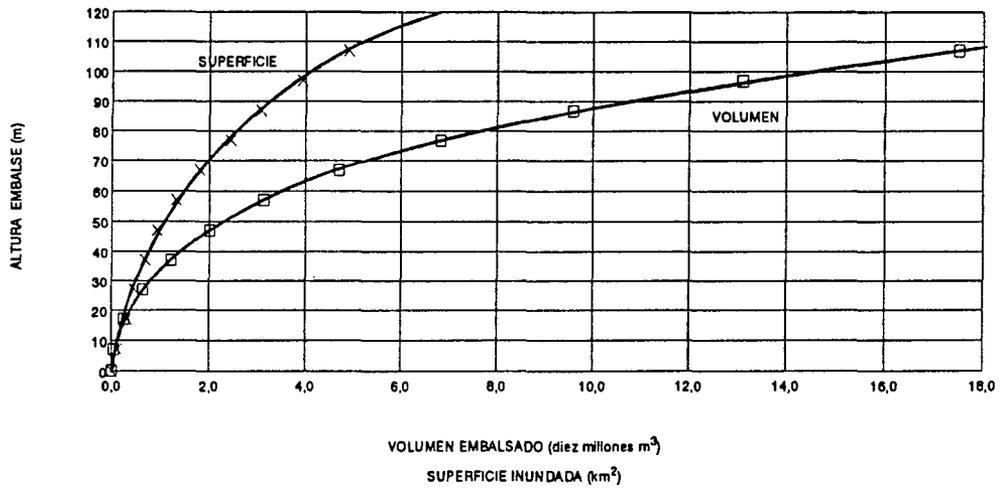
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
107	104	6,844	165,200	24,14
87	84	3,913	88,500	22,62
67	64	1,929	41,500	21,51
47	44	0,777	17,500	22,52

EMBALSE SAUCE CALAM

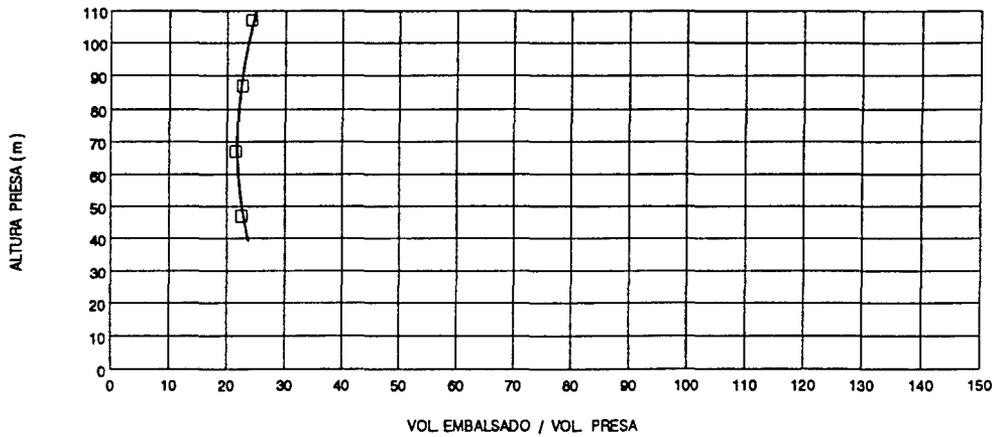
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL. PRESA



EMBALSE LAS ASTAS

Cota base : 340,0 msnm

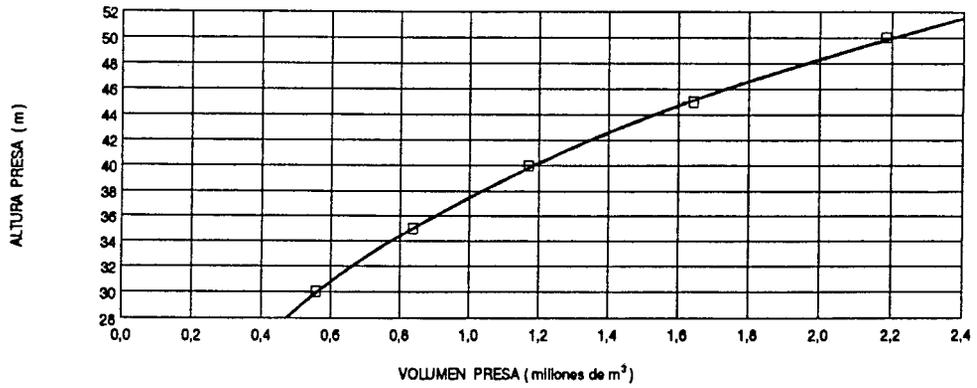
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
390	50	2,183
385	45	1,642
380	40	1,171
375	35	0,837
370	30	0,558
340	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
390	50	5,287	2,725
385	45	4,017	2,355
380	40	2,928	2,002
370	30	1,293	1,269
360	20	0,385	0,548
350	10	0,055	0,111
340	0	0,000	0,000

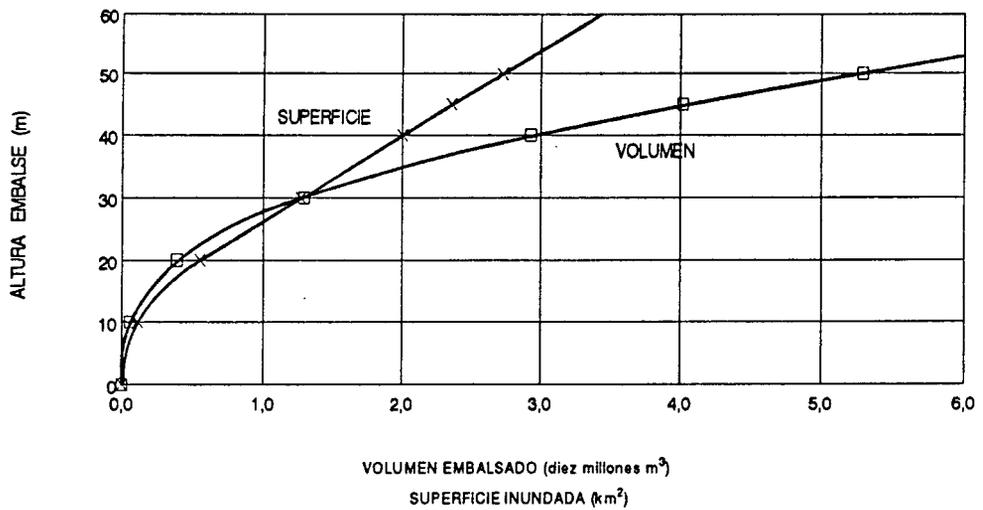
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
50	47	2,183	45,250	20,73
45	42	1,642	34,475	21,00
40	37	1,171	23,800	20,33
35	32	0,837	15,500	18,52
30	27	0,558	9,125	16,37

EMBALSE LAS ASTAS

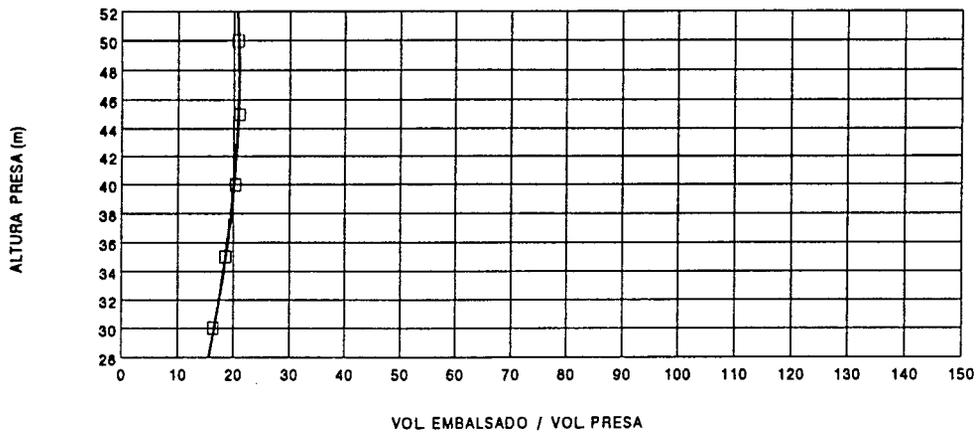
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE TRANCAS

Cota base : 447,5 msnm

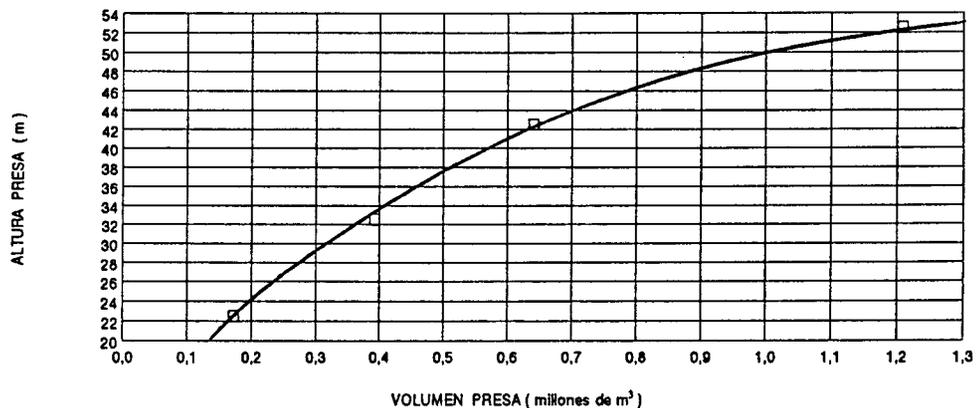
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
500	52,5	1,209
490	42,5	0,640
480	32,5	0,392
470	22,5	0,173
447,5	0,0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
500	52,5	4,739	2,197
490	42,5	2,833	1,615
480	32,5	1,478	1,096
470	22,5	0,618	0,624
460	12,5	0,163	0,287
450	2,5	0,004	0,031
447,5	0,0	0,000	0,000

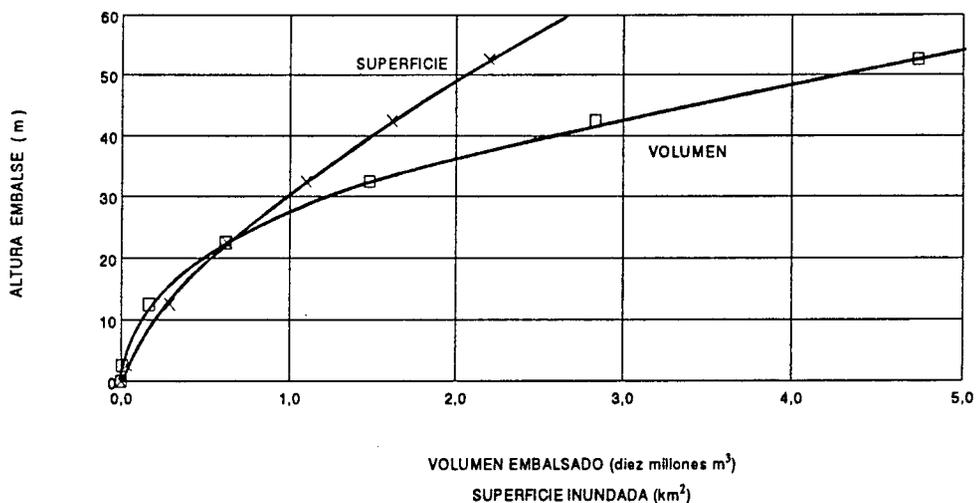
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
52,5	49,5	1,209	42,125	34,84
42,5	39,5	0,640	22,125	34,56
32,5	29,5	0,392	11,550	29,45
22,5	19,5	0,173	4,250	24,63

EMBALSE TRANCAS

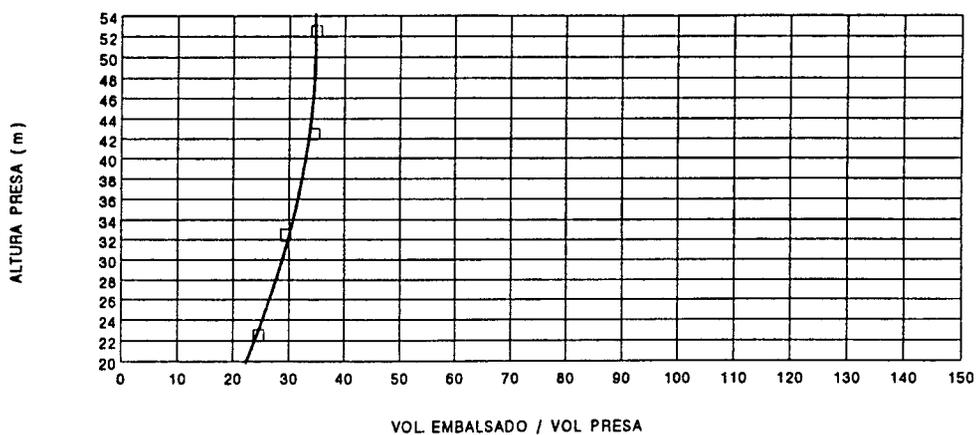
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE COLIHUE

Cota base : 395,0 msnm

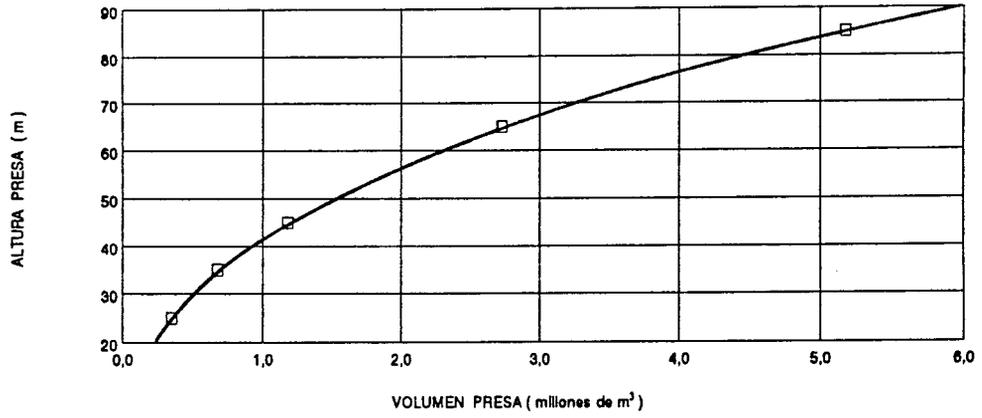
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
480	85	5,174
460	65	2,729
440	45	1,183
430	35	0,678
420	25	0,351
395	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
480	85	8,266	2,420
470	75	6,060	1,993
460	65	4,274	1,579
450	55	2,887	1,196
440	45	1,831	0,915
430	35	1,046	0,656
420	25	0,500	0,435
410	15	0,162	0,242
400	5	0,014	0,054
395	0	0,000	0,000

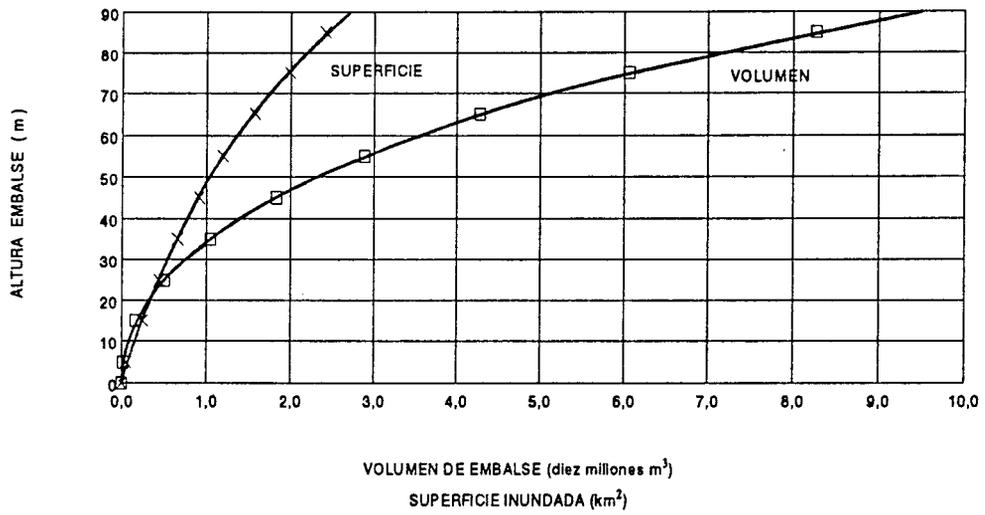
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
85	82	5,174	77,300	14,94
65	62	2,729	38,500	14,11
45	42	1,183	16,300	13,78
35	32	0,678	9,200	13,56
25	22	0,351	4,600	13,11

EMBALSE COLIHUE

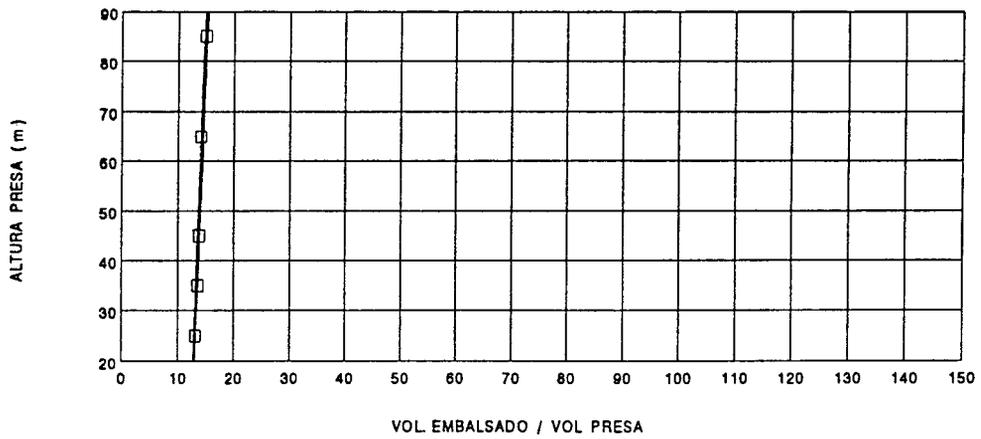
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL. EMBALSADO / VOL. PRESA



EMBALSE CHIRCAL

Cota base : 305,0 msnm

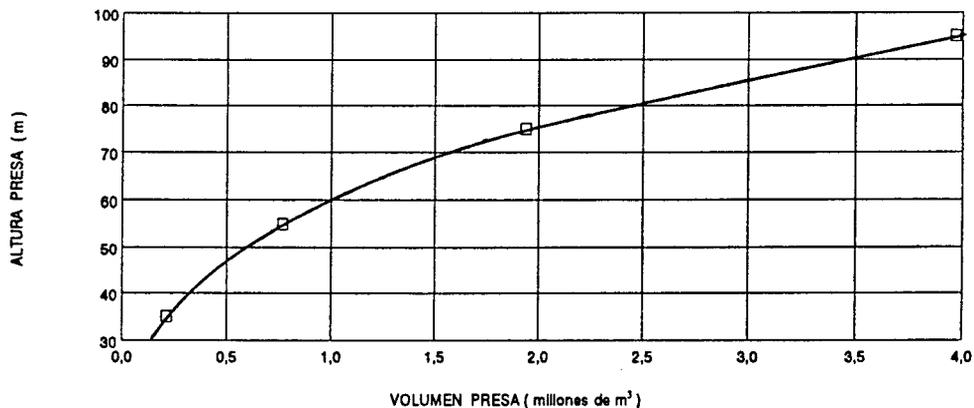
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
400	95	3,968
380	75	1,938
360	55	0,769
340	35	0,211
305	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
400	95	9,070	2,980
390	85	6,432	2,296
380	75	4,407	1,753
370	65	2,869	1,323
360	55	1,737	0,941
350	45	0,953	0,628
340	35	0,444	0,389
330	25	0,155	0,189
320	15	0,032	0,057
310	5	0,001	0,005
305	0	0,000	0,000

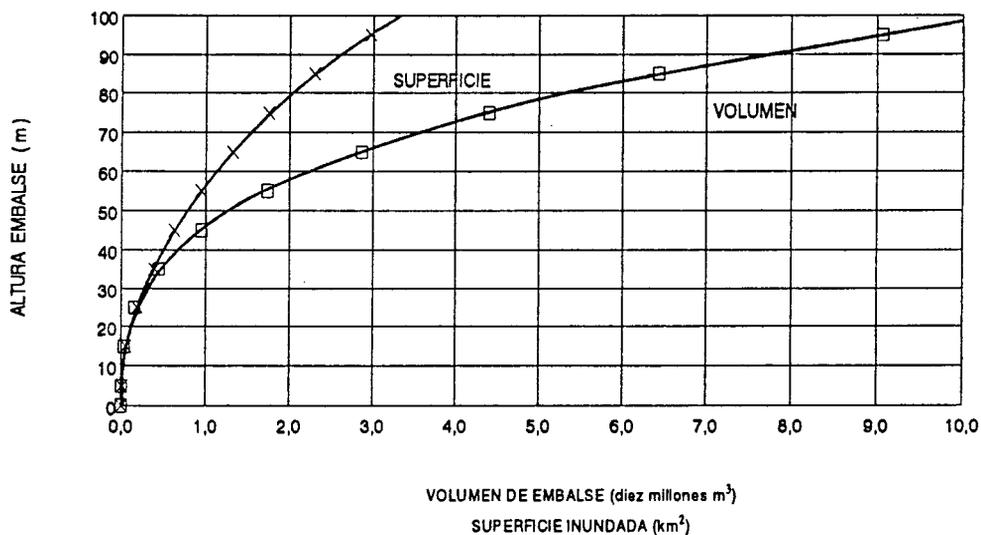
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
95	92	3,968	83,400	21,02
75	72	1,938	39,000	20,12
55	52	0,769	15,000	19,51
35	32	0,211	3,600	17,08

EMBALSE CHIRCAL

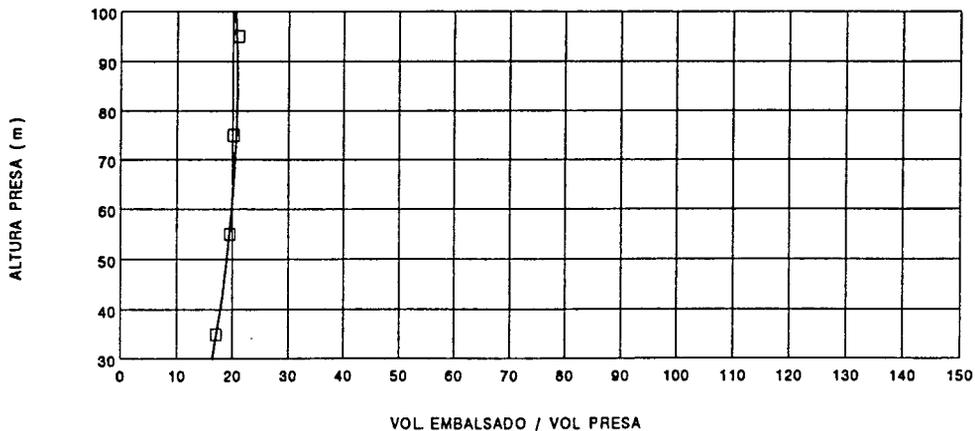
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE CANELA BAJA

Cota base : 232,0 msnm

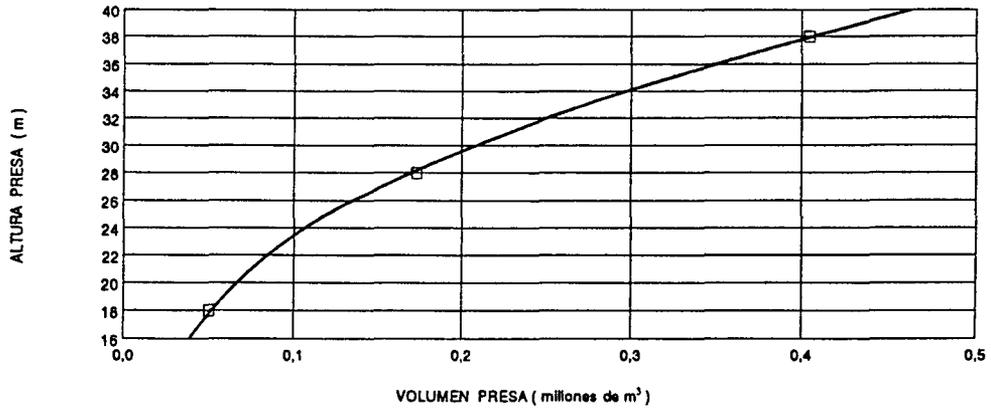
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
270	38	0,405
260	28	0,173
250	18	0,050
232	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
270	38	2,079	1,475
260	28	0,890	0,904
250	18	0,243	0,390
240	8	0,021	0,053
232	0	0,000	0,000

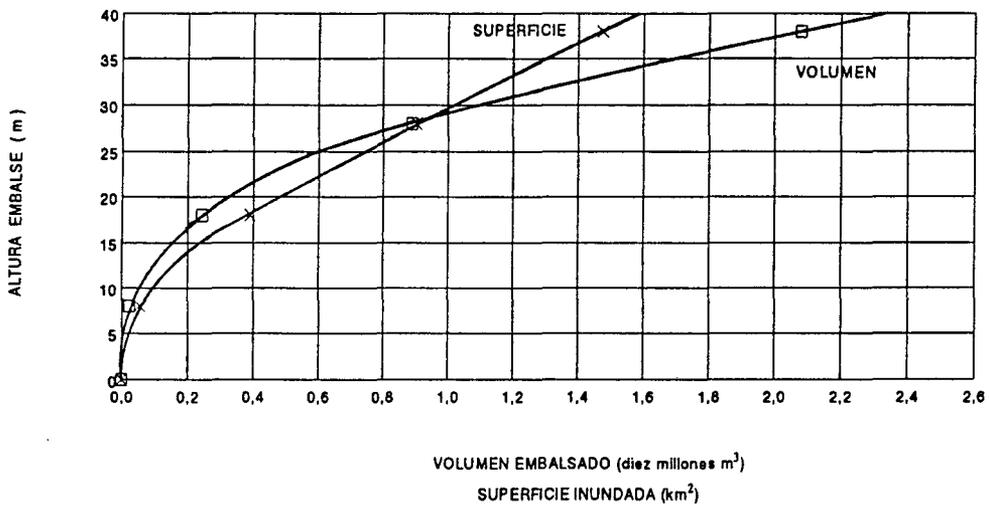
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
38	35	0,405	16,500	40,78
28	25	0,173	6,600	38,15
18	15	0,050	1,350	26,83

EMBALSE CANELA BAJA

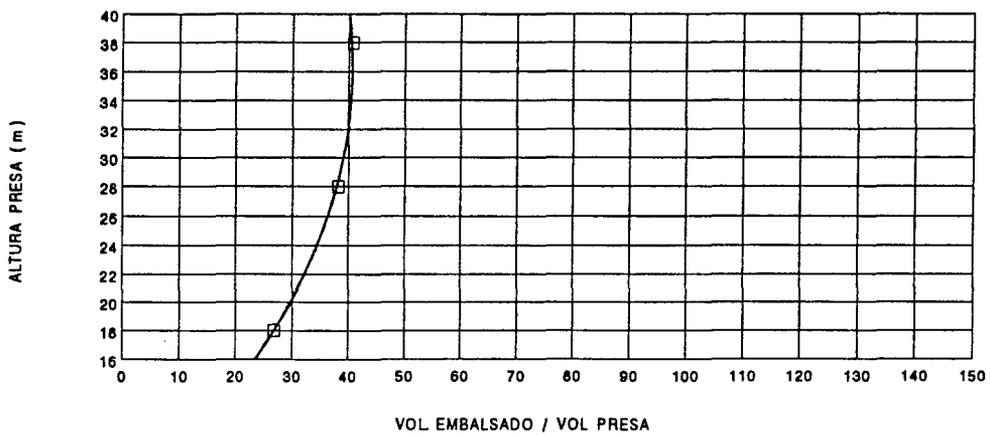
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE LA CHIRQUILLA

Cota base : 74,0 msnm

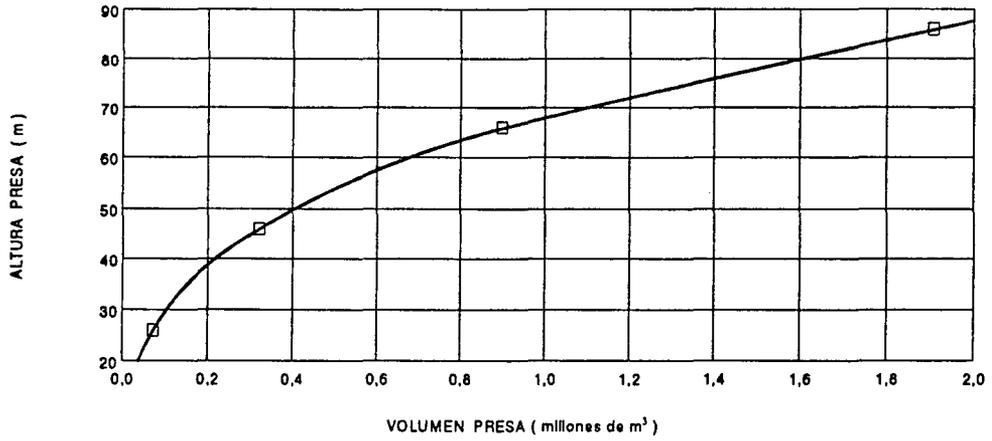
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
160	86	1,908
140	66	0,898
120	46	0,321
100	26	0,071
74	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
160	86	6,406	2,327
150	76	4,368	1,750
140	66	2,839	1,307
130	56	1,732	0,907
120	46	0,972	0,614
110	36	0,478	0,374
100	26	0,185	0,212
90	16	0,045	0,068
80	6	0,004	0,014
74	0	0,000	0,000

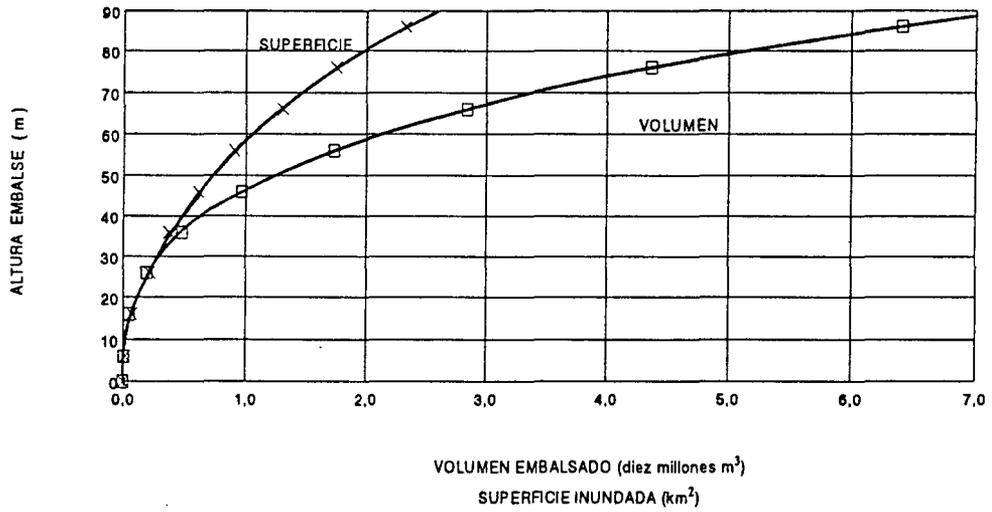
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
86	83	1,908	59,000	30,93
66	63	0,898	25,500	28,38
46	43	0,321	8,300	25,87
26	23	0,071	1,300	18,19

EMBALSE LA CHIRQUILLA

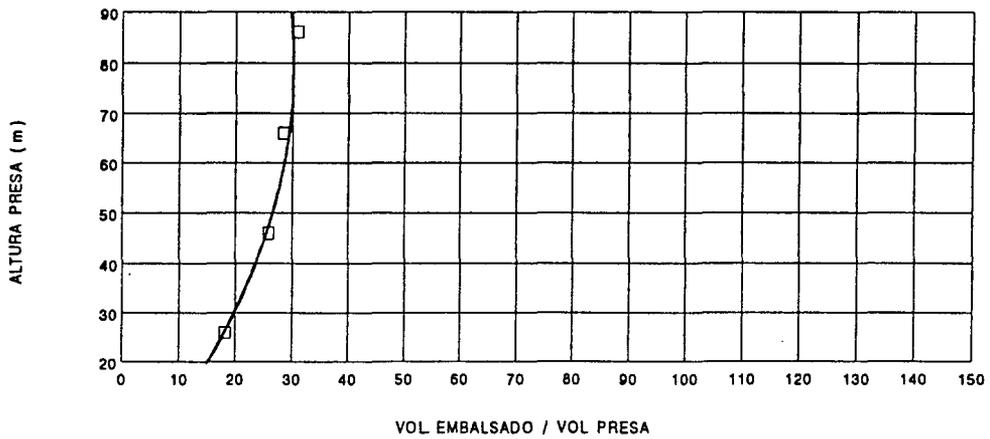
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE HUINCHIGUALLEO

Cota base : 63,0 msnm

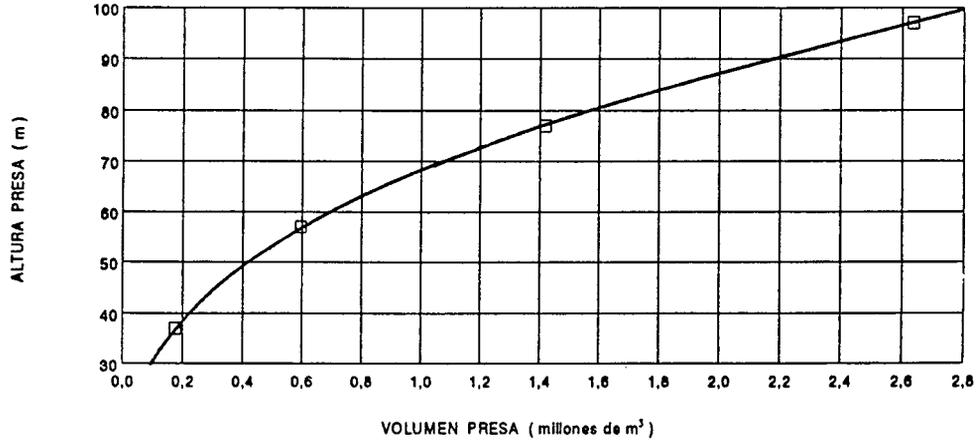
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
160	97	2,635
140	77	1,418
120	57	0,596
100	37	0,176
63	0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
160	97	8,821	2,925
150	87	6,232	2,252
140	77	4,239	1,735
130	67	2,758	1,225
120	57	1,700	0,892
110	47	0,957	0,593
100	37	0,472	0,377
90	27	0,193	0,183
80	17	0,062	0,079
70	7	0,009	0,026
63	0	0,000	0,000

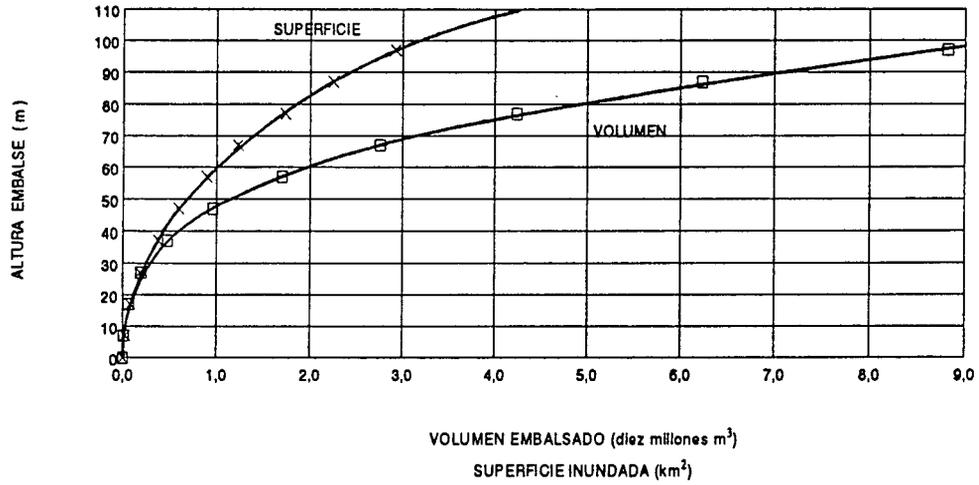
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
97	94	2,635	80,000	30,36
77	74	1,418	39,300	27,71
57	54	0,596	15,100	25,34
37	34	0,176	3,900	22,22

EMBALSE HUINCHIGUALLEO

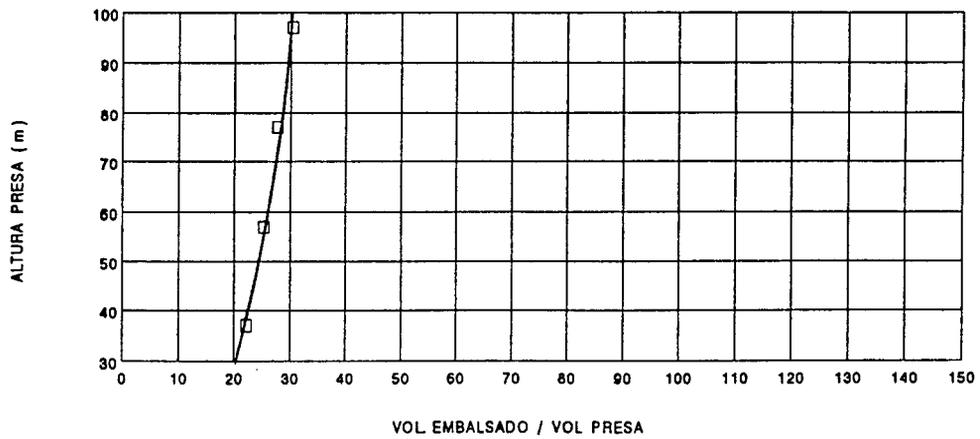
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



EMBALSE MINCHA

Cota base : 37,5 msnm

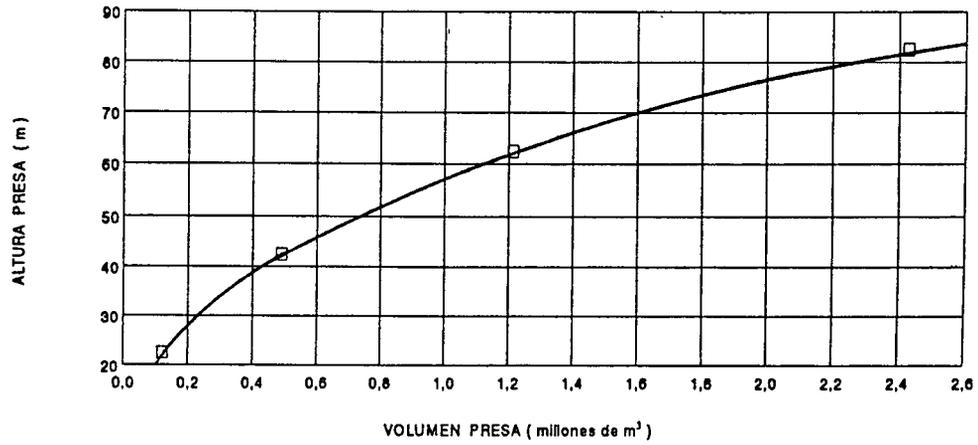
COTA CORONAMIENTO (msnm)	ALTURA PRESA (m)	VOLUMEN PRESA (mill. m ³)
120	82,5	2,428
100	62,5	1,213
80	42,5	0,491
60	22,5	0,122
37,5	0,0	0,000

COTA EMBALSE (msnm)	ALTURA EMBALSE (m)	VOLUMEN EMBALSADO (diez mill. m ³)	SUPERFICIE INUNDADA (km ²)
120	82,5	16,666	4,716
110	72,5	12,397	3,822
100	62,5	8,956	3,060
90	52,5	6,241	2,371
80	42,5	4,121	1,868
70	32,5	2,468	1,439
60	22,5	1,210	1,077
50	12,5	0,358	0,627
40	2,5	0,009	0,071
37,5	0,0	0,000	0,000

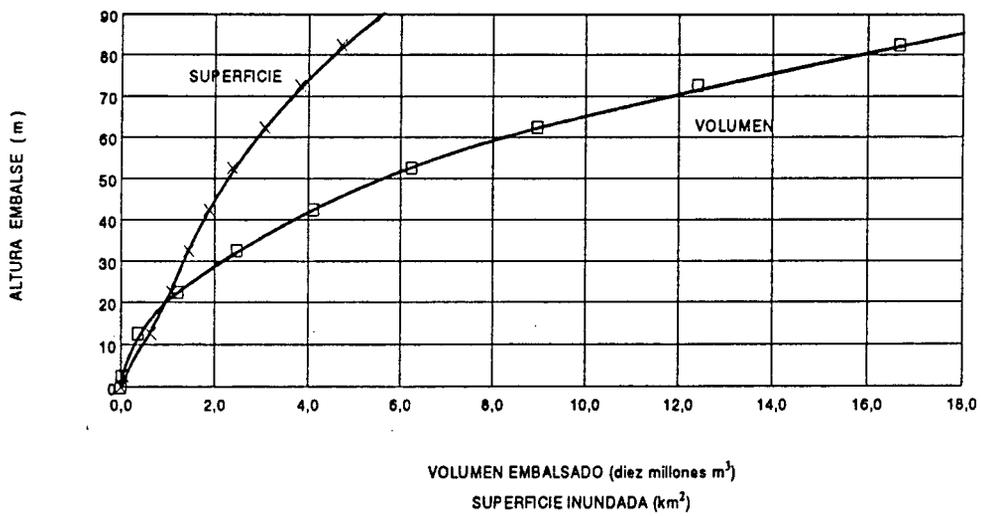
ALTURA DE PRESA (m)	ALTURA DE EMBALSE (m)	VOLUMEN DE PRESA (Vp) (mill. m ³)	VOLUMEN EMBALSE (Ve) (mill. m ³)	RAZON Ve / Vp
82,5	79,5	2,428	156,000	64,26
62,5	59,5	1,213	81,900	67,53
42,5	39,5	0,491	36,200	73,74
22,5	19,5	0,122	9,500	78,18

EMBALSE MINCHA

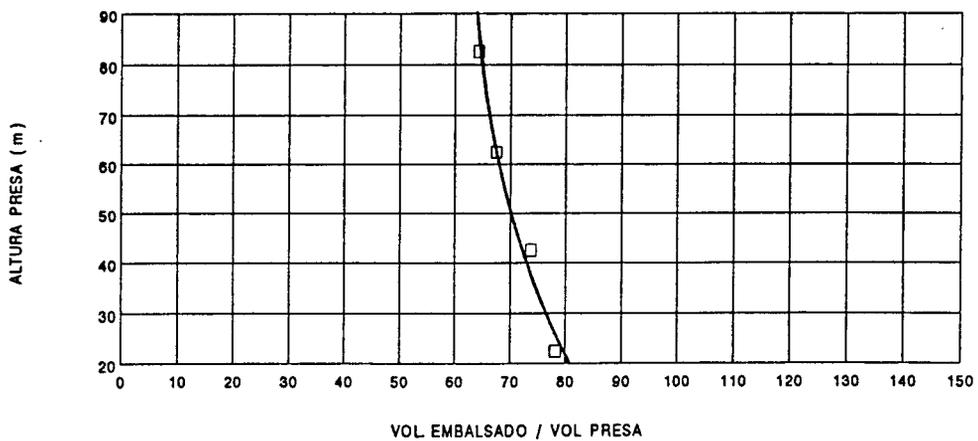
VOLUMEN DE LA PRESA



CURVAS DEL EMBALSE



RAZON VOL EMBALSADO / VOL PRESA



3.2 LISTA DE EMBALSES CON SUS CARACTERISTICAS

Para poder iniciar los estudios tendientes a definir las soluciones más atractivas y para determinar sus características, en primer lugar fue necesario escoger para cada embalse una altura única de la presa. Esta altura preliminar, que posteriormente fue revisada y calculada en forma más rigurosa en los embalses que se siguió analizando, fue determinada, para esta etapa inicial, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Se estableció que cada embalse debía ser capaz de almacenar 1,5 veces el volumen medio afluente a él durante los meses de invierno (mayo a agosto, ambos inclusive). Este cálculo se realizó sobre la base de una estimación muy preliminar de los caudales afluentes a cada embalse. El coeficiente 1,5 permitiría tomar en cuenta diversos factores, tales como la posibilidad de embalsar mayores caudales durante los años de hidrología favorable o de efectuar una regulación multianual y, además, para considerar las pérdidas debido al volumen no aprovechable (volumen muerto), a la evaporación o a otras causas.

Es interesante destacar que con el criterio mencionado se obtuvieron alturas de presa similares a las recomendadas en los estudios efectuados por la Dirección de Riego en las angosturas Mal Paso, Cerrillos, Limáhuida, Canelillo, Huintil y Las Astas.

En el caso de este último embalse, Las Astas, los recursos hídricos serían aportados fundamentalmente por el canal Buzeta (2,5 m³/s), que se ha supuesto que operaría como alimentador del embalse durante 4 meses del invierno. Se ha supuesto que sólo un mes se destinaría a la limpieza del canal. Algo similar se haría en el caso de los embalses Corrales y Sauce Calam en el estero Camisas. Para estos dos embalses se ha considerado la construcción de un túnel de 5 km de longitud y de sección mínima, que permitiría traspasar recursos del río Choapa hacia el estero Camisas. El aprovechamiento del canal Silvano (1,6 m³/s) no es factible, ya que se requiere trasvasar del orden de los 4 m³/s. Por esta razón se ha pensado construir un canal especial para este efecto y que tenga la menor longitud posible. Agrandar el canal Silvano no sería adecuado ya que la obra adicional es de tal magnitud que prácticamente dejaría al canal Silvano fuera de servicio por más de una temporada, lo cual obviamente no es posible.

- En los casos en que existen limitantes impuestas por la topografía, por viviendas, por obras de infraestructura, por derechos de agua constituidos o por otros motivos, se ha considerado la presa más alta compatible con esas condicionantes.

En el cuadro 6.1.1-1 de la página siguiente, denominado "Volúmenes estimativos de embalse requeridos", se indican los volúmenes que, estimativamente para esta primera etapa, deberían almacenarse en cada uno de los embalses identificados. Aún cuando en este cuadro se indican aproximadamente los caudales medios mensuales que afluirían a cada embalse, para la determinación de los volúmenes a embalsar sólo se han considerado los caudales de los meses de mayo a agosto, ambos inclusive. En la penúltima y última columna de este cuadro, se indican el volumen estimativo de regulación requerido y el volumen de embalse por adoptar, que corresponde a un redondeo de la cifra anterior.

En el cuadro 6.1.1-2, "Características de los embalses identificados", que se presenta en la página subsiguiente, se indican para cada uno de los embalses identificados, sus características geométricas, vale decir:

- Cota del embalse (nivel de aguas máximas normales)
- Cota coronamiento presa
- Altura de la presa
- Superficie inundada
- Volumen embalsado (V_e)
- Volumen de la presa (V_p)
- Relación V_e/V_p

Se recalca que las alturas adoptadas para las presas sólo tienen por objeto el tener una visión de conjunto de las características de los distintos embalses.

CUADRO N° 6.1.1-1
VOLUMENES ESTIMATIVOS DE EMBALSE REQUERIDOS

EMBALSE	Estadística caudal afluente	Caudales medios mensuales afluentes al embalse (m ³ /s)												Volumen regulac. (mill.m ³) x 1,5	Volumen embalse (mill. m ³)
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M		
El Gaucho	1,1 x R.Choapa sobre R. Del Valle	4,27	3,98	4,28	1,49	3,30	6,96	15,64	26,08	24,13	14,52	6,59	5,10	50,7	55,0
Quelén	0,95 x Río Choapa en Salamanca	2,06	2,91	4,66	8,22	7,62	8,00	14,64	25,23	23,25	12,50	7,07	1,67	91,0	95,0
Mal Paso	0,95 x Río Choapa en Limáhuida	2,71	4,08	7,34	12,83	13,97	9,96	14,66	26,54	28,98	10,77	3,41	2,55	148,6	150,0
Cerrillos	0,97 x Río Choapa en Limáhuida	2,76	4,16	7,50	13,10	14,26	10,17	14,97	27,10	29,59	11,00	3,48	2,60	151,7	160,0
Limáhuida	Río Choapa en Limáhuida	2,85	4,29	7,73	13,51	14,70	10,48	15,43	27,94	30,51	11,34	3,59	2,68	156,4	160,0
Canelillo	Río Choapa en Puente Negro	3,55	4,59	8,15	12,98	10,95	10,84	14,36	26,37	24,66	10,50	3,21	3,26	142,6	150,0
Coyuntagua	0,96 x R. Choapa a. arriba La Canela	4,23	4,99	8,25	18,60	14,20	11,00	15,24	26,19	24,95	13,77	4,05	3,81	179,0	185,0
Carén	0,5 x (Illapel en Las Burras + Huintil)	1,56	1,59	1,68	1,84	2,01	2,90	3,71	6,13	6,42	3,29	2,07	1,60	27,6	30,0
Huintil	Río Illapel en Huintil	1,63	1,75	1,96	2,24	2,22	3,60	4,10	6,25	6,52	3,40	2,08	1,67	31,8	35,0
Cunlagua	Río Chalinga en San Agustín	0,46	0,57	0,81	0,96	0,91	0,89	0,76	0,90	0,91	0,53	0,37	0,39	12,6	15,0
Corrales	0,6 x E.Camisas+1,6 m ³ /s inv.c.Silvano	0,41	1,95	2,37	3,45	1,39	1,33	0,52	0,77	0,54	0,42	0,41	0,34	35,6	40,0
Sauce Calam	0,63xE.Camisas+1,6 m ³ /s inv.c.Silvano	0,43	1,97	2,41	3,54	1,46	1,39	0,55	0,81	0,57	0,44	0,43	0,35	36,5	40,0
Las Astas	2,5 m ³ /s Canal Buzeta en invierno		2,50	2,50	2,50									29,2	35,0
Trancas	0,3 x Escorrentía en Canela Baja	0,02	0,14	0,13	0,09	0,31	0,14	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	2,6	5,0
Colihue	0,3 x Escorrentía en Canela Baja	0,02	0,14	0,13	0,09	0,31	0,14	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	2,6	5,0
Chircal	0,3 x Escorrentía en Canela Baja	0,02	0,14	0,13	0,09	0,31	0,14	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	2,6	5,0
Canela Baja	Escorrentía en Canela Baja	0,06	0,45	0,42	0,29	1,04	0,45	0,21	0,10	0,05	0,03	0,03	0,02	8,5	12,0
La Chirquilla	1,3 x Escorrentía en Canela Baja	0,08	0,59	0,55	0,38	1,35	0,59	0,27	0,13	0,07	0,04	0,04	0,02	11,1	15,0
Huinchigualleo	1,3 x Escorrentía en Canela Baja	0,08	0,59	0,55	0,38	1,35	0,59	0,27	0,13	0,07	0,04	0,04	0,02	11,1	15,0
Míncha	1,4 x Escorrentía en Canela Baja	0,08	0,63	0,59	0,41	1,45	0,63	0,29	0,14	0,07	0,04	0,04	0,02	11,9	15,0

- Volumen de regulación = 1,5 veces el volumen escurrido entre mayo y agosto
- En el embalse Las Astas se supuso que el canal Buzeta operaría a plena capacidad durante 3 meses de invierno. Como adicionalmente se contaría con los sobrantes de invierno del estero Limáhuida, se incrementó la capacidad del embalse de 29,2 a 35 millones de metros cúbicos.
- En los embalses Corrales y Sauce Calam se supuso que el canal Silvano operaría a plena capacidad (1,6 m³/s) durante 3 meses de invierno.

CUADRO Nº 6.1.1-2
CARACTERISTICAS DE LOS EMBALSES IDENTIFICADOS

	ALVEO	EMBALSE	Cota embalse (m)	Cota coronam presa (m)	Altura presa (m)	Superficie inundada (ha)	Volumen embalse (Ve) (mill. m ³)	Volumen presa (Vp) (mill. m ³)	Ve/Vp
1	Río Choapa	El Gaucho	1.320,0	1.323,0	94,0	149,6	55,220	4,000	13,81
2	Río Choapa	Quelén	760,0	763,0	65,5	385,9	95,160	4,435	21,46
3	Río Choapa	Mal Paso	399,0	402,0	52,0	836,0	150,000	3,348	44,80
4	Río Choapa	Cerrillos	347,0	350,0	60,0	702,0	165,000	3,217	51,29
5	Río Choapa	Limáhuida	332,5	335,5	61,0	746,0	160,000	3,745	42,72
6	Río Choapa	Canelillo	223,0	226,0	68,0	708,0	151,000	0,792	190,66
7	Río Choapa	Coyuntagua	206,5	209,5	81,0	864,0	186,900	1,926	97,04
8	Río Illapel	Carén	917,0	920,0	61,0	127,0	30,500	4,374	6,97
9	Río Illapel	Huintil	706,0	709,0	59,0	144,0	36,600	3,300	11,09
10	Río Chalinga	Cunlagua	836,0	839,0	54,0	73,5	15,100	1,920	7,86
11	Estero Camisas	Corrales	739,5	742,5	68,0	194,0	40,000	1,438	27,82
12	Estero Camisas	Sauce Calam	706,0	709,0	66,0	163,0	40,000	1,840	21,74
13	Estero Limáhuida	Las Astas	383,0	386,0	46,0	222,0	35,930	1,714	20,96
14	Estero Llano Largo	Trancas	468,5	471,5	24,0	57,5	5,300	0,204	25,98
15	Estero Colihue	Colihue	420,0	423,0	28,0	43,5	5,000	0,368	13,59
16	Est. Espíritu Santo	Chircal	341,0	344,0	39,0	41,0	5,200	0,298	17,45
17	Estero La Canela	Canela Baja	263,0	266,0	34,0	106,5	11,660	0,290	40,21
18	Estero La Canela	La Chirquilla	128,0	131,0	57,0	85,8	15,640	0,579	27,01
19	Estero La Canela	Huinchigualleo	117,0	120,0	57,0	80,1	15,100	0,596	25,34
20	Estero La Canela	Mincha	63,0	66,0	28,5	118,0	15,500	0,213	72,77

1 Casas y galpones: hay 4 entre cotas 1.250 y 1.310 m.

2 Casas y galpones: no hay bajo cota 750 m; 11 entre cotas 750 y 760 m; 8 entre cotas 760 y 770 m; 41 entre cotas 770 y 780 m. Hay frutales a nivel de lecho del río.

3 Casas y galpones: hay 20 bajo cota 370 m; 12 entre cotas 370 y 380 m; 35 entre cotas 380 y 390 m; 26 entre cotas 390 y 400 m. Escasas plantaciones frutales.

4 Casas y galpones: hay 15 bajo cota 330 m; 38 entre cotas 330 y 340 m; 64 entre cotas 340 y 350 m. Escasas plantaciones frutales y zonas cultivadas. Canal Buzeta: cota 355 m.

5 Casas y galpones: hay 59 bajo cota 300 m; 5 entre cotas 300 y 310 m; 9 entre cotas 310 y 320 m, 13 entre cotas 320 y 330 m. Casi no hay plantaciones. Interferencia con camino Los Vilos-Caimanes.

6 No hay más de 20 casas y galpones bajo cota 230 m. No hay plantaciones ni zonas cultivadas.

3.3 PRESELECCION DE POSIBILIDADES DE EMBALSES

3.3.1 Introducción

Se ha realizado una preselección de los embalses identificados en la cuenca hidrográfica del río Choapa. Esta preselección ha sido ejecutada de acuerdo a los siguientes criterios:

- El primer aspecto que se ha considerado se refiere a la relación entre el volumen embalsado y el volumen de la presa, V_e/V_p .

Con el objeto de poder comparar las bondades de los distintos embalses, se ha confeccionado la siguiente tabla de calificación de las relaciones V_e/v_p :

		$V_e/V_p < 20$	Mala
20	<	$V_e/V_p < 50$	Regular
50	<	$V_e/V_p < 100$	Buena
100	<	V_e/V_p	Muy buena

- Un segundo aspecto que se ha considerado se refiere a la existencia de proyectos alternativos o de reemplazo, que se ubican en un mismo valle, cercanos unos de otros. Por las razones indicadas los proyectos alternativos cuentan con recursos hídricos similares. En consecuencia, si se decide construir una de esas soluciones, inmediatamente las otras dejan de ser válidas, pues el proyecto que se materialice cumpliría el papel de las otras soluciones, que perderían su razón de ser.

Entre las soluciones alternativas se han elegido las más convenientes atendiendo a diversos aspectos, tales como: relación V_e/V_p ; existencia de potenciales zonas de riego aguas abajo de los embalses y características de los sectores inundados (calidad de los terrenos y obras de infraestructura o poblaciones que resultarían comprometidas).

3.3.2 Preselección de embalses según relación V_e/V_p

Atendiendo a la relación V_e/V_p , los embalses se pueden ordenar, de mejor a peor, como sigue:

<u>Embalse</u>	<u>Relación Ve/Vp</u>	<u>Clasificación</u>
Canelillo	190,66	Buena
Coyuntagua	97,04	
Mincha	72,77	
Cerrillos	51,29	
Mal Paso	44,80	Regular
Limáhuida	42,72	
Canela Baja	40,21	
Corrales	27,82	
La Chirquilla	27,01	
Las Trancas	25,98	
Huinchigualleo	25,34	
Sauce Calam	21,74	
Quelén	21,46	
Las Astas	20,96	
Chircal	17,45	Mala
El Gaucho	13,81	
Colihue	13,59	
Huintil	11,09	
Cunlagua	7,86	
Carén	6,97	

Se puede ver que los embalses que tienen una buena o muy buena relación Ve/Vp son sólo 4. En cambio, los embalses que tienen una relación mala ($Ve/Vp < 20$), son 6.

En una primera preselección se eliminaron por antieconómicos todos los embalses con una relación $Ve/Vp < 20$, los que, en general, se ubican en las partes altas de las cuencas. Esto significó eliminar el embalse de cabecera del río Choapa: El Gaucho; los dos únicos embalses previstos en el río Illapel: Carén y Huintil; el embalse Cunlagua en el río Chalinga, y los embalses Chircal y Colihue en el Area de Planificación Costa (cabeceras del estero La Canela).

Como se dijo en el párrafo anterior, para las alturas de presa consideradas todos los embalses descartados en esta etapa tienen una relación Ve/Vp inferior a 20. Aún más, si para estos mismos embalses se hubieren elegido otras alturas de presa, superiores hasta en un 100 % a las consideradas, para ninguno de ellos se habría logrado obtener una relación Ve/Vp superior a 20. Es decir, los embalses eliminados son malos en todo el rango de alturas de presas posibles.

3.3.3 Preselección de embalses alternativos

Después de la preselección efectuada teniendo en cuenta la relación V_e/V_p , los 14 embalses que estarían quedando son:

<u>Embalse</u>	<u>Alveo</u>	<u>Relación V_e/V_p</u>
Canelillo	Río Choapa	190,66
Coyuntagua	Río Choapa	97,04
Mincha	Estero La Canela	72,77
Cerrillos	Río Choapa	51,29
Mal Paso	Río Choapa	44,80
Limáhuida	Río Choapa	42,72
Canela Baja	Estero La Canela	40,21
Corrales	Estero Camisas	27,82
Chirquilla	Estero La Canela	27,01
Trancas	Estero Llano Largo	25,98
Huinchigualleo	Estero La Canela	25,34
Sauce Calam	Estero Camisas	21,74
Quelén	Río Choapa	21,46
Las Astas	Estero Limáhuida	20,96

Es decir, las posibles ubicaciones para embalses quedarían reducidas a sólo cuatro cauces, que son el río Choapa (6 posibilidades de embalse), el estero Camisas (2 posibilidades de embalse), el estero Limáhuida (1 posibilidad de embalse) y el estero La Canela (5 posibilidades de embalse, pues el estero Llano Largo es afluente del estero La Canela).

En el caso del río Choapa, los embalses que estarían quedando son (desde aguas arriba hacia aguas abajo): Quelén, Mal Paso, Cerrillos, Limáhuida, Canelillo y Coyuntagua. Por su ubicación geográfica, estos embalses se pueden agrupar en tres paquetes: a) En el Area de Planificación Interior se ubica la angostura Quelén, b) En la zona de aguas arriba del Area de Planificación Intermedia se ubican los estrechamientos Mal Paso, Cerrillos y Limáhuida, y c) En el sector próximo a la confluencia del río Illapel se sitúan los estrechamientos denominados Canelillo y Coyuntagua. En relación a los posibles embalses que se mencionan en b) y c), ellos son claramente sustitutos entre sí.

En cuanto al estero Camisas los dos embalses posibles serían: Corrales y Sauce Calam, que son alternativos. Similarmente, en el estero Limáhuida el único embalse posible sería Las Astas.

Finalmente, en el estero La Canela, incluyendo uno de sus afluentes, el estero Llano Largo, hay varios embalses que son alternativos entre sí. Estos embalses son, desde aguas arriba hacia aguas abajo: Trancas, Canela Baja, Chirquilla, Huinchigualleo y Mincha.

A continuación se analizaron las ventajas y desventajas de cada uno de estos embalses. En primer lugar se analizaron los embalses del río Choapa, para continuar enseguida con los esteros Camisas, Limáhuida y La Canela.

3.3.3.1 Embalses Situados en el Area de Planificación Interior del Río Choapa

De las angosturas estudiadas en el Area de Planificación Interior la única remanente es Quelén. A continuación se describe este embalse.

Embalse Quelén

La presa de este embalse se situaría en el río Choapa, a unos 1.000 m aguas arriba del poblado denominado Quelén. En esta zona el cauce del río tiene un ancho de unos 380 m.

La presa Quelén tendría una altura de 65,5 m. Su coronamiento se ubicaría a la cota 763 m y tendría una longitud de 790 m. La relación V_e/V_p para este embalse sería igual a 21,5, que puede calificarse como de regular a mala.

El embalse inundaría unas 20 casas o galpones, además de 140 hectáreas cultivadas o cultivables, de buena calidad, y 3,5 km del camino Salamanca-Quelén-Coirón. Aún cuando la relación V_e/V_p para este embalse es pobre, los recursos que afluyen a él son de importancia. Es decir, si se construyera el embalse, esta obra permitiría regular una buena parte de las aguas del río Choapa. Además, como el embalse se situaría a una cota relativamente alta (coronamiento a cota 763 m), habría una gran disponibilidad de tierras cultivables aguas abajo de la presa, vale decir, podría ser un buen embalse de cabecera.

Aún cuando la relación V_e/V_p para Quelén es regular o más bien mala, por las ventajas relacionadas con su ubicación que presenta este embalse, en esta etapa de los estudios se decidió mantener vigente la posibilidad de considerar este reservorio entre las obras que se recomendarían para el desarrollo de la cuenca del río Choapa.

3.3.3.2 Embalses Situados en Area de Planificación Intermedia, Sector de Aguas Arriba del Río Choapa

Las angosturas correspondientes a los posibles embalses denominados Mal Paso, Cerrillos y Limáhuida se ubican en un tramo del río Choapa de una longitud del orden de 8 km, entre la confluencia de este río con los esteros Camisas y Limáhuida.

Estos embalses serían alternativos entre sí, puesto que sus respectivas capacidades de almacenamiento y los sectores que podrían regar son muy similares. A continuación se describen las características de estos embalses.

Embalse Mal Paso

El embalse Mal Paso fue estudiado preliminarmente por la Dirección de Riego.

La angostura Mal Paso se ubica en el río Choapa, a unos 1.000 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada El Manzano. En esa zona el río Choapa tiene un ancho, a nivel de cauce, de 540 m.

Si se quisieran almacenar en este embalse los afluentes de invierno, la presa Mal Paso tendría una altura de 52 m. Su coronamiento se ubicaría a la cota 402 m y tendría una longitud de 700 m. La relación V_e/V_p para este embalse sería igual a 44,8, por lo cual la aptitud de la angostura se puede calificar como regular.

De acuerdo a los planos topográficos a escala 1:10.000, el embalse Mal Paso inundaría aproximadamente unas 103 casas y galpones y 350 ha cultivadas o cultivables. Además, el embalse se interferiría en 3,5 km, con el camino Illapel-Chuchiñí-Salamanca.

En la angostura Mal Paso nace por la ribera derecha del río Choapa el canal denominado Choapa-Illapel que fue construido a comienzos de la década del 70 con una capacidad de 4.5 m³/s. Las obras de arte del primer tramo han sido materializadas para un caudal de 1.5 m³/s. Este canal podría ser utilizado, previas las adecuaciones correspondientes, para distribuir las aguas del embalse ubicado en el valle del río Choapa e incluso regar la parte baja del río Illapel.

Embalse Cerrillos

El embalse Cerrillos fue estudiado preliminarmente por la Dirección de Riego.

La angostura Cerrillos se ubica en el río Choapa, a unos 900 m aguas arriba de la confluencia del estero Limáhuida con el río Choapa. En esa zona, este último río tiene un ancho, a nivel de cauce, de 295 m.

La presa Cerrillos tendría una altura de 60 m. Su coronamiento se ubicaría a la cota 350 m y tendría una longitud de 580 m. La relación V_e/V_p para este embalse sería igual a 51,3, por lo cual la aptitud de la angostura se puede calificar como buena.

El canal Choapa cruza la angostura Cerrillos a la cota 337 m s.n.m. y el canal de riego del embalse partirá a una cota aproximada de 314.5 m s.n.m.. Por lo expuesto, con este embalse también se puede utilizar el canal Choapa, pero considerando bombear el caudal por transportar cuando el nivel del embalse es inferior a la cota del canal.

De acuerdo a los planos topográficos a escala 1:10.000, el embalse Cerrillos inundaría aproximadamente unas 117 casas y galpones y 220 ha cultivadas o cultivables. Además se interferirían los derechos de aprovechamiento no consuntivos, de aguas superficiales, de ejercicio eventual y continuo, por un caudal total de 2,0 m³/s del río Choapa, a favor de don Hugo Corona González (central Corona).

Embalse Limáhuida

El embalse Limáhuida fue estudiado preliminarmente por la Dirección de Riego.

La angostura Limáhuida se ubica en el río Choapa, a unos 1.200 m aguas abajo de la confluencia del estero Limáhuida con el río Choapa. En esa zona, este último río tiene un ancho, a nivel de cauce, de 270 m.

La presa Limáhuida tendría una altura de 61 m. Su coronamiento se ubicaría a la cota 335,5 m y tendría una longitud de 715 m. La relación V_e/V_p para este embalse sería igual a 42,7, por lo cual la aptitud de la angostura se puede calificar como regular.

De acuerdo a los planos topográficos a escala 1:10.000, el embalse inundaría aproximadamente unas 86 casas y galpones y 200 ha cultivadas o cultivables. Además interferiría el camino Los Vilos-Caimanes en una longitud de 4,5 km y el camino Los Vilos-villa Estero Limáhuida-Tahuinco en 2,5 km. Finalmente, este embalse interferiría con los derechos de aprovechamiento no consuntivos de aguas superficiales, de ejercicio eventual y continuo, por un caudal de 2,0 m³/s del río Choapa, a favor de don Hugo Corona González (central Corona).

En la angostura Limáhuida ocurre algo similar a la angostura Cerrillos, vale decir, también se puede utilizar el canal Choapa; pero la altura a bombear en este caso es superior a la de la angostura Cerrillos.

Considerando que entre los 3 embalses en análisis, la angostura Cerrillos permite obtener la mejor relación V_e/V_p , tiene el menor ancho superficial a nivel de caja de río (menor costo de la cortina de impermeabilización) y que este embalse no compromete obras de infraestructura, se puede afirmar que esta solución es la mejor de las 3 estudiadas en este sector del río.

En consecuencia, se descartaron los embalses Mal Paso y Limáhuida y sólo se continuó trabajando con el embalse Cerrillos.

3.3.3.3 Embalses Situados en el Sector Próximo a la Confluencia del Río Illapel

Las angosturas correspondientes a los posibles embalses denominados Canelillo y Coyuntagua se ubican inmediatamente aguas arriba (Canelillo) y aguas abajo (Coyuntagua) de la confluencia del río Illapel con el río Choapa. Estos embalses serían alternativos entre sí, puesto que sus respectivas capacidades de almacenamiento y los sectores que podrían regar son muy similares. A continuación se describen las características de estos embalses.

Embalse Canelillo

El embalse Canelillo fue estudiado preliminarmente por la Dirección de Riego.

La angostura Canelillo se ubica en el río Choapa, a unos 1000 m aguas arriba de la confluencia con el río Illapel. En esa zona el río Choapa tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 35 m.

La presa Canelillo tendría una altura de 68 m. Su coronamiento se ubicaría a la cota 226 m y tendría una longitud de 170 m. La relación V_e/V_p para este embalse sería igual a 190,7, por lo cual la aptitud de la angostura se puede calificar como excelente. Esta relación es la mayor que existe en toda la cuenca hidrográfica del río Choapa. Además, topográficamente la angostura Canelillo presenta la ventaja de tener un portezuelo en la ribera derecha (a cota 240,30 m), el que podría facilitar la

implantación, y por lo tanto abaratar el costo, de las obras de evacuación de crecidas.

De acuerdo a los planos topográficos a escala 1:10.000, el embalse Canelillo no comprometería a más de unas 20 casas y galpones. En la zona inundada no hay obras de infraestructura y no existen plantaciones de árboles frutales ni zonas cultivadas.

Este embalse puede también ser alimentado, si es necesario, con los caudales de invierno del río Illapel mediante un canal alimentador.

Embalse Coyuntaqua

La angostura Coyuntaqua se ubica en el río Choapa, a unos 4.000 m aguas abajo de la confluencia del río Illapel con el río Choapa. En esa zona este último río tiene un ancho, a nivel de cauce, de 60 m.

La presa Coyuntaqua tendría una altura de 81 m. El coronamiento de la presa tendría una longitud de 210 m, y se ubicaría a la cota 209,5 m.

La relación V_e/V_p para este embalse sería igual a 97,0, por lo cual la aptitud de la angostura se puede calificar como buena a muy buena.

De acuerdo a los planos topográficos a escala 1:10.000, el embalse Coyuntaqua considerado inundaría unas 80 casas y galpones y 30 ha cultivadas o cultivables. Además, inundaría 1,5 km del camino Illapel-Los Vilos, incluyendo el puente carretero sobre el río Choapa. Si se construyera esta presa Coyuntaqua, la reposición de esta vía terrestre significaría construir aproximadamente 10 km de camino nuevo, el que cruzaría el río Choapa a través del coronamiento de la presa.

Teniendo en cuenta las superficies que pueden ser regadas con este embalse, las que podrían ser inferiores a la potencialidad de éste, podría ser conveniente bajar la altura de presa, lo que podría significar que este embalse no inundara el puente carretero y el camino.

Considerando que entre los 2 embalses en análisis, la angostura Canelillo es la que se ubica más aguas arriba, por lo tanto tiene mejor cota para regar, que permite obtener la mejor relación V_e/V_p , que tiene el menor ancho superficial a nivel de caja de río (menor costo de la cortina de impermeabilización)

y que además no comprometería obras de infraestructura, se puede afirmar que el embalse Canelillo es la mejor solución de las 2 estudiadas en este sector del río Choapa.

En consecuencia, se descartó definitivamente el embalse Coyuntaqua y sólo se continuó analizando el embalse Canelillo.

3.3.3.4 Embalses del Estero Camisas

En esta etapa, en la cuenca del estero Camisas se han preseleccionado las angosturas denominadas Corrales y Sauce Calam, donde se han previsto presas de 68 y 66 m de altura, que permitirían embalsar volúmenes de 40 y 40 millones de metros cúbicos, respectivamente. Estos volúmenes corresponden, aproximadamente, a 1,5 veces el caudal medio de los meses de invierno (mayo a agosto, ambos inclusive) del estero Camisas en el lugar de implantación de los embalses más los caudales de invierno, durante cuatro meses, provenientes del río Choapa y captados y conducidos por el canal especialmente diseñado para este trasvase. Para transportar este caudal al embalse sería necesario construir también un túnel de sección mínima de unos 5,5 km de longitud.

Las angosturas del estero Camisas se encuentran relativamente próximas (a unos 3 km de distancia). El estrechamiento de Corrales se encuentra más cerca de la confluencia del estero El Durazno, lugar donde el valle se ensancha considerablemente. Esta situación se refleja en la mayor relación de V_e/V_p de este embalse. Además el estero El Durazno permite acortar el túnel de trasvase. Por los antecedentes expuestos se descartará la angostura Sauce Calam y se continuará el estudio sólo de la presa Corrales en el estero Camisas.

3.3.3.5 Embalse del Estero Limáhuida

Embalse Las Astas

La angostura correspondiente al embalse Las Astas se ubica en el estero Limáhuida, a unos 4.300 m aguas arriba de la confluencia con el río Choapa. En esa zona el estero Limáhuida tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 220 m.

La presa Las Astas estaría conformada por un muro, en el cauce del estero Limáhuida, y tendría una altura de 46 m. Su coronamiento se ubicaría a la cota 386 m y tendría una longitud aproximada de 1120 m. La relación V_e/V_p para este embalse sería igual a 21,0, por lo cual la aptitud de la angostura para formar un embalse se puede calificar como de

regular. Al respecto, debe recordarse que se eliminaron los embalses con una relación $V_e/V_p < 20$. Es decir, este embalse estuvo en el límite de ser eliminado. La angostura considerada es perpendicular al eje del estero.

Aguas arriba de este estrechamiento (unos 270 m), existe otra angostura que fue estudiada preliminarmente por la Dirección de Riego. Esta angostura no es perpendicular al eje del estero y su presa cubica más o menos igual que la angostura escogida. La presa estudiada por la Dirección de Riego, tiene el inconveniente de ser una presa oblicua conformada por un muro principal en el cauce del estero Limáhuida, y un pequeño pretil que cerraría un portezuelo lateral en la ribera izquierda.

De acuerdo a los planos topográficos a escala 1:10.000, el embalse Las Astas inundaría unas 20 casas, 100 ha de terrenos cultivados o cultivables y aproximadamente 1.500 m del camino entre las localidades de Los Vilos y Caimanes.

La gran ventaja del embalse Las Astas la constituye la existencia del canal Buzeta, que serviría como canal alimentador. Este canal, que nace en la ribera izquierda del río Choapa, inmediatamente aguas arriba de Salamanca, tiene un capacidad máxima del orden de los $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y en la zona del embalse Las Astas se desarrolla aproximadamente entre las cotas 435 y 425 m. En consecuencia, perfectamente este canal podría trasladar excedentes de invierno del río Choapa hasta el embalse Las Astas, a lo menos durante unos 4 meses, si se reserva del orden de un mes para las faenas de limpieza del acueducto.

Adicionalmente, si se construyera un canal de unos 4,5 km de longitud hasta el río Choapa y un sifón de 750 m de largo bajo el mismo cauce, denominado sifón Cerrillos, las aguas del embalse Las Astas se podrían cruzar hasta la ribera derecha (norte) del mencionado río, para empalmar allí con el canal Choapa. La longitud del canal Choapa aprovechable, aguas abajo del sifón Cerrillos, sería de aproximadamente 15 km.

En consecuencia, puede decirse que aún cuando el embalse Las Astas tiene una mala relación V_e/V_p , su inclusión dentro del esquema de riego futuro podría justificarse por la presencia de obras existentes. Por tal motivo, en esta etapa de los estudios no se descartó la posibilidad de considerar a futuro el desarrollo del embalse Las Astas, el que se analizó posteriormente con mayor detalle.

3.3.3.6 Embalses del Estero La Canela

En la cuenca del estero La Canela se han preseleccionado las angosturas denominadas, desde aguas arriba hacia aguas abajo, Trancas ($Ve/Vp = 26,0$), Canela Baja ($Ve/Vp = 40,2$), La Chirquilla ($Ve/Vp = 27,0$), Huinchigualleo ($Ve/Vp = 25,3$) y Mincha ($Ve/Vp = 72,8$). El primero de estos embalses se ubicaría en el estero Llano Largo, afluente del estero La Canela.

Sin entrar en mayores análisis, se eliminaron de inmediato los posibles embalses denominados La Chirquilla y Huinchigualleo, pues el embalse Mincha, que es alternativo a ellos, tiene una relación Ve/Vp muy superior.

Embalse Mincha

La angostura Mincha se ubica en el estero La Canela a unos 3.000 m aguas arriba de su confluencia con el río Choapa. En esa zona el estero tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 80 m.

La presa Mincha tendría una altura de 28,5 m, su coronamiento se ubicaría a la cota 66 m y tendría una longitud de 140 m. La relación Ve/Vp para este embalse sería igual a 72,8, por lo cual la aptitud de la angostura para crear un embalse se puede calificar como buena.

De acuerdo a los planos topográficos a escala 1:10.000, el embalse Mincha inundaría unas 3 ha de terrenos cultivables y comprometería una casa.

La superficie que se podría regar con el embalse Mincha es casi despreciable debido a que la presa está ubicada en el estero La Canela a la cota 38 m s.n.m. (nivel del cauce del estero). Teniendo en cuenta este hecho, se descartó también este embalse.

A continuación se analizaron los embalses restantes, vale decir Trancas y Canela Baja.

Embalse Trancas

La angostura Trancas se ubica en el estero Llano Largo, a unos 4.800 m aguas arriba de la confluencia con el estero Colihue. En esa zona el estero Llano Largo tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 110 m.

La presa Trancas tendría una altura de 24 m. Su coronamiento tendría una longitud de 225 m y se ubicaría a

la cota 471,5 m. La relación V_e/V_p para este embalse sería igual a 26,0, por lo cual la aptitud de la angostura se puede calificar como regular. Al respecto, debe recordarse que se eliminaron los embalses con una relación $V_e/V_p < 20$.

De acuerdo a los planos topográficos a escala 1:10.000, el embalse Trancas inundaría unas 5 ha de terrenos cultivables y comprometería aproximadamente 2.000 m del camino entre Combarbalá y Canela Alta.

Embalse Canela Baja

La angostura Canela Baja se ubica a unos 4.500 m aguas abajo del poblado del mismo nombre, en el curso del estero La Canela. En esa zona el estero tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 30 m.

La presa Canela Baja tendría una altura de 34 m. Esta altura quedaría condicionada por dos factores: a) El volumen de la escorrentía de invierno de un año normal, multiplicado por 1,5 y, b) El nivel de aguas máximas eventuales de la presa no podría sobrepasar la cota 265 m, para no inundar el poblado de Canela Baja.

Por las razones indicadas el coronamiento de la presa se ubicaría a la cota 265 m y tendría una longitud de 235 m. La relación V_e/V_p para este embalse sería igual a 40,2, por lo cual la aptitud de la angostura para crear un embalse se puede calificar como regular.

De acuerdo a los planos topográficos a escala 1:10.000, el embalse Canela Baja inundaría unas 24 ha de terrenos cultivables y comprometería aproximadamente unas 17 casas.

Los dos posibles embalses antes descritos, Trancas y Canela Baja, son, en alguna medida, alternativos entre sí, puesto que las zonas que regarían y los recursos que aprovecharían serían similares. Teniendo en cuenta este hecho, no parece razonable avanzar con el estudio del embalse Trancas, puesto que: a) sería de una reducida capacidad (del orden de 5 millones de m^3), b) la disponibilidad de los recursos hídricos que aprovecharía es incierta (volumen medio anual afluente en invierno del orden de 1,8 millones de m^3), y c) su relación V_e/V_p se puede calificar como de regular a mala.

Por otra parte, el embalse Canela Baja tendría un mayor tamaño (11,7 millones de m^3) y, por ende, beneficiaría a más terrenos. Además, su relación V_e/V_p , que es del orden de 40,2, es bastante mejor que la del embalse Trancas.

Por las razones antes expuestas, se decidió eliminar el embalse Trancas, considerándose a futuro sólo el embalse Canela Baja en el estero La Canela.

En consecuencia, los embalses que se consultó estudiar posteriormente con mayor detalle fueron seis: Quelén, Cerrillos, Canelillo, Corrales, Las Astas y Canela Baja.

4. VISITAS A TERRENO

Una vez realizado el catastro general de embalses y después de haber preseleccionado los más importantes desde el punto de vista del riego, se efectuaron dos visitas al terreno durante los días 16 y 17 de junio y el 1º de julio. En estas visitas participaron los ingenieros señores Jorge Bravo, Arturo Goldsack, Roberto Araya y Luis Aylwin.

Se lograron visitar las angosturas donde se podrían proyectar las presas de los siguientes embalses identificados en los puntos anteriores:

- Embalse Quelén
- Embalse Mal Paso
- Embalse Cerrillos
- Embalse Limáhuida
- Embalse Canelillo
- Embalse Coyuntagua
- Embalse Corrales
- Embalse Las Astas
- Embalse Canela Baja

Además se inspeccionaron las características de los principales canales existentes (Choapa y Buzeta) que podrían utilizarse en el proyecto.

También se aprovechó de observar los lugares donde se podrían implantar otras obras principales (sifones, túneles).

Las observaciones técnicas recogidas en las visitas se indican en el punto 5 de este informe, correspondiente al análisis de embalses preseleccionados.

También se aprovecharon estas visitas para analizar el posible programa de prospecciones que se ejecutarían en las presas seleccionadas y que aparecen como más promisorias.

5. ANALISIS INDIVIDUAL DE LAS POSIBILIDADES PRESELECCIONADAS

5.1 EMBALSE QUELEN

5.1.1 Ubicación

Este proyecto se encuentra ubicado en el curso superior del río Choapa y su presa se instalaría en la angostura que existe en este río a unos 1.000 m aguas arriba del poblado denominado Quelén. Las coordenadas de esta angostura son aproximadamente N 6.473.250 y E 327.150. En esta zona el cauce del río tiene un ancho de unos 380 m.

5.1.2 Accesos e infraestructura existente

Para llegar a la zona de la presa se parte de la ciudad de Salamanca, se cruza el río Choapa y luego de recorrer unos 8 kilómetros de camino de tierra en buen estado, bordeando el río Choapa por la ribera izquierda, se llega al pueblo Quelén. Continuando por el mismo camino, a unos 1.300 m aguas arriba del pueblo, se encuentra la angostura Quelén. La ciudad más cercana es Salamanca, la que posee una infraestructura adecuada para facilitar la construcción de la presa.

5.1.3 Hidrología

Se consideró como estadística representativa en la zona del embalse Quelén, aquella que se tiene en la estación fluviométrica Choapa en Salamanca. Esto debido a que el aporte de la cuenca intermedia entre la zona de la presa, ubicada 15 km aguas arriba de la estación Choapa en Salamanca, y la estación misma, es muy pequeño.

La información hidrológica resultante se muestra en la estadística del cuadro N° 6.1.1-3.

CUADRO N° 6.1.1-3

RIO CHOAPA EN EMBALSE QUELEN
CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)

ANO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Qa
50/51	1,05	5,36	2,12	1,39	2,60	1,11	5,89	22,07	16,30	1,52	0,61	0,70	5,06
51/52	0,58	1,52	3,56	7,45	5,37	2,58	7,17	21,20	1,65	0,39	0,42	0,25	4,34
52/53	0,32	0,96	3,64	5,79	4,03	6,60	7,82	9,73	8,76	0,87	0,92	0,87	4,19
53/54	1,23	1,60	4,05	3,47	4,60	26,45	37,68	79,70	53,10	31,10	14,60	6,98	22,05
54/55	6,03	8,55	11,20	10,90	9,91	7,09	7,53	21,20	7,78	52,40	0,62	1,13	12,03
55/56	0,69	1,61	5,19	4,37	3,85	1,98	4,60	16,50	5,32	1,81	1,07	0,66	3,97
56/57	0,74	1,04	0,90	1,09	5,44	2,16	4,00	8,90	1,93	2,53	1,46	1,16	2,61
57/58	1,08	7,33	8,27	4,84	5,80	6,28	11,40	16,40	19,40	5,64	1,48	1,35	7,44
58/59	0,31	2,85	6,50	3,32	3,67	1,65	9,54	8,30	1,86	0,73	0,39	0,60	3,31
59/60	0,35	1,66	2,58	7,58	6,68	8,12	9,94	17,50	7,01	1,35	1,11	1,16	5,42
60/61	1,11	1,17	3,44	1,86	1,19	0,17	3,93	23,40	7,89	7,94	0,69	0,44	4,44
61/62	0,82	0,71	9,26	8,14	9,46	11,40	16,90	41,80	19,90	6,69	1,71	1,76	10,71
62/63	1,59	0,85	10,90	12,90	5,86	1,81	7,13	21,80	4,72	0,89	0,25	0,44	5,76
63/64	0,53	1,08	2,80	8,21	8,99	30,90	25,10	55,20	154,00	49,10	10,30	4,79	29,25
64/65	3,66	3,16	10,30	6,75	5,61	4,71	2,67	2,57	0,95	1,15	0,98	1,38	3,66
65/66	4,35	3,45	2,10	11,00	46,60	25,90	44,50	73,40	45,20	22,80	5,93	3,07	24,03
66/67	4,02	3,45	7,98	12,40	8,66	9,56	14,80	24,20	16,00	5,55	1,62	1,73	9,16
67/68	1,97	1,92	4,82	4,48	3,58	4,64	2,39	2,46	1,03	0,53	0,37	0,38	2,38
68/69	0,77	0,41	0,41	0,39	0,38	0,35	0,38	0,35	0,36	0,36	0,30	0,38	0,40
69/70	0,23	0,22	0,20	0,19	0,21	0,29	0,91	4,58	1,16	0,37	0,23	0,23	0,74
70/71	0,22	0,74	1,03	0,36	2,59	0,24	2,96	14,10	3,17	0,90	0,90	1,13	2,36
71/72	1,08	0,81	1,45	3,06	2,95	1,80	4,53	7,95	0,61	0,76	0,68	0,46	2,18
72/73	0,06	0,00	9,86	9,22	18,18	14,76	18,79	33,42	64,91	59,22	41,19	4,00	22,80
73/74	4,85	7,49	7,37	10,41	5,84	0,87	7,14	17,20	9,68	1,61	0,59	0,54	6,13
74/75	0,49	1,78	5,31	5,70	3,51	3,20	9,51	16,80	9,76	2,35	0,98	0,33	4,98
75/76	0,44	0,76	2,73	4,97	6,17	2,67	2,70	5,07	2,79	0,67	0,64	0,34	2,50
76/77	0,27	0,65	0,53	0,33	1,03	0,40	1,03	9,40	1,63	0,49	0,26	0,25	1,35
77/78	0,29	0,37	0,76	22,80	12,40	20,50	0,23	65,20	45,90	13,60	3,76	2,74	15,71
78/79	2,72	3,38	3,18	27,30	14,70	14,80	29,70	77,20	95,20	28,50	8,22	4,31	25,77
79/80	4,78	5,38	2,74	2,36	5,18	5,55	7,21	6,73	3,58	1,99	0,95	1,18	3,97
80/81	14,50	10,80	8,85	11,20	12,10	8,16	19,20	38,70	23,40	2,64	2,15	3,17	12,91
81/82	0,97	5,88	4,51	5,57	2,74	1,81	2,10	2,43	0,66	0,28	0,18	0,35	2,29
82/83	0,52	1,80	6,74	27,21	17,90	23,20	23,30	49,10	105,00	51,84	43,66	3,84	29,51
83/84	5,20	6,88	6,45	14,05	16,00	14,50	168,00	43,88	27,55	10,53	11,82	2,67	27,29
84/85	2,57	3,89	1,71	38,75	7,26	23,38	36,60	63,20	82,20	54,90	45,60	5,29	30,45
85/86	6,27	7,00	4,68	5,92	5,82	2,46	2,78	3,55	2,14	0,16	0,09	0,12	3,42
86/87	0,16	1,38	9,59	4,46	5,39	5,05	10,10	27,50	28,90	6,83	2,16	1,76	8,61
87/88	1,76	3,37	4,22	22,90	27,63	30,58	42,76	85,98	97,52	92,21	78,10	7,47	41,21
88/89	10,70	13,19	8,55	14,78	9,57	4,48	3,18	2,88	0,77	0,04	0,00	0,43	5,71
89/90	0,30	0,49	0,65	2,40	7,68	5,64	13,51	23,60	7,11	1,21	1,61	0,63	5,40
90/91	0,94	1,49	3,16	3,90	2,67	1,23	2,81	3,50	1,75	0,54	0,45	0,37	1,90
91/92	0,53	2,31	11,77	9,32	6,84	14,68	14,99	46,92	39,22	27,63	23,54	3,18	16,74
PROM.	2,17	3,06	4,91	8,65	8,02	8,42	15,41	26,56	24,47	13,16	7,44	1,76	10,34

5.1.4 Topografía

Se dispone de los planos aerofotogramétricos a escala 1:10000 realizados por la empresa Geoingeniería Ltda. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego en toda la zona del proyecto (Planos 8-4 y 8-5).

5.1.5 Geología y Geotecnia

- Análisis del área del embalse y recomendaciones

En la zona de la angostura, el valle fue labrado en las antiguas rocas volcánicas del Cretácico inferior, que han permanecido como residuales y aparecen en forma puntual dentro del gran batolito que existe en toda el área del Choapa e Illapel. A fines del terciario y durante el cuaternario se han producido los depósitos fluviales y aluviales que han formado la actual geomorfología del sitio.

La angostura en cuestión ha sido producida principalmente por el gran cono de deyección existente en la ribera derecha. El piso del valle tiene un ancho del orden de 380 m y está cubierto por un potente depósito fluvial fuertemente contaminado en el área adyacente al costado derecho con los escombros de falda del cono indicado.

La ribera izquierda está dada por una ladera de 240 m de altura y de pendiente media, en la cual hay abundantes afloramientos de roca volcánica, alterada y fracturada en superficie, y en general cubierta por rellenos cuaternarios de origen aluvial y de escombros de falda de escaso espesor.

La foto N° 1 del anexo fotográfico 6.1.1-1 muestra la ribera derecha de la angostura donde se observa el gran cono de deyección.

El cono de deyección tiene dimensiones considerables y las cumbres que lo han formado están a centenas de metros retiradas de su base, que es la que forma la ribera derecha del actual cauce.

La génesis de los conos de deyección (depósitos aluviales y fluviales, caída de grandes bloques, flujos de barro, remociones en masa, etc.) hace que tanto los materiales que lo forman como la distribución de ellos sea totalmente heterogénea, además de ser muy compresibles, altamente permeables y con características imposibles de determinar aún con campañas de exploración de alto costo.

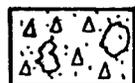
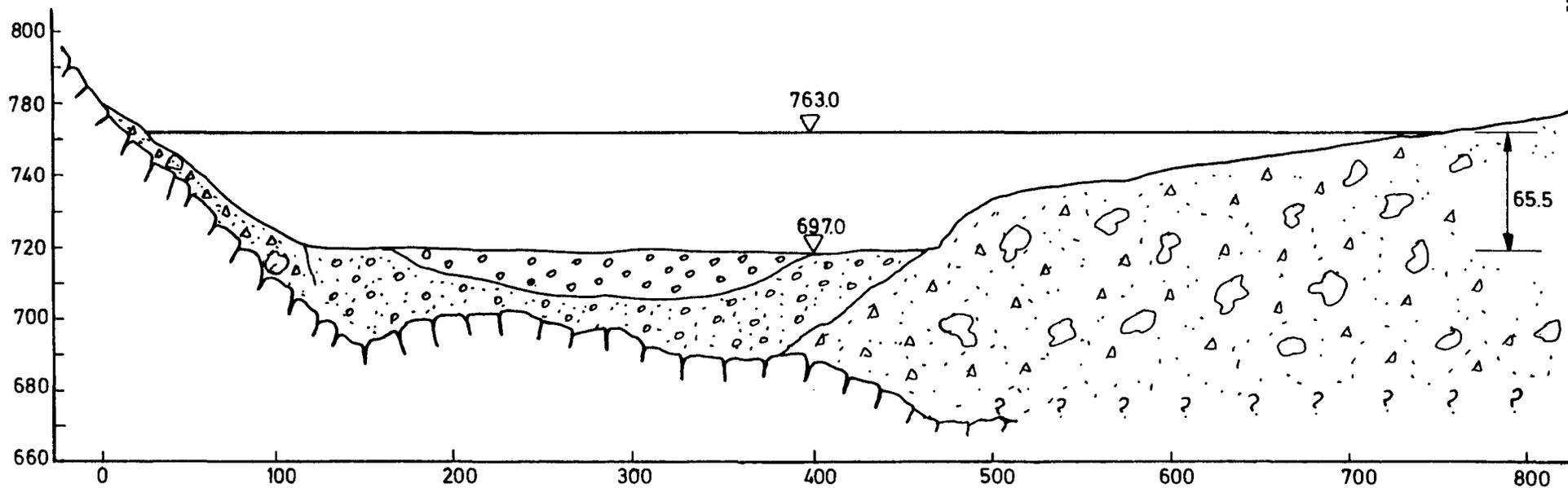
Los dos puntos anteriores hacen que esta denominada angostura no sea tal, ya que si se cierra el actual cauce con una presa debe considerarse también el estudio de estabilidad y la impermeabilización de varios miles de m² del cono de la ribera derecha, lo que teóricamente es factible pero impracticable para una extensión como la que se cuenta.

Además, parte importante de la presa necesaria para el cierre del actual cauce quedaría fundada sobre el cono, lo que implica el retiro de un gran volumen de éste para asegurar la estabilidad de la estructura.

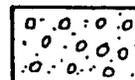
Por lo antes expuesto, el sitio denominado Quelén fue descartado como lugar de implantación de presa.

En la figura N° 6.1.1-1 se muestra el perfil transversal del río en la angostura.

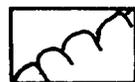
FIGURA 6.1.1-1
EMBALSE QUELEN
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



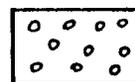
ALUVIAL ESCOMBRO DE FALDA



FLUVIAL GRUESO ANTIGUO



ROCAS



FLUVIAL RECIENTE

5.1.6 Juicio respecto al interés del posible embalse

Las características de este embalse son las siguientes :

- 1) La capacidad potencial del vaso del embalse es amplio, pudiendo acumular un gran volumen de agua, superior a los 300 millones de m³.
- 2) El caudal medio anual afluyente al embalse asciende a 10,34 m³/s y el caudal afluyente medio durante los meses de mayo, junio, julio y agosto es de 6,16 m³/s.
- 3) Con una presa de unos 65,5 m de altura se podrían regar aproximadamente unas 6.400 ha/año.
- 4) La relación $V_e/V_p = 21,46$ de este embalse se puede calificar como de regular.
- 5) La ejecución de este embalse presenta condiciones geológicas y geotécnicas muy desfavorables, pues existe en su ribera derecha un gran cono de deyección que debiera ser retirado si se construyera esta presa o que debiera impermeabilizarse a un costo muy alto.
- 6) Este embalse inundaría unas 20 casas o galpones, además de 140 ha cultivadas o cultivables de buena calidad, y 3,5 km del camino Salamanca - Quelén - Coirón.

5.2 EMBALSE MAL PASO

5.2.1 Ubicación

Este proyecto se encuentra ubicado en el río Choapa y su presa se instalaría en la angostura que existe en este río a unos 1.000 m aguas abajo de la confluencia con la quebrada El Manzano. Las coordenadas de esta angostura son aproximadamente N 6.486.000 y E 302.590. En esa zona el río Choapa tiene un ancho, a nivel de cauce, de 540 m.

5.2.2 Accesos e infraestructura existente

Hasta la zona de la presa se puede llegar desde la ciudad de Illapel mediante el camino pavimentado que va a Salamanca, recorriendo 18 kilómetros hacia el sur. La zona de la angostura se encuentra a 13,5 km de Salamanca y a 18 km de Illapel, contando ambas ciudades con una infraestructura adecuada para facilitar la construcción de la presa.

5.2.3 Hidrología

Para este embalse la estadística de caudales medios mensuales promedio afluentes al embalse ha sido obtenida mediante la siguiente relación :

$$Q \text{ Ch MP} = 0,95 \times Q \text{ Ch L} , \text{ en que :}$$

$Q \text{ Ch MP}$ = caudal del río Choapa en Mal Paso

$Q \text{ Ch L}$ = caudal del río Choapa en Limáhuida

Los valores obtenidos en m^3/s son los siguientes :

ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
2,71	4,08	7,34	12,83	13,96	9,96

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
14,66	26,54	28,98	10,77	3,41	2,55

5.2.4 Topografía

Se dispone de los planos aerofotogramétricos a escala 1:10000 realizados por la empresa Geoingeniería Ltda. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego en toda la zona del proyecto (Planos 5-7, 6-6 y 6-7).

5.2.5 Geología y Geotecnia

- Area de embalse y recomendación de tipo de presa

En la zona de la angostura, el valle fue labrado en las antiguas rocas volcánicas del Cretácico inferior, que han permanecido como residuales y aparecen en forma puntual dentro del gran batolito que existe en general en toda el área de los ríos Choapa e Illapel.

A fines del terciario y durante el cuaternario se han producido los depósitos fluviales y aluviales que han formado la actual geomorfología del valle.

La angostura en cuestión se caracteriza por tener los empotramientos izquierdo y derecho formados por laderas de pendientes fuertes y con alturas de más de 150 m la izquierda y 120 m la derecha, donde se observan numerosos afloramientos de roca volcánica, alterada y fracturada en superficie, y en general cubiertas por rellenos cuaternarios de origen aluvial y de escombros de falda de escaso espesor.

El piso del valle tiene un ancho del orden de 540 m y está cubierto por un importante depósito fluvial de ladera a ladera.

La foto N° 2 del anexo fotográfico 6.1.1-1 muestra el afloramiento de roca (andesita) existente en ambas riberas, y un potente depósito fluvial en el lecho del cauce. Además, se observa el canal Buzeta en la ribera izquierda.

La presa a construir contempla como empotramientos las laderas en roca de las riberas, y como apoyo basal, los depósitos fluviales que cubren el fondo del valle. Lo anterior condiciona el diseño del muro a usar, a uno formado por materiales sueltos, ya sea zonificado con núcleo impermeable o en base a rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba. En ambos tipos de presa se debe considerar una importante pared moldeada para impermeabilizar los fluviales del valle, y una cortina de inyección para la impermeabilización de la roca de los empotramientos. También deben considerarse las respectivas inyecciones de consolidación de la roca de ambos empotramientos en la zona de contacto con el elemento impermeable que corresponda.

Con respecto de los yacimientos disponibles para la construcción de una presa de materiales sueltos, adyacentes a la angostura existen importantes depósitos fluviales de donde fácilmente se pueden obtener suelos granulares aptos para hacer rellenos permeables de buena calidad. Estos mismos depósitos sirven para obtener de ellos agregados para la fabricación de hormigón. Además, todos los materiales provenientes de las excavaciones en roca que deban hacerse para construir las obras serían adecuados para materializar la ejecución de ese tipo de rellenos.

En el área del Choapa no se encontraron yacimientos de suelos finos aptos para hacer rellenos impermeables de buena calidad. En general, las terrazas están formadas o por depósitos fluviales con escaso fino, o escombros y depósitos aluviales donde el fino abunda, pero es de carácter limoso y con un porcentaje importante de bloques de diferentes tamaños.

- Bases generales para el diseño preliminar de la presa

Considerando la disponibilidad de materiales para rellenos que existen en el área y teniendo en cuenta las condiciones de fundación del muro, el tipo de presa más adecuado sería la de rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba (C.F.R.D).

El correspondiente plinto estará fundado en roca en los empotramientos y unido a la pared moldeada en forma rotulada a lo largo de toda ella. Debe considerarse un escarpe de 3 m de espesor en la zona de fundación del plinto en las laderas.

La pantalla de hormigón deberá tener un espesor de 0,30 m en su parte superior y $0,30\text{ m} + 0,003H$ en su parte inferior, en que H es la altura de la presa en m, y una armadura ϕ 22 a 20 cm en ambas direcciones.

Considerando que la altura de la presa es del orden de los 52 m y que los rellenos de ella se harán con materiales provenientes de los depósitos fluviales adyacentes y de las excavaciones en roca que deberán hacerse para la construcción de las obras, los taludes exteriores del muro deberán tener inclinaciones de 1.5/1 (H/V), tanto por aguas arriba como por aguas abajo.

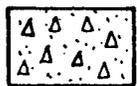
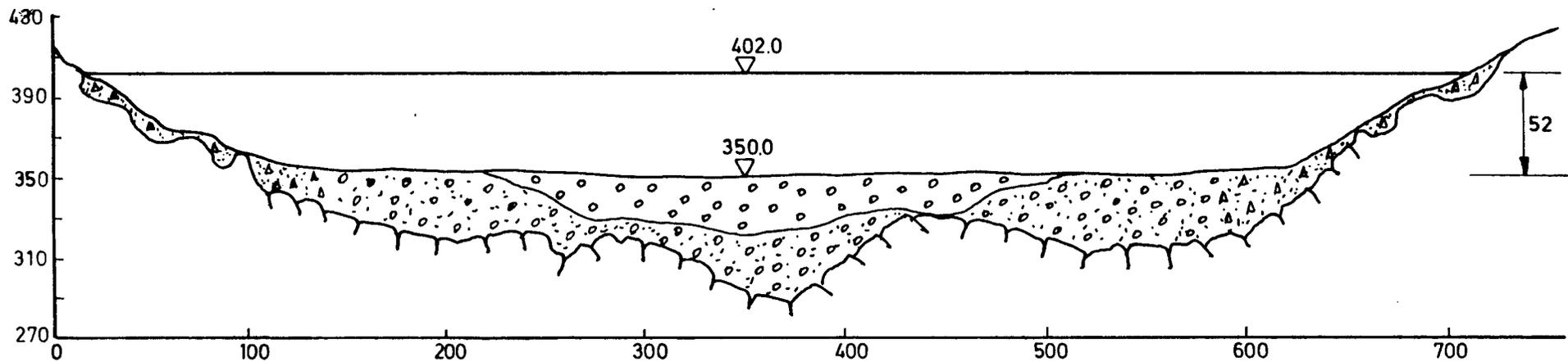
Como una apreciación muy preliminar se puede considerar para la cubicación de la pared moldeada, que el depósito del lecho tiene 35 m de profundidad.

La cortina de inyección de impermeabilización debe tener una longitud igual a la carga de agua en el punto, con un mínimo de 15 m.

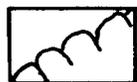
La inyección de consolidación debe colocarse bajo toda el área de contacto roca-plinto y debe tener una longitud mínima de 5 m.

En la figura N° 6.1.1-2 se muestra el perfil transversal del río en la angostura y en la N° 6.1.1-3 el perfil transversal de la presa.

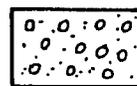
FIGURA 6.1.1-2
EMBALSE MAL PASO
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



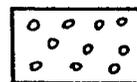
ALUVIAL ESCOMBRO DE FALDA



ROCAS

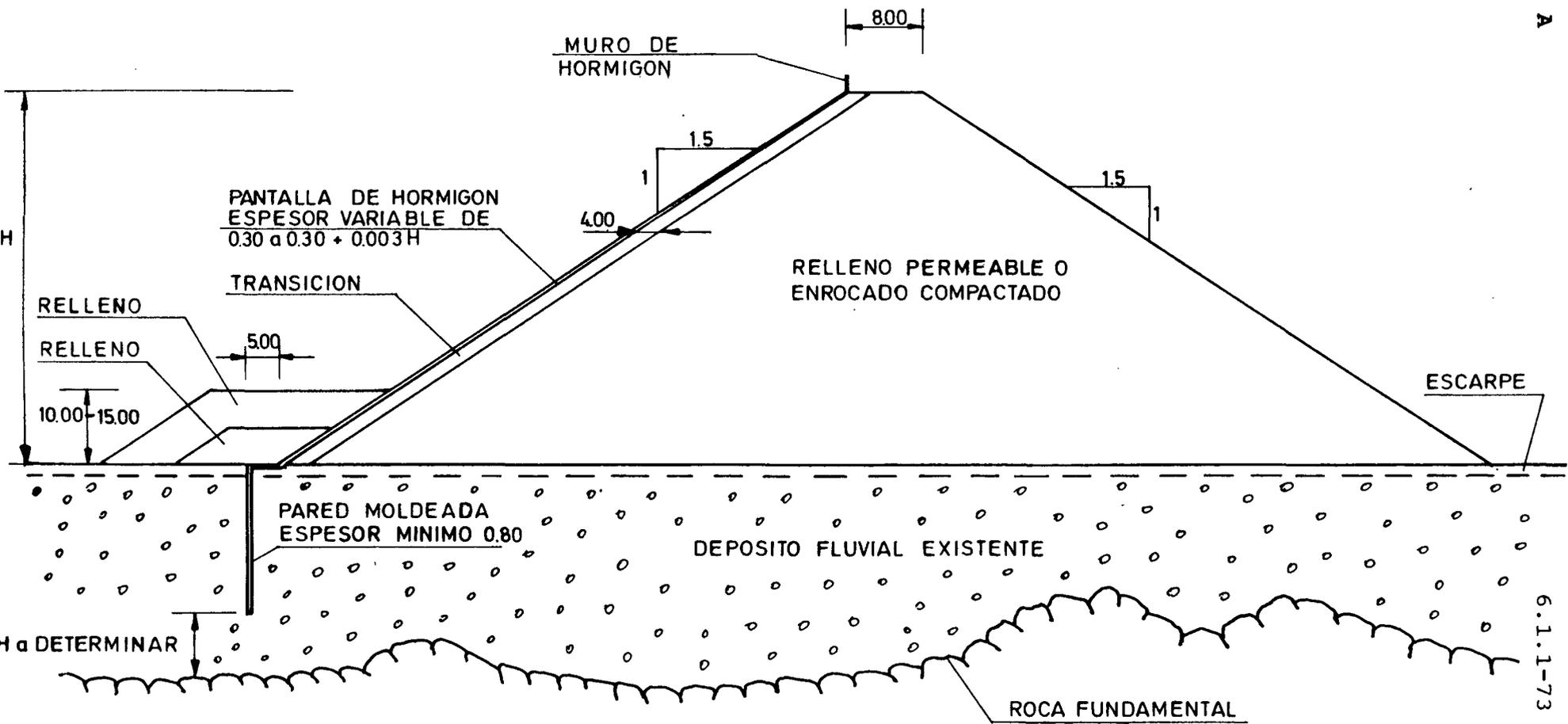


FLUVIAL GRUESO ANTIGUO



FLUVIAL RECIENTE

FIGURA 6.1.1-3
PERFIL TRANSVERSAL DE LA PRESA
VALIDA PARA LOS EMBALSES
- CERRILLOS
- MAL PASO
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



5.2.6 Juicio respecto al interés del posible embalse

Las características de este embalse son las siguientes :

- 1) La capacidad potencial del vaso del embalse es amplio, pudiendo acumular un gran volumen de agua, superior a los 380 millones de m³.
- 2) El caudal medio anual afluente al embalse asciende a 11,48 m³/s y el caudal afluente medio durante los meses de mayo, junio, julio y agosto es de 9,55 m³/s.
- 3) Con una presa de unos 52 m de altura se podrían regar aproximadamente unas 10.000 ha/año.
- 4) La relación $V_e/V_p = 44,80$ de este embalse se puede calificar como de regular.
- 5) La ejecución de este embalse presenta condiciones geológicas y geotécnicas favorables, ya que posee buenos empotramientos laterales, sin embargo presenta un potente fluvial en el cauce del río, lo que involucraría la construcción de una pared moldeada de unos 35 m de altura para impermeabilizar los fluviales del lecho.
- 6) Este embalse inundaría el pueblo de Chuchiñí. El área de inundación abarcaría unas 103 casas y galpones, y 350 ha cultivadas o cultivables. Además, el embalse interferiría en 3,5 km con el camino Illapel-Chuchiñí-Salamanca, lo que implica construir un nuevo tramo de esta carretera de aproximadamente 10 km, y también interferiría con el camino entre Limáhuida y Tambo, lo que significaría construir otros 7 kilómetros de camino.

5.3 EMBALSE CERRILLOS

5.3.1 Ubicación

Este proyecto se encuentra ubicado en el curso medio del río Choapa y su presa se instalaría en la angostura que existe en este río a unos 900 m aguas arriba de la confluencia del estero Limáhuida con el río Choapa. Las coordenadas de esta angostura son aproximadamente N 6.485.940 y E 296.440. En esa zona el río tiene un ancho, a nivel de cauce, de 295 m.

5.3.2 Accesos e infraestructura existente

Para llegar a la zona de la presa se parte de la ciudad de Illapel y luego de recorrer un camino pavimentado de 7 kilómetros de longitud se llega al Puente Confluencia (confluencia del río Illapel con el río Choapa). Se continúa por el camino que va a Los Vilos que es asfaltado, y luego de recorrer aproximadamente 6,5 kilómetros hacia el sur, se toma el desvío a Salamanca, que corresponde a un camino de tierra de 14,5 km de longitud hasta la zona del embalse. La ciudad cercana más importante es Salamanca, que se encuentra a unos 19,5 kilómetros al sur-oriente del embalse, yéndose por la ribera izquierda del río Choapa. Además, la ciudad de Illapel se encuentra a una distancia de 28 km. Ambas ciudades poseen una infraestructura adecuada para facilitar la construcción de la presa.

5.3.3 Hidrología

La estadística de caudales medios mensuales promedio afluentes al embalse ha sido estimada mediante las siguientes relaciones:

Para el período abril-septiembre : $Q_{Ch C} = 0,95 \times Q_{Ch L}$
Para el período octubre-marzo : $Q_{Ch C} = 1,00 \times Q_{Ch L}$

en que :

$Q_{Ch C}$ = caudal del río Choapa en Cerrillos

$Q_{Ch L}$ = caudal del río Choapa en Limáhuida

La información hidrológica resultante se muestra en la estadística del cuadro N° 6.1.1-4.

CUADRO N° 6.1.1-4

RIO CHOAPA EN EMBALSE CERRILLOS
CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)

ANO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Qa
50/51	1,37	7,00	3,44	2,59	3,21	3,75	10,43	21,76	23,06	1,35	0,48	0,33	6,56
51/52	0,78	2,34	5,50	11,30	7,21	3,91	9,14	22,36	1,88	1,66	0,84	0,05	5,58
52/53	0,46	1,70	5,72	9,08	5,13	7,64	10,05	10,42	10,22	2,00	0,97	1,11	5,37
53/54	1,92	2,99	7,55	6,71	7,75	30,32	44,27	88,94	63,84	22,64	4,12	13,13	24,52
54/55	7,52	10,76	16,40	16,19	14,69	7,92	10,85	25,75	10,23	40,59	0,99	1,80	13,64
55/56	0,92	2,45	7,85	6,88	4,69	3,38	6,69	18,38	6,43	2,69	1,03	0,72	5,18
56/57	1,06	1,92	1,83	2,32	8,16	3,75	7,75	13,18	3,13	1,46	0,61	0,48	3,81
57/58	0,37	9,34	1,22	7,55	14,81	9,06	16,07	27,65	20,67	4,77	1,56	1,29	9,53
58/59	1,96	3,94	15,18	6,76	11,75	3,95	11,03	9,74	2,77	0,80	0,44	0,34	5,72
59/60	0,75	2,08	3,94	7,79	8,50	7,90	9,10	17,30	6,14	1,81	0,72	0,67	5,56
60/61	1,05	1,62	6,63	7,17	5,22	1,81	8,20	23,10	9,93	1,37	0,78	0,73	5,63
61/62	0,97	1,81	24,23	10,36	11,50	16,15	22,20	43,40	27,00	6,64	3,78	3,07	14,26
62/63	1,79	3,77	7,07	13,30	7,28	2,78	7,63	16,40	3,00	1,36	0,63	0,63	5,47
63/64	0,74	1,92	4,88	9,95	9,96	27,83	22,43	35,95	234,18	43,97	3,91	5,27	33,41
64/65	5,39	4,45	10,17	7,30	6,89	5,48	5,02	5,80	1,74	0,73	0,62	0,68	4,52
65/66	3,06	2,31	3,86	18,42	85,58	25,84	38,90	53,80	56,60	26,40	12,80	6,96	27,88
66/67	5,03	4,89	8,78	79,99	52,35	12,54	16,90	26,60	18,40	6,64	2,27	2,10	19,71
67/68	2,37	3,85	7,33	8,19	4,48	9,38	4,23	3,87	1,57	0,69	0,25	0,21	3,87
68/69	0,23	0,74	1,09	0,87	0,73	0,51	0,17	0,12	0,08	0,08	0,07	0,07	0,40
69/70	0,07	0,07	0,26	0,13	0,42	0,08	0,08	1,36	0,88	0,15	0,11	0,12	0,31
70/71	0,13	1,23	2,21	4,79	4,05	0,72	2,36	11,10	2,05	0,55	0,23	0,31	2,48
71/72	0,32	0,45	1,38	4,25	3,33	1,58	2,34	4,17	0,37	0,21	0,16	0,11	1,56
72/73	0,16	0,34	26,79	21,85	36,39	33,25	30,40	49,00	111,00	49,80	11,50	2,38	31,07
73/74	1,52	1,58	3,71	4,60	0,77	0,16	9,59	20,50	8,71	2,21	2,01	2,17	4,79
74/75	2,23	3,34	9,36	7,42	2,45	3,69	8,77	17,20	6,06	2,03	1,17	1,13	5,40
75/76	0,80	1,31	4,34	7,32	6,35	2,77	2,24	5,68	3,57	1,45	0,56	0,76	3,10
76/77	0,77	1,47	1,92	0,92	2,23	0,48	1,53	8,83	2,07	0,34	0,35	0,40	1,78
77/78	0,33	0,40	1,17	17,96	17,48	18,90	34,90	54,30	51,10	15,30	3,78	3,62	18,27
78/79	3,57	4,34	5,50	9,60	21,85	21,38	34,20	98,30	102,00	29,30	13,10	9,28	29,37
79/80	11,31	10,17	7,02	7,10	8,21	8,97	8,27	6,86	4,13	0,94	0,34	0,46	6,15
80/81	17,67	11,78	9,50	17,67	17,86	11,02	24,10	40,00	42,40	9,27	3,25	2,50	17,25
81/82	2,62	7,30	6,75	5,51	3,77	2,35	0,93	1,46	0,29	0,09	0,36	0,08	2,63
82/83	0,11	3,48	11,31	18,15	48,93	19,10	27,10	53,40	107,00	48,40	31,70	10,44	31,59
83/84	7,55	10,10	11,12	23,99	25,02	11,86	30,10	47,62	32,24	8,34	3,35	4,59	17,99
84/85	3,79	5,97	3,23	65,52	12,34	25,98	53,51	62,55	76,63	30,84	8,91	8,70	29,83
85/86	7,07	8,09	6,42	8,25	6,99	3,58	3,84	4,23	2,01	1,24	0,46	0,45	4,39
86/87	0,70	4,27	13,24	5,42	8,81	4,78	11,63	30,49	37,45	9,90	3,11	2,17	11,00
87/88	1,89	5,63	6,45	33,55	52,72	34,00	58,45	112,70	137,64	75,12	21,67	16,72	46,38
88/89	10,75	13,27	10,25	17,66	11,07	4,82	5,60	3,66	1,09	1,40	0,57	0,48	6,72
89/90	0,49	1,19	1,47	4,62	13,21	7,50	16,37	25,65	8,35	2,17	1,08	0,72	6,90
90/91	1,23	2,30	4,92	6,18	2,71	2,70	4,20	3,36	1,86	1,69	0,60	0,15	2,66
91/92	0,72	3,28	17,30	14,00	9,67	14,75	16,47	46,36	41,79	18,04	5,48	5,02	16,08
PROM	2,70	4,08	7,34	12,84	13,96	9,96	15,43	27,94	30,51	11,34	3,59	2,68	11,86

5.3.4 Topografía

Se dispone de los planos aerofotogramétricos a escala 1:10000 realizados por la empresa Geoingeniería Ltda. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego en toda la zona del proyecto (Planos 5-7, 6-6 y 6-7).

5.3.5 Geología y Geotecnia

- Area de embalse y recomendación del tipo de presa

En la zona de la angostura, el valle fue labrado en las rocas intrusivas del Jurásico superior y Terciario inferior que forman el batolito característico de gran parte del área de los ríos Choapa e Illapel.

A fines del terciario y durante el cuaternario se han producido los depósitos fluviales y aluviales que han formado la actual geomorfología del valle.

La angostura en cuestión se caracteriza por tener los empotramientos izquierdo y derecho formados por laderas de pendientes medias y de 120 m y más de 110 m de altura respectivamente, donde se observan algunos afloramientos de roca intrusiva, alterada y fracturada en superficie, y en general cubierta de rellenos cuaternarios de origen aluvial y de escombros de falda de espesor medio a escaso.

El piso del valle tiene un ancho del orden de 295 m y está cubierto por un importante depósito fluvial de ladera a ladera.

La foto Nº 3 del anexo fotográfico 6.1.1-1 muestra una vista desde el empotramiento derecho hacia el izquierdo. En ambos empotramientos existen afloramientos de roca (dioritas) con una cobertura menor de escombros. Además, puede observarse el importante depósito fluvial existente en el lecho del río.

La presa a construir contempla como empotramientos las laderas en roca de las riberas, y como apoyo basal, los depósitos fluviales que cubren el fondo del valle. Lo anterior condiciona el diseño del muro a uno formado por materiales sueltos, ya sea zonificado con núcleo impermeable o en base a rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba. En ambos tipos de presa se debe considerar una importante pared moldeada para impermeabilizar los fluviales del valle, y una cortina de inyección para la impermeabilización de la roca de los empotramientos. También deben considerarse las respectivas inyecciones de consolidación de la roca de ambos empotramientos en la zona de contacto con

el elemento impermeable y el retiro del correspondiente depósito de escombros que cubre la roca en al menos esa área.

Con respecto de los yacimientos disponibles para la construcción de una presa de materiales sueltos, adyacentes a la angostura existen importantes depósitos fluviales de donde fácilmente se pueden obtener suelos granulares aptos para hacer rellenos permeables de buena calidad. De estos yacimientos se pueden obtener también buenos agregados para la fabricación de hormigones. Además, todos los materiales provenientes de las excavaciones en roca que deban hacerse para construir las obras serían adecuados para materializar la ejecución de ese tipo de relleno.

En el área del Choapa no se encontraron yacimientos de suelos finos para hacer rellenos impermeables de buena calidad. En general las terrazas están formadas o por depósitos fluviales con escaso fino, o escombros y depósitos aluviales donde el fino abunda, pero es de carácter limoso y con un porcentaje importante de bloques de diferentes tamaños.

- Bases generales para el diseño preliminar de la presa

Considerando la disponibilidad de materiales para rellenos que existen en el área y teniendo en cuenta las condiciones de fundación del muro, el tipo de presa más adecuado sería la de rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba (C.F.R.D).

El correspondiente plinto estará fundado en roca en los empotramientos y unido a la pared moldeada en forma rotulada a lo largo de toda ella. Debe considerarse un escarpe de 3 m de espesor en la zona de fundación del plinto en las laderas.

La pantalla de hormigón deberá tener un espesor de 0,30 m en su parte superior y $0,30\text{ m} + 0,003H$ en su parte inferior, en que H es la altura de la presa en m, y una armadura ϕ 22 a 20 cm en ambas direcciones.

Teniendo en cuenta que la altura de la presa es del orden de los 60 m y que los rellenos de ella se harán con materiales provenientes de los depósitos fluviales adyacentes y de las excavaciones en roca que deberán hacerse para la construcción de las obras, los taludes exteriores del muro deberán tener inclinaciones de 1.5/1 (H/V), tanto por aguas arriba como por aguas abajo.

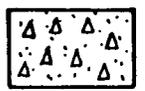
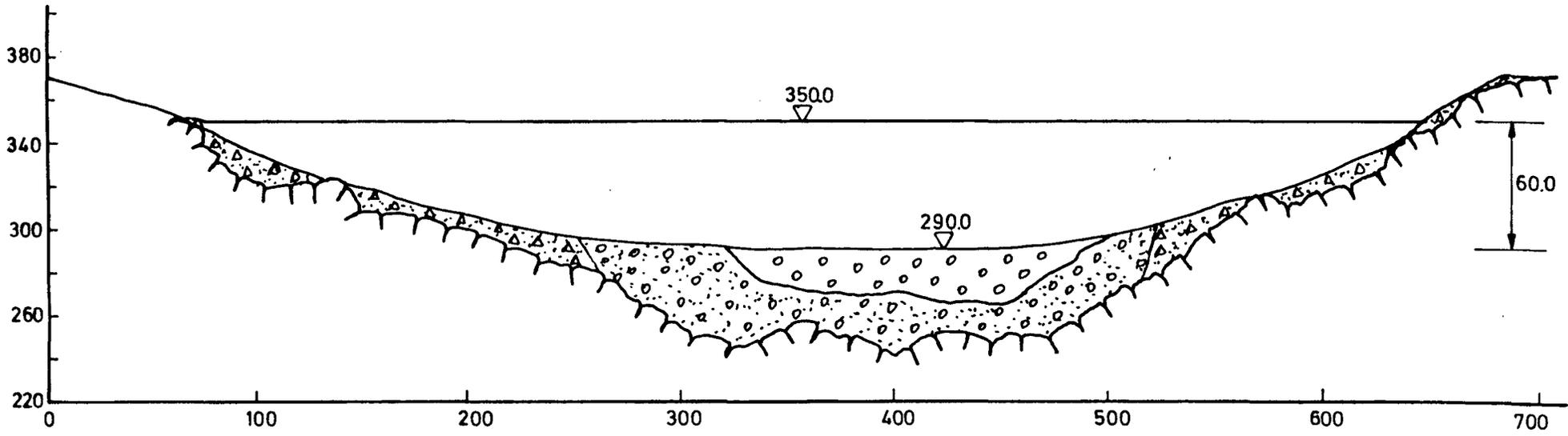
Como una apreciación muy preliminar se puede considerar para la cubicación de la pared moldeada, que el depósito del lecho tiene 40 m de profundidad.

La cortina de inyección de impermeabilización debe tener una longitud igual a la carga de agua en el punto, con un mínimo de 15 m.

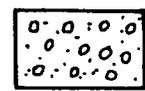
La inyección de consolidación debe colocarse bajo toda el área de contacto roca-plinto y debe tener una longitud mínima de 5 m.

En la figura N° 6.1.1-4 se muestra el perfil transversal del río en la angostura y en la N° 6.1.1-3 el perfil transversal de la presa.

FIGURA 6.1.1-4
EMBALSE CERRILLOS
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



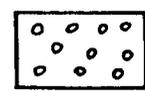
ALUVIAL ESCOMBRO DE FALDA



FLUVIAL GRUESO ANTIGUO



ROCAS



FLUVIAL RECIENTE

5.3.6 Juicio respecto al interés del posible embalse

Con este embalse se podría regar parte del área de influencia del río Choapa y parte del área de influencia del río Illapel.

Las características de este embalse son las siguientes :

- 1) La capacidad potencial del vaso del embalse es amplio, pudiendo acumular un gran volumen de agua, superior a los 360 millones de m³.
- 2) El caudal medio anual afluente al embalse asciende a 11,86 m³/s y el caudal afluente medio durante los meses de mayo, junio, julio y agosto es de 9,55 m³/s.
- 3) Con una presa de unos 60 m de altura se podrían regar aproximadamente unas 11.200 ha/año.
- 4) La relación $V_e/V_p = 51,29$ de este embalse se puede calificar como de buena.
- 5) La ejecución de este embalse presenta condiciones geológicas y geotécnicas favorables, ya que posee buenos empotramientos laterales, sin embargo presenta un potente fluvial en el cauce del río, lo que involucraría la construcción de una pared moldeada de unos 40 m de altura para impermeabilizar los fluviales del valle.
- 6) Este embalse inundaría aproximadamente unas 117 casas y galpones, y 220 ha cultivadas o cultivables. Además, se interferirían los derechos de aprovechamiento no consuntivos, de aguas superficiales, de ejercicio eventual y continuo, por un caudal de 2,0 m³/s del río Choapa, a favor de don Hugo Corona González (central Corona).

5.4 EMBALSE LIMAHUIDA

5.4.1 Ubicación

Este proyecto se encuentra ubicado en el río Choapa y su presa se instalaría en la angostura que existe en este río a unos 1.200 m aguas abajo de la confluencia del estero Limáhuida con el río Choapa. Las coordenadas de esta angostura son aproximadamente N 6.486.390 y E 295.000. En esa zona el río Choapa tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 270 m.

5.4.2 Accesos e infraestructura existente

Para llegar a la zona de la presa se parte de la ciudad de Illapel y luego de recorrer un camino pavimentado de 7 kilómetros de longitud se llega al Puente Confluencia (confluencia del río Illapel con el río Choapa). Se continúa por el camino que va a Los Vilos que es asfaltado, y luego de recorrer aproximadamente 6,5 kilómetros hacia el sur, se toma el desvío a Salamanca, que corresponde a un camino de tierra de 12 km de longitud hasta la zona del embalse. La ciudad cercana más importante es Salamanca, que se encuentra a unos 22 km al sur-oriente del embalse, yéndose por la ribera izquierda del río Choapa. Además, la ciudad de Illapel se encuentra a una distancia de 25,5 km. Ambas ciudades poseen una infraestructura adecuada para facilitar la construcción de la presa.

5.4.3 Hidrología

Para este embalse la estadística de caudales medios mensuales promedio afluentes al embalse, ha sido obtenida a partir de los caudales del río Choapa en Limáhuida.

Los valores obtenidos en m³/s son los siguientes :

ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
2,85	4,29	7,73	13,51	14,70	10,48

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
15,43	27,94	30,51	11,34	3,59	2,68

5.4.4 Topografía

Se dispone de los planos aerofotogramétricos a escala 1:10000 realizados por la empresa Geoingeniería Ltda. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego en toda la zona del proyecto (Planos 5-6, 5-7 y 6-7).

5.4.5 Geología y Geotecnia

- Análisis del área del embalse y recomendaciones

En la zona de la angostura, el valle fue labrado en las rocas intrusivas del Jurásico superior y Terciario inferior que forman el batolito característico de gran parte del área de los ríos Choapa e Illapel.

A fines del terciario y durante el cuaternario se han producido los depósitos fluviales y aluviales que han formado la actual geomorfología del valle.

La angostura en cuestión se caracteriza por tener los empotramientos izquierdo y derecho formados por laderas de pendientes suaves y de más de 220 m y más de 120 m de altura respectivamente, donde se observan escasos afloramientos de roca intrusiva, alterada y fracturada en superficie, y una cubierta de rellenos cuaternarios de origen aluvial y de escombros de falda de importante espesor.

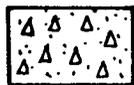
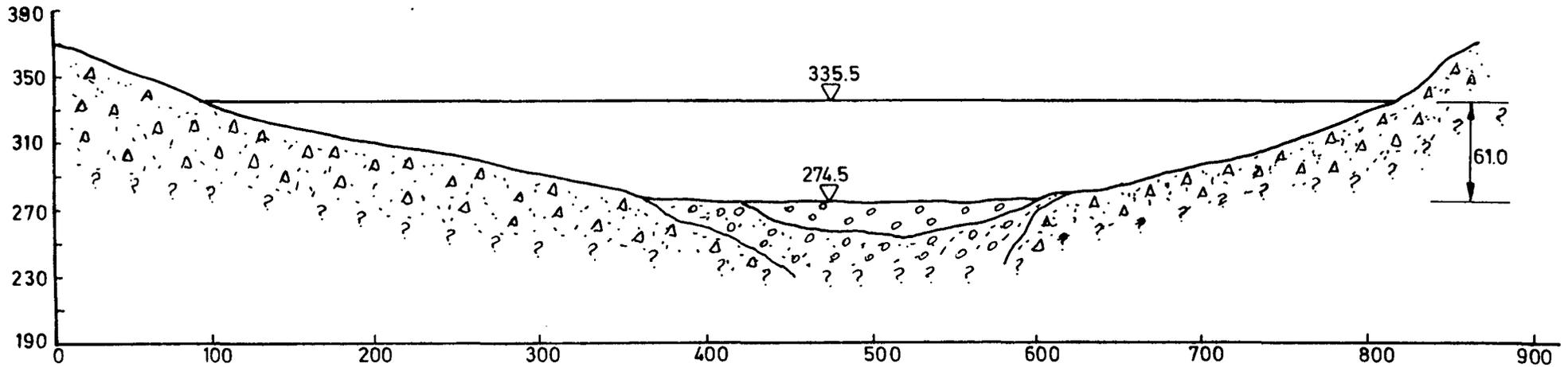
El piso del valle tiene un ancho del orden de 270 m y está cubierto por un potente depósito fluvial fuertemente contaminado con el escombros en las zonas adyacentes a las laderas.

La foto N° 4 del anexo fotográfico 6.1.1-1 muestra los afloramientos de roca (dioritas) existentes en ambas riberas, las que se encuentran cubiertas con un importante espesor de escombros de falda. Además, se observan en el lecho del río, afloramientos dispersos de roca y un potente depósito de fluviales.

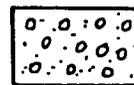
Al igual que en la angostura Quelén, la existencia de los conos de deyección y escombros de falda de importante espesor en las laderas, junto con lo ancho del valle y el importante depósito fluvial que habría que impermeabilizar, hacen recomendar que este sitio sea descartado como lugar de implantación de presa.

En la figura N° 6.1.1-5 se muestra el perfil transversal del río en la angostura.

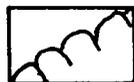
FIGURA 6.1.1-5
EMBALSE LIMAHUIDA
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



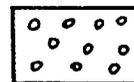
ALUVIAL ESCOMBRO DE FALDA



FLUVIAL GRUESO ANTIGUO



ROCAS



FLUVIAL RECIENTE

5.4.6 Juicio respecto al interés del posible embalse

Con este embalse se podría regar parte del área de influencia del río Choapa y parte del área de influencia del río Illapel.

Las características de este embalse son las siguientes :

- 1) La capacidad potencial del vaso del embalse es amplio, pudiendo acumular un gran volumen de agua, superior a los 640 millones de m³.
- 2) El caudal medio anual afluente al embalse asciende a 12,09 m³/s y el caudal afluente medio durante los meses de mayo, junio, julio y agosto es de 10,06 m³/s.
- 3) Con una presa de unos 61 m de altura se podrían regar aproximadamente unas 10.800 ha/año.
- 4) La relación $V_e/V_p = 42,72$ de este embalse se puede calificar como de regular.
- 5) La ejecución de este embalse presenta condiciones geológicas y geotécnicas muy desfavorables. La existencia de los conos de deyección y escombros de falda de importante espesor en las laderas, junto con lo ancho del valle y el importante depósito fluvial que habría que impermeabilizar, hacen recomendar que este sitio sea descartado como lugar de implantación de presa.
- 6) Este embalse inundaría aproximadamente unas 86 casas y galpones, y 200 ha cultivadas o cultivables. Además, interferiría el camino Los Vilos - Caimanes en una longitud de 4,5 km y el camino Los Vilos - villa estero Limáhuida - Tahuinco en 2,5 km. Por último, interferiría con los derechos de aprovechamiento no consuntivos, de aguas superficiales, de ejercicio eventual y continuo, por un caudal de 2,0 m³/s del río Choapa, a favor de don Hugo Corona González (central Corona).

5.5 EMBALSE CANELILLO

5.5.1 Ubicación

Este proyecto se encuentra ubicado en el curso inferior del río Choapa y su presa se instalaría en la angostura que existe en este río a unos 1.000 m aguas arriba de su confluencia con el río Illapel (Puente Confluencia). Las coordenadas de esta angostura son aproximadamente N 6.493.130 y E 283.780. En esta zona el río Choapa tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 35 m.

5.5.2 Accesos e infraestructura existente

Para llegar a la zona de la presa se parte de la ciudad de Illapel, que es la ciudad más cercana, y luego de recorrer un camino pavimentado de aproximadamente 7 kilómetros de longitud por la ribera derecha del río del mismo nombre, se llega al Puente Confluencia (confluencia del río Choapa con el río Illapel). Cruzando este puente, se continúa por un camino de tierra en buen estado hacia el sur, bordeando la ribera izquierda del río Choapa. Luego de recorrer 1 kilómetro de camino, se llega a la angostura Canelillo. La ciudad de Illapel posee una infraestructura adecuada para facilitar la construcción de la presa.

5.5.3 Hidrología

Debido a que la angostura se encuentra situada muy cerca de la ubicación de la estación pluviométrica Choapa en Puente Negro, se ha utilizado la estadística de caudales medios mensuales de esta sección.

La información hidrológica resultante se muestra en la estadística del cuadro N° 6.1.1-5.

CUADRO N° 6.1.1-5

RIO CHOAPA EN EMBALSE CANELILLO
CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)

ANO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Qa
50/51	1,82	7,36	3,95	2,56	4,24	3,59	9,41	20,50	18,60	0,66	0,34	0,32	6,11
51/52	1,05	2,65	6,08	11,37	6,99	3,79	8,14	21,07	1,52	0,97	0,82	0,00	5,37
52/53	0,65	2,01	6,32	9,12	5,56	8,43	9,03	9,71	8,24	1,30	0,98	1,19	5,21
53/54	2,54	3,32	8,21	6,72	7,36	36,71	42,95	84,40	51,49	21,63	5,07	14,59	23,75
54/55	9,81	11,16	17,36	16,31	12,11	8,78	9,82	24,29	8,25	39,30	1,00	1,95	13,35
55/56	1,24	2,77	8,52	6,90	5,26	3,12	5,70	17,29	5,18	1,99	1,06	0,76	4,98
56/57	1,42	2,24	2,29	2,28	7,64	3,59	6,76	12,34	2,53	0,78	0,51	0,49	3,57
57/58	0,52	9,73	1,66	7,57	12,20	10,20	15,00	26,10	16,67	4,03	1,75	1,39	8,90
58/59	2,59	4,27	16,10	6,78	10,10	3,84	10,00	9,07	2,52	0,84	0,58	0,55	5,60
59/60	0,84	2,71	5,53	9,78	10,30	9,37	10,36	15,50	7,23	1,58	0,69	1,02	6,24
60/61	2,09	2,85	6,93	6,05	3,88	0,68	6,53	18,60	8,44	0,54	0,83	0,36	4,81
61/62	0,45	1,24	20,40	8,90	11,50	18,10	26,20	45,80	27,80	6,63	3,47	3,20	14,47
62/63	3,70	5,53	17,01	11,10	6,96	2,92	7,16	18,20	4,70	2,07	0,65	0,56	6,71
63/64	1,00	2,23	5,45	10,00	8,87	33,60	21,30	34,00	188,85	42,63	4,80	12,39	30,43
64/65	5,22	4,02	13,93	8,95	6,28	5,33	3,63	2,49	0,96	1,59	1,06	2,42	4,66
65/66	8,02	5,62	4,39	18,57	60,74	33,49	46,02	70,61	39,83	14,60	2,27	5,48	25,80
66/67	6,09	4,61	11,66	17,11	9,90	12,40	15,50	23,50	16,80	5,40	1,91	2,29	10,60
67/68	3,12	4,18	7,98	8,22	5,11	6,74	3,74	3,57	1,94	0,64	0,48	0,41	3,84
68/69	0,47	2,25	2,40	1,88	2,22	1,29	0,80	0,42	0,37	1,72	1,41	0,09	1,28
69/70	0,09	0,14	0,43	0,46	0,97	1,08	1,00	2,05	2,27	0,85	0,41	0,26	0,83
70/71	0,25	1,70	2,26	5,40	4,80	1,17	2,61	11,80	2,89	0,96	0,42	0,42	2,89
71/72	0,59	0,78	1,76	4,54	3,62	2,22	2,30	4,36	0,80	0,42	0,34	0,28	1,83
72/73	0,23	0,50	17,70	16,00	24,80	19,90	25,60	41,93	74,80	47,90	15,20	9,81	24,53
73/74	7,34	9,22	10,90	14,50	7,00	1,80	7,40	18,90	7,60	0,86	0,46	0,72	7,23
74/75	1,34	2,65	8,69	8,83	1,59	3,06	9,73	20,20	11,50	2,02	1,24	1,21	6,00
75/76	1,25	1,72	4,83	7,74	7,88	3,88	3,19	4,56	4,35	0,76	0,45	0,80	3,45
76/77	1,04	1,78	2,38	1,68	2,86	1,42	2,12	8,65	1,33	0,24	0,25	0,24	2,00
77/78	0,34	0,76	1,77	22,20	15,02	23,81	19,30	51,60	46,50	8,76	3,72	4,88	16,56
78/79	4,52	4,15	4,66	40,60	16,40	16,70	25,90	71,10	74,60	28,00	2,81	10,80	25,02
79/80	9,09	7,61	5,40	5,08	7,59	7,15	6,52	6,99	4,18	0,58	0,59	0,89	5,14
80/81	22,60	12,50	9,94	18,00	14,80	9,69	21,60	32,10	33,00	8,42	3,18	2,40	15,69
81/82	2,74	7,80	7,55	5,71	4,23	2,76	1,33	1,59	0,57	0,84	0,19	0,18	2,96
82/83	0,37	3,27	17,30	43,50	35,00	27,40	26,60	56,00	86,20	51,20	19,50	11,60	31,49
83/84	9,85	10,50	11,90	24,20	19,20	13,70	28,90	45,10	26,00	7,55	4,07	5,07	17,17
84/85	4,96	6,32	3,74	66,20	10,50	31,30	52,10	59,30	61,80	29,70	11,30	9,66	28,91
85/86	9,22	8,47	7,04	8,28	6,83	3,38	2,88	3,83	1,62	0,56	0,31	0,45	4,41
86/87	0,96	4,61	14,10	5,42	8,08	4,87	10,60	28,80	30,20	9,08	3,76	2,37	10,24
87/88	2,50	5,98	7,06	33,87	38,20	41,30	57,00	107,00	111,00	73,30	27,90	18,60	43,64
88/89	14,00	13,70	11,00	17,80	9,63	4,92	4,62	3,28	0,88	0,71	0,47	0,48	6,79
89/90	0,68	1,50	1,91	4,61	11,10	8,26	15,30	24,20	6,73	1,47	1,12	0,75	6,47
90/91	1,64	2,62	5,48	6,20	3,90	2,28	3,24	3,00	1,50	1,00	0,50	0,11	2,62
91/92	0,98	3,61	18,30	14,10	8,67	17,30	15,40	43,90	33,70	17,10	6,85	5,55	15,46
PROM.	3,55	4,59	8,15	12,98	10,95	10,84	14,36	26,37	24,66	10,50	3,21	3,26	11,12

5.5.4 Topografía

Se dispone de los planos aerofotogramétricos a escala 1:10000 realizados por la empresa Geoingeniería Ltda. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego en toda la zona del proyecto (Planos 4-7 y 4-8).

5.5.5 Geología y Geotecnia

- Area de embalse y recomendación del tipo de presa

En la zona de la angostura, el valle fue labrado en las antiguas rocas volcánicas del Cretácico inferior, que han permanecido como residuales y aparecen en forma puntual dentro del gran batolito que existe en general en toda el área de los ríos Choapa e Illapel.

La angostura en cuestión se caracteriza por tener ambos empotramientos formados por laderas de pendientes fuertes y de 90 m la derecha y 270 m la izquierda, donde se observa en toda su magnitud la roca volcánica moderadamente alterada y fuertemente fracturada en superficie.

En la ribera izquierda hay un delgado depósito de escombros en la parte superior.

El piso del valle tiene un ancho del orden de 35 m y probablemente está cubierto por un pequeño depósito fluvial.

En esta angostura debe estudiarse la posibilidad de la existencia de un paliocauce en la ribera derecha del Choapa hacia el Illapel.

Indudablemente esta angostura es la que tiene las mejores características geotécnicas y topográficas de todas las posibles angosturas del río Choapa.

Las fotos N° 5 y N° 6 del anexo fotográfico 6.1.1-1 muestran respectivamente, la angostura vista desde aguas arriba del embalse y la zona de inundación del embalse Canelillo.

La presa a construir contempla como empotramientos las laderas en roca de las riberas y también su apoyo basal en roca. Lo anterior hace que el muro pueda ser una presa gravitacional, tanto de material suelto como de hormigón. En esta etapa del proyecto se descarta una presa en arco por lo fracturada que se presenta la roca. En caso de ser un muro gravitacional de hormigón, éste podrá ser moldeado o rodillado.

La presa de materiales sueltos podría ser zonificada con un núcleo impermeable o en base a rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba.

En ambos tipos de presa se debe considerar una cortina de inyección para la impermeabilización de la roca, y las respectivas inyecciones de consolidación en la zona de contacto con la pantalla impermeable, para el caso de una presa de materiales sueltos, y en toda la zona de contacto para el caso de una presa de hormigón.

Con respecto de los yacimientos disponibles para la construcción de una presa de materiales sueltos, adyacentes a la angostura existen importantes depósitos fluviales de donde fácilmente se pueden obtener suelos granulares aptos para hacer rellenos permeables de buena calidad. De estos mismos depósitos se pueden obtener los agregados para la fabricación de los hormigones. Además, todos los materiales provenientes de las excavaciones en roca que deban hacerse para construir las obras serían adecuados para materializar la ejecución de ese tipo de rellenos.

En el área del Choapa no se encontraron yacimientos de suelos finos aptos para hacer rellenos impermeables de buena calidad. En general, las terrazas están formadas o por depósitos fluviales con escaso fino, o escombros y depósitos aluviales donde el fino abunda, pero es de carácter limoso y con un porcentaje importante de bloques de diferentes tamaños.

- Bases generales para el diseño preliminar de la presa

Considerando la disponibilidad de materiales para rellenos que existen en el área, teniendo en cuenta las condiciones de fundación del muro y las características topográficas de la angostura, el tipo de presa más adecuado sería una presa gravitacional de hormigón rodillado. Este tipo de estructura tendría la gran ventaja sobre un C.F.R.D. de permitir colocar sobre ella misma el vertedero, además de la facilidad de colocación que tiene el hormigón sobre roca en espacios reducidos como sería este caso.

La presa gravitacional de hormigón rodillado tendría un paramento vertical por aguas arriba, compuesto por un hormigón convencional de aproximadamente 1 m de espesor. La longitud de coronamiento de la presa, de ladera a ladera, sería de aproximadamente 190 m y en su zona central se proyectaría el evacuador de crecidas (vertedero de cresta libre), el que tendría una longitud aproximada de 150 m. El rápido de descarga de este vertedero se proyectaría con una pendiente de 0,8/1 (H/V) y terminaría, en su parte inferior, con una cuchara de lanzamiento tipo salto de ski.

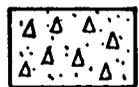
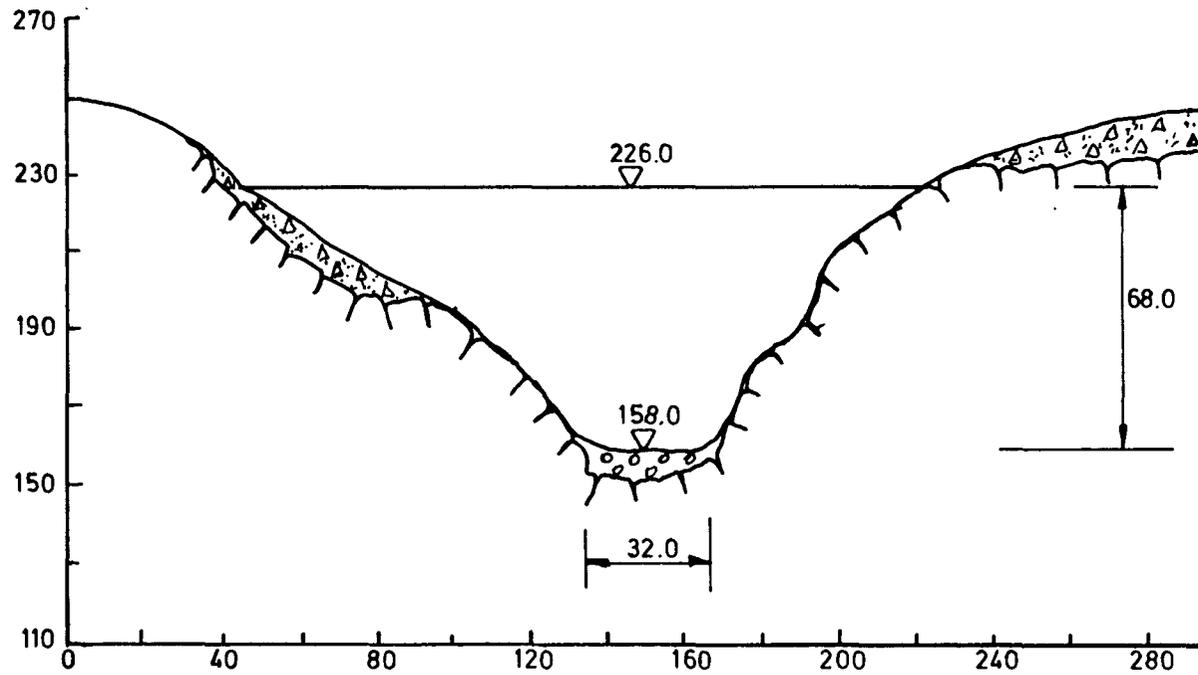
Debe considerarse como antecedente preliminar para cubicación, que en el lecho existe un depósito fluvial del orden de 5 m que habría que retirar.

La cortina de inyección de impermeabilización debe tener una longitud igual a la carga de agua en el punto, con un mínimo de 15 m.

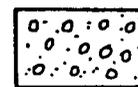
La inyección de consolidación debe colocarse en toda el área de apoyo de la presa y debe tener una longitud mínima de 5 m.

En la figura N° 6.1.1-6 se muestra el perfil transversal del río en la angostura y en la N° 6.1.1-7 el perfil transversal de la presa.

FIGURA 6.1.1-6
 EMBALSE CANELILLO
 CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA
 (ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



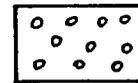
ALUVIAL ESCOMBRO DE FALDA



FLUVIAL GRUESO ANTIGUO

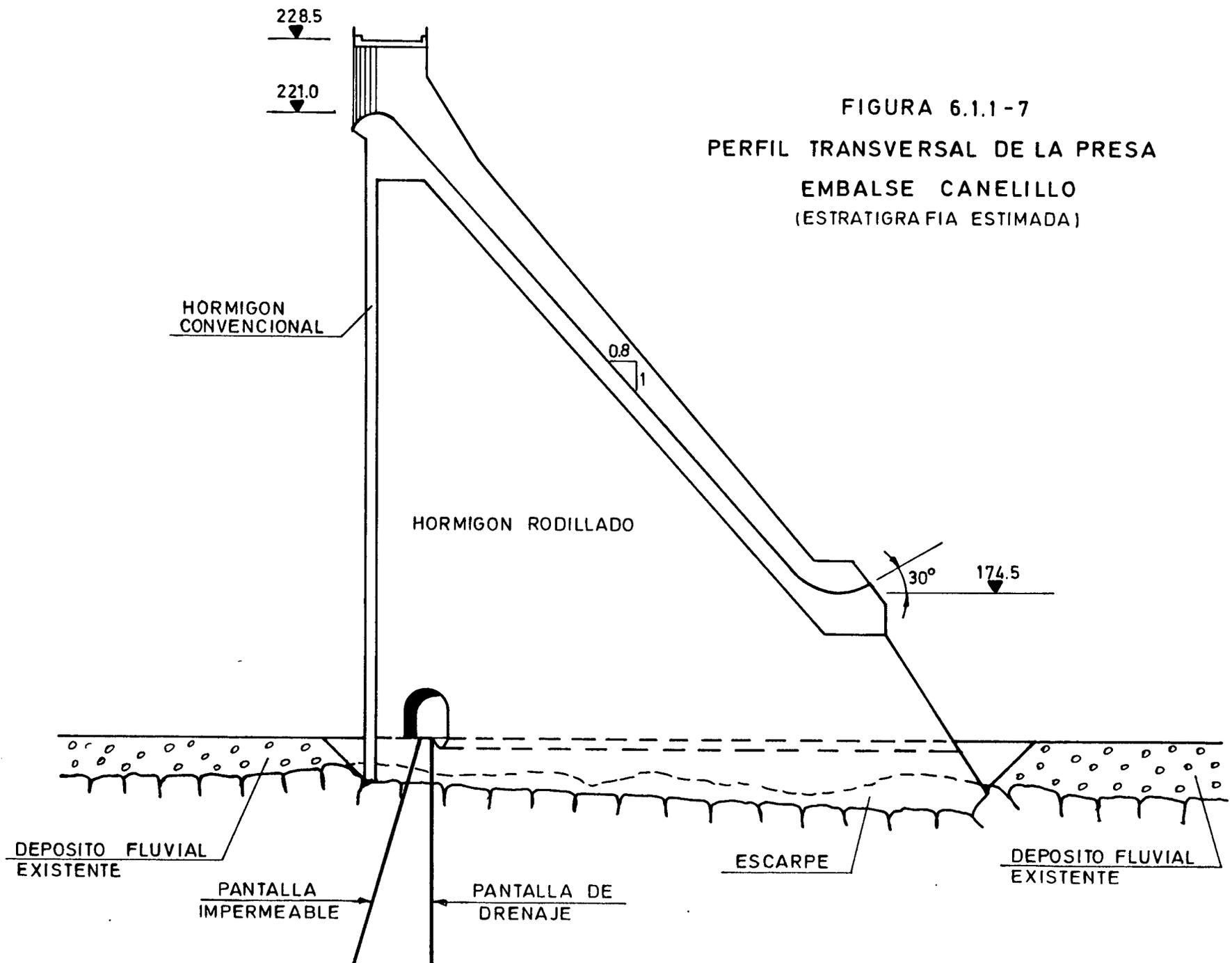


ROCAS



FLUVIAL RECIENTE

FIGURA 6.1.1-7
PERFIL TRANSVERSAL DE LA PRESA
EMBALSE CANELILLO
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



5.5.6 Juicio respecto al interés del posible embalse

Con este embalse se podrían regar principalmente los interfluvios costeros, la zona de Choapa Costa ubicada bajo canal y la zona de Canela bajo canal.

Las características de este embalse son las siguientes :

- 1) La capacidad potencial del vaso del embalse es amplio, pudiendo acumular un gran volumen de agua, superior a los 290 millones de m³.
- 2) El caudal medio anual afluente al embalse asciende a 11,12 m³/s y el caudal afluente medio durante los meses de mayo, junio, julio y agosto es de 9,17 m³/s.
- 3) Con una presa de unos 68 m de altura se podrían regar aproximadamente unas 10.000 ha/año.
- 4) La relación $V_e/V_p = 190,66$ de este embalse se puede calificar como de muy buena.
- 5) La ejecución de este embalse presenta condiciones geológicas y geotécnicas muy favorables, ya que presenta muy buenos empotramientos laterales y apoyo basal en roca.
- 6) La zona de inundación comprometería sólo unas 20 casas y galpones. Además, no existen obras de infraestructura ni plantaciones de árboles frutales ni zonas cultivadas, que pudieran verse afectadas por la zona inundada.

5.6 EMBALSE COYUNTAGUA

5.6.1 Ubicación

Este proyecto se encuentra ubicado en el río Choapa y su presa se instalaría en la angostura existente en este río a unos 4.000 m aguas abajo de la confluencia del río Illapel con el río Choapa (Puente Confluencia). Las coordenadas de esta angostura son aproximadamente N 6.495.220 y E 280.170. En esta zona el río Choapa tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 60 m.

5.6.2 Accesos e infraestructura existente

Para llegar a la zona de la presa se parte de Illapel, y luego de recorrer un camino pavimentado de aproximadamente 7 kilómetros de longitud bordeando la ribera derecha del río del mismo nombre, se llega al Puente Confluencia, donde se unen los ríos Choapa e Illapel. Luego se continúa por un camino de tierra en buen estado de 4 km de longitud hasta la ubicación de la presa del embalse, yéndose por la ribera derecha del río Choapa. La ciudad más cercana a este embalse es Illapel, la que posee una infraestructura adecuada para facilitar la construcción de la presa.

5.6.3 Hidrología

Para este embalse la estadística de caudales medios mensuales promedio afluentes al embalse ha sido obtenida mediante la siguiente relación :

$$Q_{Ch C} = 0,96 \times Q_{Ch LC} , \text{ en que :}$$

$Q_{Ch C}$ = caudal del río Choapa en Coyuntagua

$Q_{Ch LC}$ = caudal del río Choapa aguas arriba de La Canela

Los valores obtenidos en m³/s son los siguientes :

ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
4,23	4,99	8,25	18,60	14,20	11,00

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
15,24	26,19	24,95	13,77	4,05	3,81

5.6.4 Topografía

Se dispone de los planos aerofotogramétricos a escala 1:10000 realizados por la empresa Geingeniería Ltda. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego en toda la zona del proyecto (Planos 3-8, 4-7 y 4-8).

5.6.5 Geología y Geotecnia

- Area de embalse y recomendación del tipo de presa

En la zona de la angostura, el valle fue labrado en las antiguas rocas volcánicas del Cretácico inferior, que han permanecido como residuales y aparecen en forma puntual dentro del gran batolito que existe en general, en toda el área de los ríos Choapa e Illapel.

A fines del terciario y durante el cuaternario se han producido los depósitos fluviales y aluviales que han formado la actual geomorfología del valle.

La angostura en cuestión se caracteriza por tener ambos empotramientos formados por laderas de pendientes medias y de 100 m de altura la derecha y más de 140 m la izquierda, donde se observan abundantes afloramientos de la roca volcánica, alterada y fracturada en superficie, y en general cubierta por una delgada capa de depósitos cuaternarios, característicos de escombros de falda.

El piso del valle tiene un ancho del orden de 60 m y está cubierto por un depósito fluvial de ladera a ladera, que se estima de un espesor no superior a los 10 m.

La foto N° 7 del anexo fotográfico 6.1.1-1 muestra un detalle de la ribera izquierda en roca de la alternativa 2 de "aguas abajo", y la foto N° 8 del mismo anexo mencionado anteriormente, muestra ambas riberas en roca de la alternativa 2 de la angostura Coyuntagua.

La presa a construir contempla como empotramientos las laderas en roca de las riberas, y como apoyo basal, también la roca existente bajo el delgado depósito fluvial que en la actualidad cubre el fondo del valle. Lo anterior condiciona el diseño del muro a uno formado por materiales sueltos, ya sea zonificado con núcleo impermeable o en base a rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba. También sería factible una presa gravitacional de hormigón, ya sea moldeado o rodillado.

Cualquiera sea el tipo de presa a implantar se debe considerar una cortina de inyección para la impermeabilización de la roca basal y de los empotramientos. También deben considerarse las respectivas inyecciones de consolidación de la roca, las que se colocarán en la zona de contacto con la barrera impermeable, en el caso de ser una presa en base a material suelto, y en toda la zona de contacto presa-roca en caso de ser ésta de hormigón.

Con respecto de los yacimientos disponibles para la construcción de una presa de materiales sueltos, existen a no más de 2 km de la angostura, importantes depósitos fluviales de donde fácilmente se pueden obtener suelos granulares aptos para hacer rellenos permeables de buena calidad. Además, todos los materiales provenientes de las excavaciones en roca que deban hacerse para construir las obras serían adecuados para materializar la ejecución de ese tipo de relleno. Los mismos depósitos fluviales son adecuados para entregar los correspondientes agregados para el hormigón.

En el área del Choapa no se encontraron yacimientos de suelos finos aptos para hacer rellenos impermeables de buena calidad. En general, las terrazas están formadas o por depósitos fluviales con escaso fino, o escombros y depósitos aluviales donde el fino abunda, pero es de carácter limoso y tienen un porcentaje importante de bloques de diferentes tamaños.

- Bases generales para el diseño preliminar de la presa

Considerando la disponibilidad de materiales para rellenos que existen en el área, y teniendo en cuenta las condiciones de fundación del muro y la topografía de la angostura, el tipo de presa más adecuado sería la de rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba (C.F.R.D).

En este caso se estima mejor solución ésta que la gravitacional de hormigón, debido a que la angostura tiene un ancho suficiente como para colocar en forma expedita el suelo granular a usar como relleno. Además, en forma relativamente simple, se pueden colocar las obras de desviación en la ribera derecha del actual cauce.

El correspondiente plinto estará fundado en roca en los empotramientos y en la base, lo que implicará el retiro del actual depósito fluvial existente en el cauce y el correspondiente escarpe en las laderas.

La pantalla de hormigón deberá tener un espesor variable de 0,30 m en su parte superior a $0,30 \text{ m} + 0,003H$ en su parte inferior, en que H es la altura de la presa en m, y una armadura ϕ 22 a 20 cm en ambas direcciones.

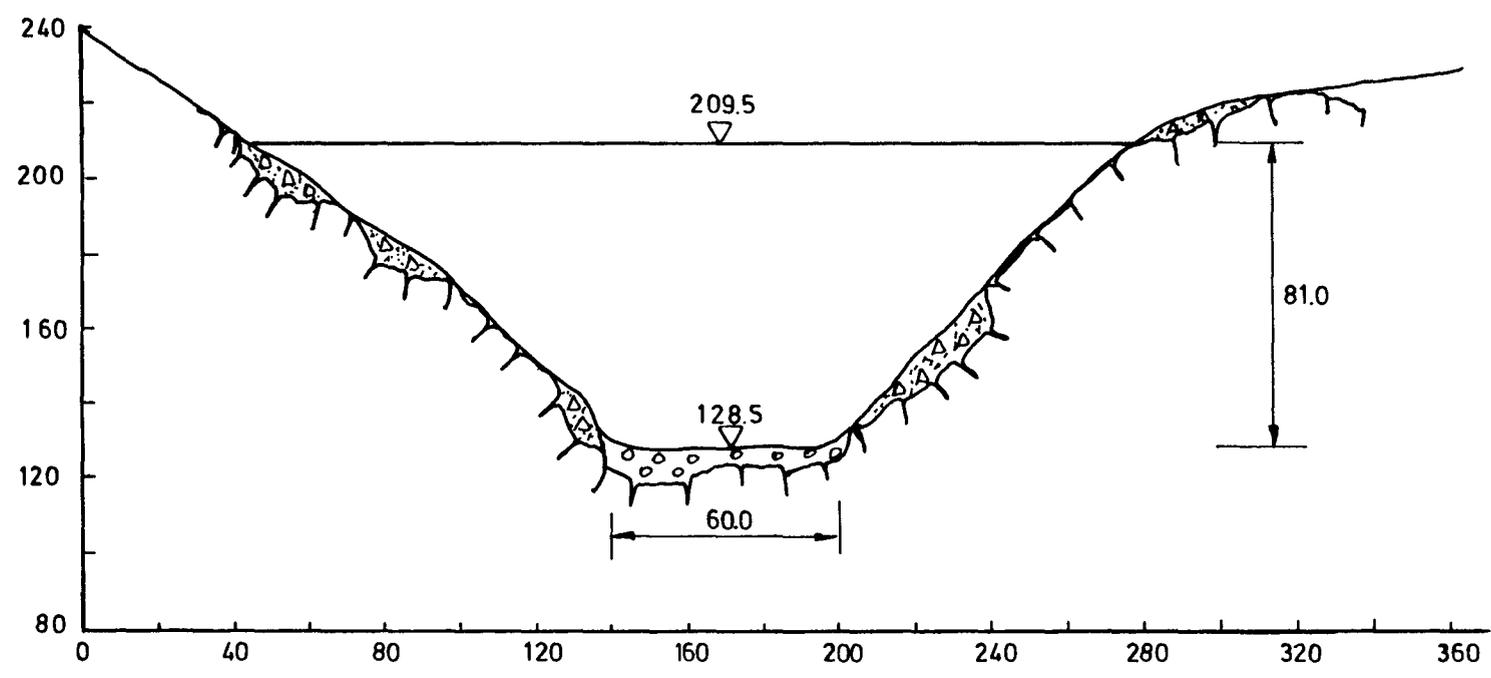
Teniendo en cuenta que la altura de la presa es del orden de los 81 m y que los rellenos que la forman se harán con materiales provenientes de los depósitos fluviales adyacentes y de las excavaciones en roca que deberán hacerse para la construcción de las obras, los taludes exteriores del muro deberán tener inclinaciones de 1.5/1 (H/V), tanto por aguas arriba como por aguas abajo.

La cortina de inyección de impermeabilización debe tener una longitud igual a la carga de agua en el punto, con un mínimo de 15 m.

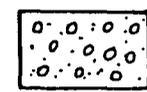
La inyección de consolidación debe colocarse bajo toda el área del plinto y debe tener una longitud mínima de 5 m.

En la figura N° 6.1.1-8 se muestra el perfil transversal del río en la angostura y en la N° 6.1.1-9 el perfil transversal de la presa.

FIGURA 6.1.1 - 8
EMBALSE COYUNTAGUA
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



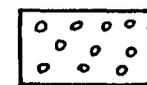
ALUVIAL ESCOMBRO DE FALDA



FLUVIAL GRUESO ANTIGUO

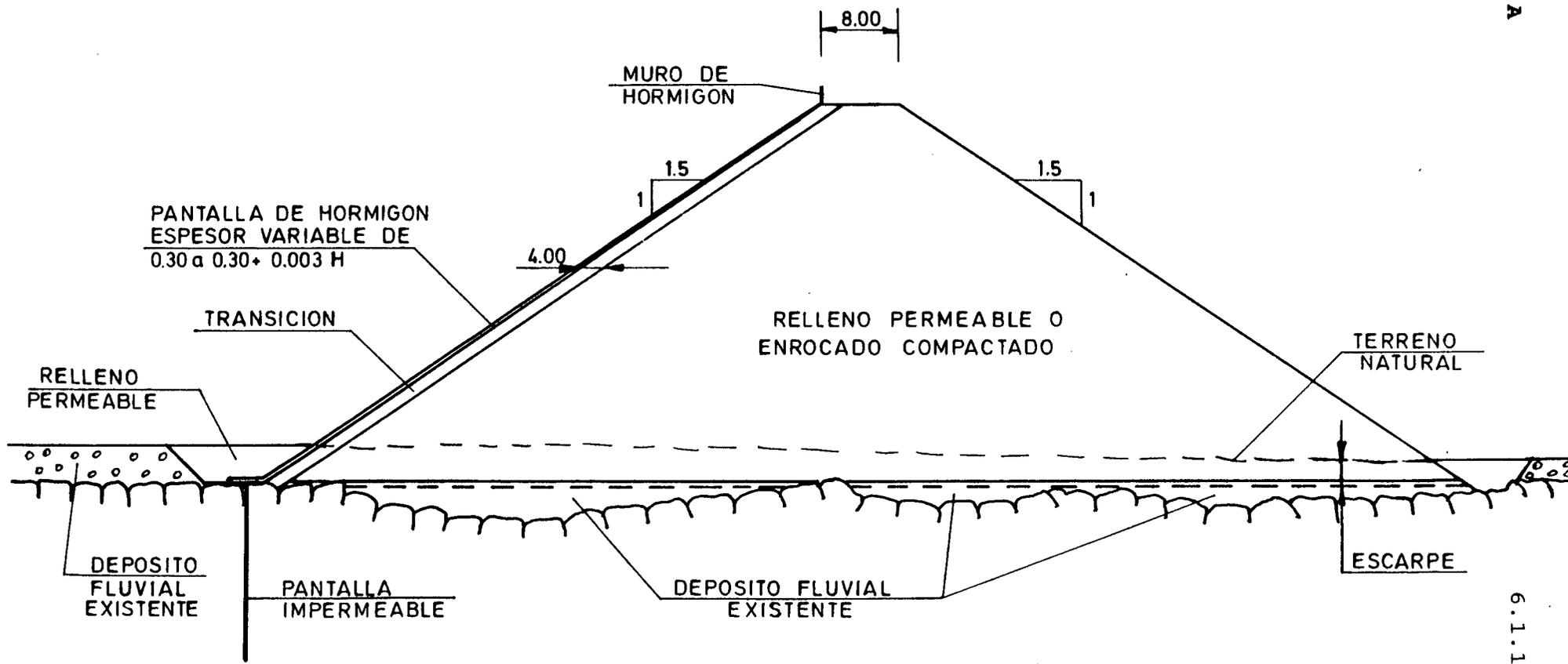


ROCAS



FLUVIAL RECIENTE

FIGURA 6.1.1-9
PERFIL TRANSVERSAL DE LA PRESA
VALIDA PARA LOS EMBALSES
- COYUNTAGUA
- CORRALES
- CANELA BAJA
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



5.6.6 Juicio respecto al interés del posible embalse

Con este embalse se podría regar el valle del río Choapa en la zona costera, algunas zonas denominadas de Canela ubicadas en las terrazas del valle Choapa y parte de los interfluvios costeros.

Las características de este embalse son las siguientes :

- 1) La capacidad potencial del vaso del embalse es amplio, pudiendo acumular un gran volumen de agua, superior a los 220 millones de m³.
- 2) El caudal medio anual afluente al embalse asciende a 12,44 m³/s y el caudal afluente medio durante los meses de mayo, junio, julio y agosto es de 11,51 m³/s.
- 3) Con una presa de unos 81 m de altura se podrían regar aproximadamente unas 12.200 ha/año.
- 4) La relación $V_e/V_p = 97,04$ de este embalse puede ser calificada como de muy buena.
- 5) La ejecución de este embalse presenta condiciones geológicas y geotécnicas favorables, ya que posee buenos empotramientos laterales y un escombros de falda de menor espesor en ambas laderas. Además, el depósito fluvial existente en el cauce del río tiene un espesor pequeño.
- 6) Este embalse inundaría unas 80 casas y galpones, y unas 30 ha cultivadas o cultivables. Además, inundaría 1,5 km del camino Illapel - Los Vilos, incluyendo el puente carretero sobre el río Choapa. La reposición de esta vía terrestre significaría construir aproximadamente 10 km de camino nuevo, el que cruzaría el río Choapa a través del coronamiento de la presa. Como la superficie que se puede regar con este embalse es inferior a las 12.200 ha indicadas, podría ser necesario ejecutar una presa de menor altura que podría no inundar el camino y el puente.

5.7 EMBALSE CORRALES

5.7.1 Ubicación

Este proyecto se encuentra ubicado en el estero Camisas y su presa se instalaría en la angostura existente en este estero a unos 23,5 kilómetros aguas arriba de su confluencia con el río Choapa. Las coordenadas de esta angostura son aproximadamente N 6.469.500 y E 317.350. En esta zona el estero tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 65 m.

5.7.2 Accesos e infraestructura existente

Para llegar a la zona de la presa se parte de la ciudad de Salamanca, se cruza el río Choapa, y luego de recorrer un camino de tierra en buen estado de aproximadamente 6 kilómetros de longitud, bordeando la ribera izquierda del río Choapa hacia el sur-poniente, se llega al estero Camisas. A continuación se remonta este estero hasta la zona del embalse. Este es un camino de tierra en buen estado que va por la ribera izquierda del estero Camisas, y tiene una longitud aproximada de 19,2 km hasta la zona de la angostura. La ciudad de Salamanca, que es la más cercana al embalse Corrales, posee una infraestructura adecuada para facilitar la construcción de la presa.

5.7.3 Hidrología

Debido a que el estero Camisas tiene una estación fluviométrica muy alterada en su confluencia con el río Choapa, las estadísticas de caudales medios mensuales afluentes al embalse se estimaron de la siguiente manera :

- Se determinó el caudal medio anual (Q_a) correspondiente al período 1950/51 - 1989/90 a partir de la precipitación media anual estimada del plano de isoyetas, a la que se le restó el déficit de escorrentía estimada por el método de Turc.
- Se calculó la estadística de caudales medios mensuales (Q_m) a partir de estadísticas seleccionadas de la cuenca del río Petorca con régimen hidrológico similar (Q_{PAT}), considerando la misma distribución de caudales, es decir,

$$(Q_{m_i})_{est\ x} = [(Q_a)_{est\ x} / (Q_a)_{PAT}] \times (Q_{m_i})_{PAT}$$

La información hidrológica resultante se muestra en la estadística del cuadro N° 6.1.1-6.

CUADRO N° 6.1.1-6
ESTERO CAMISAS EN EMBALSE CORRALES
CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)

ANO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Qa
50/51	0,099	0,148	0,000	0,000	0,021	0,037	0,012	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028
51/52	0,029	0,074	0,078	0,124	0,012	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,030
52/53	0,000	0,066	0,124	0,054	0,029	0,082	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
53/54	0,066	0,087	0,029	0,078	1,961	0,630	0,202	0,070	0,025	0,012	0,008	0,004	0,264
54/55	0,074	0,074	0,082	0,049	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025
55/56	0,016	0,099	0,025	0,016	0,029	0,008	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,021
56/57	0,004	0,012	0,000	0,054	0,074	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014
57/58	0,000	2,707	1,186	0,639	0,284	0,190	0,099	0,066	0,049	0,029	0,025	0,016	0,441
58/59	0,012	0,087	0,152	0,029	0,074	0,004	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,031
59/60	0,016	0,041	0,091	0,041	0,049	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021
60/61	0,000	0,029	0,136	0,054	0,041	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,023
61/62	0,000	0,004	0,157	0,021	0,087	0,021	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026
62/63	0,000	0,004	0,169	0,012	0,012	0,012	0,082	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,025
63/64	0,000	0,025	0,058	0,099	0,095	0,470	0,152	0,078	0,037	0,021	0,016	0,008	0,088
64/65	0,008	0,004	0,091	0,021	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016
65/66	0,016	0,054	0,012	0,247	5,005	1,895	0,803	0,395	0,218	0,136	0,103	0,062	0,746
66/67	0,091	0,037	0,210	0,140	0,045	0,012	0,008	0,008	0,008	0,004	0,004	0,000	0,047
67/68	0,000	0,008	0,054	0,054	0,012	0,041	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015
68/69	0,004	0,000	0,008	0,000	0,016	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
69/70	0,008	0,008	0,078	0,004	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011
70/71	0,000	0,095	0,008	0,136	0,012	0,021	0,016	0,000	0,000	0,021	0,000	0,004	0,026
71/72	0,012	0,000	0,119	0,004	0,033	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015
72/73	0,000	0,004	0,214	0,062	0,325	0,247	0,165	0,124	0,078	0,058	0,045	0,029	0,113
73/74	0,021	0,054	0,062	0,103	0,004	0,004	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023
74/75	0,000	0,062	0,173	0,037	0,008	0,025	0,021	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028
75/76	0,012	0,033	0,008	0,012	0,058	0,000	0,016	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012
76/77	0,000	0,021	0,037	0,004	0,029	0,029	0,062	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019
77/78	0,052	0,266	0,209	0,453	0,040	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,082	0,000	0,098
78/79	0,061	0,310	0,243	0,527	0,046	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,096	0,000	0,114
79/80	0,003	0,010	0,044	0,044	0,018	0,064	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,016
80/81	0,000	0,048	0,194	0,217	0,212	0,407	0,065	0,095	0,032	0,023	0,018	0,011	0,110
81/82	0,015	0,100	0,049	0,031	0,025	0,010	0,040	0,003	0,005	0,000	0,000	0,018	0,025
82/83	0,000	1,828	2,422	1,219	0,503	0,807	0,427	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,602
83/84	0,021	0,104	0,082	0,178	0,016	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,000	0,039
84/85	0,277	1,109	0,046	3,510	1,178	0,000	0,139	0,346	0,000	0,069	0,046	0,115	0,570
85/86	0,006	0,023	0,001	0,073	0,025	0,000	0,003	0,007	0,000	0,001	0,001	0,002	0,012
86/87	0,017	0,112	0,055	0,035	0,028	0,012	0,045	0,003	0,006	0,000	0,000	0,020	0,028
87/88	0,050	0,200	0,068	0,719	8,204	2,987	1,308	0,648	0,368	0,230	0,171	0,109	1,255
88/89	0,000	0,002	0,001	0,005	0,062	0,023	0,010	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001	0,010
89/90	0,001	0,003	0,001	0,011	0,120	0,044	0,019	0,010	0,005	0,003	0,003	0,002	0,018
PROM	0,025	0,199	0,169	0,228	0,473	0,209	0,096	0,049	0,021	0,016	0,016	0,011	0,126

5.7.4 Topografía

Se dispone de los planos aerofotogramétricos a escala 1:10000 realizados por la empresa Geoingeniería Ltda. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego en toda la zona del proyecto (Plano 7-4).

5.7.5 Geología y Geotecnia

- Area de embalse y recomendación del tipo de presa

En la zona de la angostura, el valle fue labrado en las rocas intrusivas del Jurásico superior y Terciario inferior que forman el batolito característico de gran parte del área de los ríos Choapa e Illapel.

A fines del terciario y durante el cuaternario se han producido los depósitos fluviales y aluviales que han formado la actual geomorfología del valle.

La angostura en cuestión se caracteriza por tener ambos empotramientos formados por laderas de pendientes medias y de 100 m de altura la derecha y 270 m la izquierda, donde se observan abundantes afloramientos de la roca intrusiva, la que está alterada y fracturada en superficie, y en general cubierta por una delgada capa de depósitos cuaternarios característicos de escombros de falda.

El empotramiento derecho está formado por un cerrillo central que continúa hacia el flanco derecho con un portezuelo, el cual limita con la ladera del cerro que formaría el empotramiento propiamente tal si la presa tuviera una altura mayor a la del cerrillo.

A pesar de que en la visita a terreno se pudieron observar afloramientos superficiales en el portezuelo, se estima necesario verificar la existencia del basamento con perfiles sísmicos, para descartar la posibilidad de un paliocauce.

El piso del valle tiene un ancho del orden de 65 m y está cubierto por un depósito fluvial de ladera a ladera, que se estima de un espesor no superior a los 5 m.

La foto N° 9 del anexo fotográfico 6.1.1-1 muestra una vista panorámica desde aguas arriba de la angostura Corrales. En ella se observa que la presa puede apoyarse en el cerro de la ribera izquierda y tendría su empotramiento derecho en el cerrillo central. El vertedero podría implantarse en el portezuelo adyacente a este cerrillo central.

La presa a construir contempla como empotramientos las laderas en roca de las riberas, y como apoyo basal, también la roca existente bajo el delgado depósito fluvial que en la actualidad cubre el fondo del valle. Lo anterior condiciona el diseño del muro a uno formado por materiales sueltos, ya sea zonificado con núcleo impermeable o en base a rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba. También sería factible una presa gravitacional de hormigón, ya sea moldeado o rodillado.

Cualquiera sea el tipo de presa a implantar, se debe considerar una cortina de inyección para la impermeabilización de la roca basal y de los empotramientos. También deben considerarse las respectivas inyecciones de consolidación de la roca, las que se colocarán en la zona de contacto con la barrera impermeable, en el caso de ser una presa en base a material suelto, y en toda la zona de contacto presa-roca en caso de ser ésta de hormigón.

Con respecto de los yacimientos disponibles para la construcción de una presa de materiales sueltos, existen a no más de 6 km de la angostura, importantes depósitos fluviales de donde fácilmente se pueden obtener suelos granulares aptos para hacer rellenos permeables de buena calidad. Además, todos los materiales provenientes de las excavaciones en roca que deban hacerse para construir las obras serían adecuados para materializar la ejecución de ese tipo de relleno. Los mismos depósitos fluviales son adecuados para entregar los correspondientes agregados para el hormigón. En caso de decidir por una presa de enrocado, también es factible abrir una cantera especial para tales fines, adyacente al lugar de la obra.

En el área no se encontraron yacimientos de suelos finos aptos para hacer rellenos impermeables de buena calidad. En general, las terrazas están formadas o por depósitos fluviales con escaso fino, o escombros y depósitos aluviales donde el fino abunda, pero es de carácter limoso y con un porcentaje importante de bloques de diferentes tamaños.

- Bases generales para el diseño preliminar de la presa

Considerando la disponibilidad de materiales para rellenos que existen en el área, y teniendo en cuenta las condiciones de fundación del muro y la topografía de la angostura, el tipo de presa más adecuado sería la de rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba (C.F.R.D).

En este caso también se estima mejor solución ésta que la gravitacional de hormigón, debido a que la angostura tiene un ancho suficiente como para colocar en forma expedita el suelo granular a usar como relleno. Además, en forma relativamente simple, se pueden colocar las obras de desviación en el portezuelo existente entre el cerrillo central y el cerro de la ribera derecha.

El correspondiente plinto estará fundado en roca en los empotramientos y en la base, lo que implicará el retiro del actual depósito fluvial existente en el cauce y la correspondiente limpieza de ladera.

Para la fundación del vertedero y de los muros que probablemente será necesario colocar para su confinamiento, se recomienda considerar un escarpe de 4 m.

La pantalla de hormigón deberá tener un espesor de 0,30 m en su parte superior y $0,30 \text{ m} + 0,003H$ en su parte inferior, en que H es la altura de la presa en m, y una armadura ϕ 22 a 20 cm en ambas direcciones.

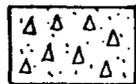
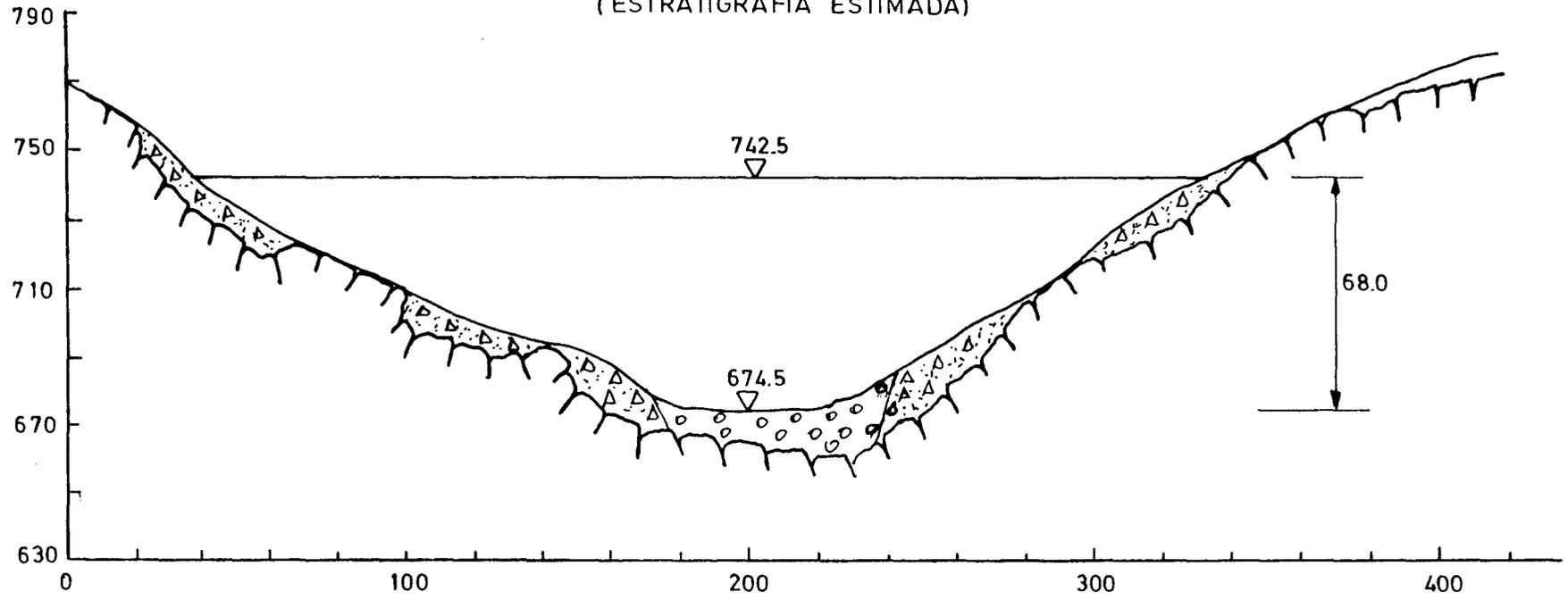
Teniendo en cuenta que la altura de la presa es del orden de los 68 m y que los rellenos que la forman se harán con materiales provenientes de los depósitos fluviales adyacentes y de las excavaciones en roca que deberán hacerse para la construcción de las obras o de una cantera abierta para tales fines, los taludes exteriores del muro deberán tener inclinaciones de 1.5/1 (H/V), tanto por aguas arriba como por aguas abajo.

La cortina de inyección de impermeabilización debe tener una longitud igual a la carga de agua en el punto, con un mínimo de 15 m.

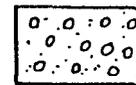
La inyección de consolidación debe colocarse bajo toda el área del plinto y debe tener una longitud mínima de 5 m.

En la figura N° 6.1.1-10 se muestra el perfil transversal del río en la angostura y en la N° 6.1.1-9 el perfil transversal de la presa.

FIGURA 6.1.1 - 10
EMBALSE CORRALES
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



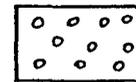
ALUVIAL ESCOMBRO DE FALDA



FLUVIAL GRUESO ANTIGUO



ROCAS



FLUVIAL RECIENTE

5.7.6 Juicio respecto al interés del posible embalse

Las características de este embalse son las siguientes :

- 1) La capacidad potencial del vaso del embalse es grande, pudiendo acumular un volumen de agua superior a los 100 millones de m³.
- 2) El caudal medio anual afluyente al embalse asciende a 0,126 m³/s y el caudal afluyente medio durante los meses de mayo, junio, julio y agosto es de 0,267 m³/s.
- 3) El embalse debe ser alimentado desde el río Choapa mediante un acueducto nuevo que incluiría un canal, un sifón y un túnel para atravesar los cerros existentes entre el estero Quelén y el estero Camisas.
- 4) Con una presa de unos 68 m de altura se podrían regar aproximadamente unas 2.900 ha/año.
- 5) La relación $V_e/V_p = 27,82$ de este embalse se puede calificar como de regular.
- 6) La ejecución de este embalse presenta condiciones geológicas y geotécnicas favorables, ya que posee buenos empotramientos laterales y los escombros de falda existentes en ambas laderas son de menor espesor. Además, el depósito fluvial existente en el cauce del río tiene un espesor muy pequeño.
- 7) Este embalse inundaría aproximadamente unas 30 casas y 22 ha cultivadas o cultivables.

5.8 EMBALSE LAS ASTAS

5.8.1 Ubicación

Este proyecto se encuentra ubicado en el estero Limáhuida y su presa se instalaría en la angostura que existe en este estero a unos 4,3 kilómetros aguas arriba de la confluencia con el río Choapa. Las coordenadas de esta angostura son aproximadamente N 6.481.460 y E 296.000. El ancho de esta angostura a nivel de cauce es de unos 220 m.

5.8.2 Accesos e infraestructura existente

Para llegar a la zona de la presa se parte de la ciudad de Salamanca y luego de recorrer un camino de tierra en buen estado de unos 19,5 kilómetros de longitud, yéndose por la ribera izquierda del río Choapa, se llega a la angostura Cerrillos. Se continúa por el mismo camino hacia el sur, bordeando la ribera derecha del estero Limáhuida y luego de recorrer 4,6 km se llega a la zona de la angostura Las Astas. Otra manera de llegar a esta angostura, es partiendo de la ciudad de Illapel y luego de recorrer un camino pavimentado de 7 kilómetros de longitud hasta el Puente Confluencia, que cruza el río Choapa en la zona de confluencia con el río Illapel, se continúa por el camino de tierra que va a Los Vilos, recorriendo 24 kilómetros hacia el sur, hasta llegar a la angostura. La ciudad más cercana al embalse es Salamanca, el que posee una infraestructura adecuada para facilitar la construcción de la presa.

5.8.3 Hidrología

Debido a que el embalse Las Astas no cuenta con control pluviométrico, las estadísticas de caudales medios mensuales afluentes al embalse se estimaron de la siguiente manera :

- Se determinó el caudal medio anual (Q_a) correspondiente al período 1950/51 - 1989/90 a partir de la precipitación media anual estimada del plano de isoyetas, a la que se le restó el déficit de escorrentía estimada por el método de Turc.
- Se calculó la estadística de caudales medios mensuales (Q_m) a partir de estadísticas seleccionadas de la cuenca del río Petorca con régimen hidrológico similar (Q_{PAT}), considerando la misma distribución de caudales, es decir,

$$(Q_{m_i})_{est\ x} = [(Q_a)_{est\ x} / (Q_a)_{PAT}] \times (Q_{m_i})_{PAT}$$

La información hidrológica resultante se muestra en la estadística del cuadro N° 6.1.1-7.

CUADRO Nº 6.1.1-7

ESTERO LIMAHUIDA EN EMBALSE LAS ASTAS

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)

ANO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Qa
50/51	0,024	0,036	0,000	0,000	0,005	0,009	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
51/52	0,007	0,018	0,019	0,030	0,003	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,007
52/53	0,000	0,016	0,030	0,013	0,007	0,020	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
53/54	0,016	0,021	0,007	0,019	0,482	0,155	0,050	0,017	0,006	0,003	0,002	0,001	0,065
54/55	0,018	0,018	0,020	0,012	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
55/56	0,004	0,024	0,006	0,004	0,007	0,002	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005
56/57	0,001	0,003	0,000	0,013	0,018	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
57/58	0,000	0,666	0,292	0,157	0,070	0,047	0,024	0,016	0,012	0,007	0,006	0,004	0,108
58/59	0,003	0,021	0,038	0,007	0,018	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,008
59/60	0,004	0,010	0,022	0,010	0,012	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
60/61	0,000	0,007	0,033	0,013	0,010	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,006
61/62	0,000	0,001	0,039	0,005	0,021	0,005	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
62/63	0,000	0,001	0,042	0,003	0,003	0,003	0,020	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,006
63/64	0,000	0,006	0,014	0,024	0,023	0,116	0,038	0,019	0,009	0,005	0,004	0,002	0,022
64/65	0,002	0,001	0,022	0,005	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
65/66	0,004	0,013	0,003	0,061	1,231	0,466	0,198	0,097	0,054	0,033	0,025	0,015	0,183
66/67	0,022	0,009	0,052	0,034	0,011	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	0,012
67/68	0,000	0,002	0,013	0,013	0,003	0,010	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
68/69	0,001	0,000	0,002	0,000	0,004	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
69/70	0,002	0,002	0,019	0,001	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
70/71	0,000	0,023	0,002	0,033	0,003	0,005	0,004	0,000	0,000	0,005	0,000	0,001	0,006
71/72	0,003	0,000	0,029	0,001	0,008	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
72/73	0,000	0,001	0,053	0,015	0,080	0,061	0,041	0,030	0,019	0,014	0,011	0,007	0,028
73/74	0,005	0,013	0,015	0,025	0,001	0,001	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
74/75	0,000	0,015	0,043	0,009	0,002	0,006	0,005	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
75/76	0,003	0,008	0,002	0,003	0,014	0,000	0,004	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
76/77	0,000	0,005	0,009	0,001	0,007	0,007	0,015	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
77/78	0,013	0,066	0,051	0,112	0,010	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,024
78/79	0,015	0,076	0,060	0,130	0,011	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	0,028
79/80	0,001	0,002	0,011	0,011	0,004	0,016	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
80/81	0,000	0,012	0,048	0,053	0,052	0,100	0,016	0,023	0,008	0,006	0,004	0,003	0,027
81/82	0,004	0,025	0,012	0,008	0,006	0,003	0,010	0,001	0,001	0,000	0,000	0,004	0,006
82/83	0,000	0,450	0,596	0,300	0,124	0,199	0,105	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,148
83/84	0,005	0,026	0,020	0,044	0,004	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,009
84/85	0,068	0,273	0,011	0,864	0,290	0,000	0,034	0,085	0,000	0,017	0,011	0,028	0,140
85/86	0,001	0,006	0,000	0,018	0,006	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003
86/87	0,004	0,028	0,014	0,009	0,007	0,003	0,011	0,001	0,001	0,000	0,000	0,005	0,007
87/88	0,012	0,049	0,017	0,177	2,018	0,735	0,322	0,159	0,091	0,057	0,042	0,027	0,309
88/89	0,000	0,000	0,000	0,001	0,015	0,006	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002
89/90	0,000	0,001	0,000	0,003	0,030	0,011	0,005	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,005
PROM	0,006	0,049	0,042	0,056	0,116	0,052	0,024	0,012	0,005	0,004	0,004	0,003	0,031

5.8.4 Topografía

Se dispone de los planos aerofotogramétricos a escala 1:10000 realizados por la empresa Geoingeniería Ltda. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego en toda la zona del proyecto (Plano 5-6).

5.8.5 Geología y Geotecnia

- Area de embalse y recomendación del tipo de presa

En la zona de la angostura, el valle fue labrado en las rocas intrusivas del Jurásico superior y Terciario inferior que forman el batolito característico de gran parte del área de los ríos Choapa e Illapel.

A fines del terciario y durante el cuaternario se han producido los depósitos fluviales y aluviales que han formado la actual geomorfología del valle.

La angostura en cuestión se caracteriza por tener ambos empotramientos formados por laderas de pendientes suaves, donde se observan algunos afloramientos de la roca intrusiva, la que está alterada y fracturada en superficie, y en general cubierta por un importante depósito cuaternario de escombros de falda.

El piso del valle tiene un ancho del orden de 220 m y está cubierto por un depósito fluvial en su lecho, que se estima de un espesor no superior a los 5 m. Este depósito está fuertemente contaminado con los escombros de falda de ambas laderas donde su espesor puede ser considerablemente mayor.

La foto Nº 10 del anexo fotográfico 6.1.1-1 muestra una vista del eje de la presa de la alternativa 2 (aguas abajo), tomada desde el empotramiento derecho. En la ribera izquierda se aprecian innumerables afloramientos de roca (dioritas) y un escaso escombros de falda. También existen afloramientos de roca en el lecho del estero. En la ribera derecha se estima un escombros de mayor potencia.

La presa a construir contempla como empotramientos las laderas en roca con un importante espesor de sobrecarga de escombros, y la roca del cauce cubierta por un delgado depósito fluvial. Lo anterior condiciona el diseño del muro a uno formado por materiales sueltos, ya sea zonificado con núcleo impermeable o en base a uno de rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba. Dependiendo del espesor de los depósitos de escombros en las laderas, podrá también considerarse una presa gravitacional de hormigón moldeado o rodillado.

De lo observado en terreno se estima que el escombro de falda que cubre las laderas debe tener un espesor entre 5 y 15 m que debe retirarse para la implantación de la presa. Si este depósito es de características permeables, relativamente homogéneo y de compacidad alta, para el caso de una presa de rellenos permeables podría ser suficiente retirar sólo el material que comprometa a la zona del plinto y de los filtros y considerar sólo un escarpe y una adecuada compactación en el resto de la zona de apoyo. En cambio para una presa de hormigón, sería necesario retirar el depósito de toda el área que compromete el muro. La presa zonificada no se analiza, por la falta de materiales impermeables en las cercanías.

Cualquiera sea el tipo de presa a implantar, se debe considerar una cortina de inyección para la impermeabilización de la roca basal y de los empotramientos. También deben considerarse las respectivas inyecciones de consolidación de la roca, las que se colocarán en la zona de contacto con la barrera impermeable, en el caso de ser una presa en base a material suelto, y en toda la zona de contacto presa-roca, en caso de ser ésta de hormigón.

Con respecto de los yacimientos disponibles para la construcción de una presa de materiales sueltos, existen a no más de 4 km de la angostura, importantes depósitos fluviales de donde fácilmente se pueden obtener suelos granulares aptos para hacer rellenos permeables de buena calidad. Además, todos los materiales provenientes de las excavaciones en roca que deban hacerse para construir las obras serían adecuados para materializar la ejecución de ese tipo de relleno. De estos yacimientos se pueden obtener los correspondientes agregados para el hormigón.

En las áreas del Limáhuida y del Choapa no se encontraron yacimientos de suelos finos aptos para hacer rellenos impermeables de buena calidad. En general, las terrazas están formadas o por depósitos fluviales con escaso fino, o escombros y depósitos aluviales donde el fino abunda, pero es de carácter limoso y con un porcentaje importante de bloques de diferentes tamaños.

- Bases generales para el diseño preliminar de la presa

Considerando la disponibilidad de materiales para rellenos que existen en el área y teniendo en cuenta las condiciones de fundación del muro y la topografía de la angostura, el tipo de presa más adecuado sería la de rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba (C.F.R.D).

En este caso también se estima mejor solución ésta que la gravitacional de hormigón, debido a que la angostura tiene un ancho suficiente como para colocar en forma expedita el suelo granular a usar como relleno. Además, en forma relativamente simple, se pueden colocar las obras de desviación en la ribera derecha del actual cauce.

También la incertidumbre de la profundidad a la cual se encuentra la roca, hace recomendar esta solución y hacer perfiles sísmicos que permitan precisar en mejor forma esta incógnita. Para fines de cubicación se recomienda considerar un escarpe general de 5 m bajo toda la superficie de la presa.

El correspondiente plinto estará fundado en roca en los empotramientos y en la base.

La pantalla de hormigón deberá tener un espesor de 0,30 m en su parte superior y $0,30\text{ m} + 0,003H$ en su parte inferior, en que H es la altura de la presa en m, y una armadura ϕ 22 a 20 cm en ambas direcciones.

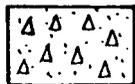
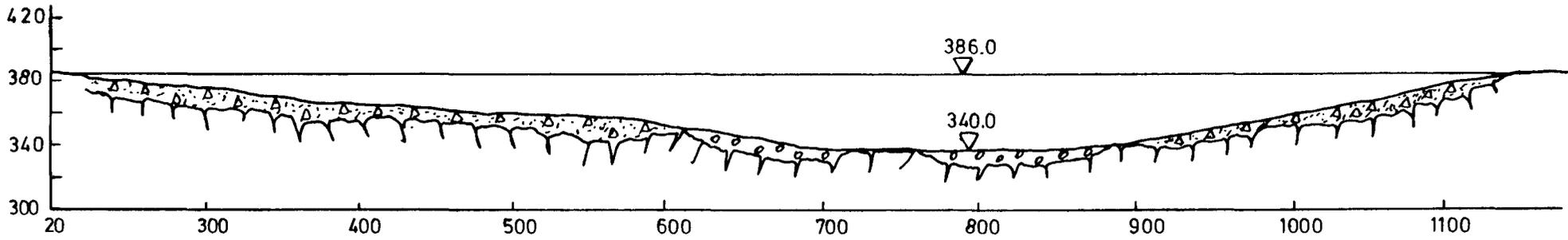
Teniendo en cuenta que la altura de la presa es del orden de los 46 m, que los rellenos que la forman se harán con materiales provenientes de los depósitos fluviales adyacentes y de las excavaciones en roca que deberán hacerse para la construcción de las obras, y a que es probable que la presa en parte quede fundada sobre escombros de falda, los taludes exteriores del muro deberán tener inclinaciones de 1.6/1 (H/V), tanto por aguas arriba como por aguas abajo.

La cortina de inyección de impermeabilización debe tener una longitud igual a la carga de agua en el punto, con un mínimo de 15 m.

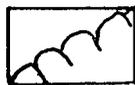
La inyección de consolidación debe colocarse bajo toda el área del plinto y debe tener una longitud mínima de 5 m.

En la figura N° 6.1.1-11 se muestra el perfil transversal del río en la angostura y en la N° 6.1.1-12 el perfil transversal de la presa.

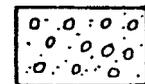
FIGURA 6.1.1 - II
EMBALSE LAS ASTAS
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



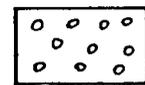
ALUVIAL ESCOMBRO DE FALDA



ROCAS

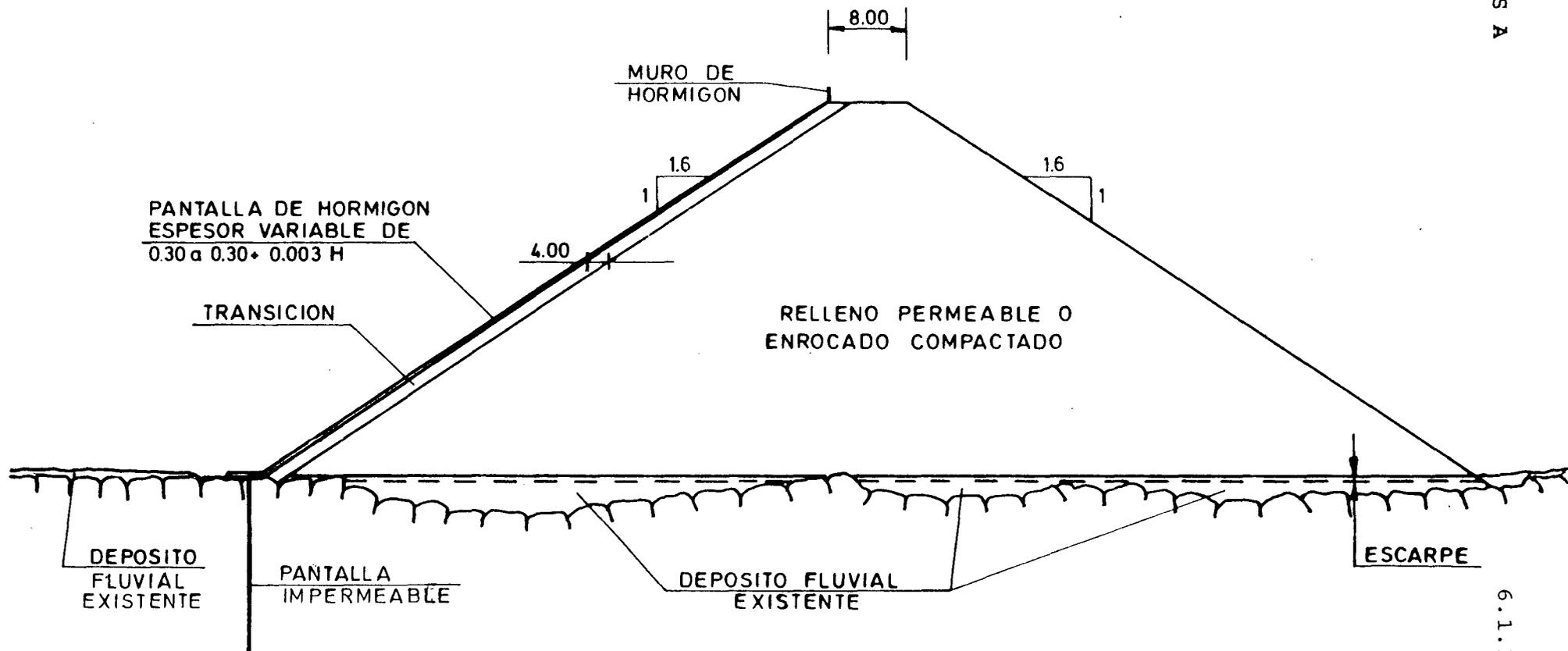


FLUVIAL GRUESO ANTIGUO



FLUVIAL RECIENTE

FIGURA 6.1.1 -12
PERFIL TRANSVERSAL DE LA PRESA
EMBALSE LAS ASTAS
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



5.8.6 Juicio respecto al interés del posible embalse

Con este embalse se podría regar parte del área de influencia del río Choapa en su tramo inferior y parte del área de influencia del río Illapel, también en su tramo inferior.

Las características de este embalse son las siguientes :

- 1) La capacidad potencial del vaso del embalse es pequeño, pudiendo acumular un volumen de agua inferior a los 55 millones de m³.
- 2) El caudal medio anual afluente al embalse asciende a 0,031 m³/s y el caudal afluente medio durante los meses de mayo, junio, julio y agosto es de 0,066 m³/s.
- 3) Con una presa de unos 46 m de altura se podrían regar aproximadamente unas 2.700 ha/año.
- 4) La relación $V_e/V_p = 20,96$ de este embalse se puede calificar como de regular.
- 5) La ejecución de este embalse presenta condiciones geológicas y geotécnicas desfavorables, ya que a pesar de que las laderas están constituidas por roca, lo que implicaría buenos empotramientos laterales para la presa, la derecha posee un importante espesor de sobrecarga de escombros y la izquierda posee un escombros de falda menor que debiera ser retirado si se construyera la presa. Además, la roca del cauce está cubierta por un delgado depósito fluvial.
- 6) La ejecución de este embalse comprometería unas 20 casas, unas 100 ha de terrenos cultivados o cultivables y aproximadamente 1.500 m del camino entre las localidades de Los Vilos y Caimanes.
- 7) La gran ventaja de este embalse la constituye la existencia del canal Buzeta, que serviría como canal alimentador. Este canal, que nace en la ribera izquierda del río Choapa, unos 4 km aguas arriba de Salamanca, tiene una capacidad máxima del orden de los 2,5 m³/s. En consecuencia, este canal podría trasladar excedentes de invierno del río Choapa hasta el embalse.

5.9 EMBALSE CANELA BAJA

5.9.1 Ubicación

Este proyecto se encuentra ubicado en el estero La Canela y su presa se instalaría en la angostura que existe en este estero a unos 4,5 kilómetros aguas abajo del poblado del mismo nombre. Las coordenadas de esta angostura son aproximadamente N 6.520.640 y E 265.120. En esa zona el estero tiene un ancho, a nivel de cauce, de unos 30 m.

5.9.2 Accesos e infraestructura existente

Para llegar a la zona de la presa, se debe llegar a Puerto Oscuro a través de la Panamericana Norte y ahí tomar un camino de tierra que va hacia el pueblo de Canela Baja. Después de recorrer 13 kilómetros desde Puerto Oscuro hacia el oriente, se llega a un puente que cruza el estero La Canela. Continuando por la ribera izquierda del estero, se deben recorrer 4,5 km de camino hacia el sur para llegar a la zona de la angostura. El pueblo más cercano a este embalse es Canela Baja, el que no posee una infraestructura adecuada para facilitar la construcción de la presa.

5.9.3 Hidrología

Debido a que el embalse Canela Baja no cuenta con control pluviométrico, las estadísticas de caudales medios mensuales afluentes al embalse se estimaron de la siguiente manera :

- Se determinó el caudal medio anual (Q_a) correspondiente al período 1950/51 - 1989/90 a partir de la precipitación media anual estimada del plano de isoyetas, a la que se le restó el déficit de escorrentía estimada por el método de Turc.
- Se calculó la estadística de caudales medios mensuales (Q_m) a partir de estadísticas seleccionadas de la cuenca del río Petorca con régimen hidrológico similar (Q_{PAT}), considerando la misma distribución de caudales, es decir,

$$(Q_{m_i})_{est\ x} = [(Q_a)_{est\ x} / (Q_a)_{PAT}] \times (Q_{m_i})_{PAT}$$

La información hidrológica resultante se muestra en la estadística del cuadro N° 6.1.1-8.

CUADRO N° 6.1.1-8

ESTERO LA CANELA EN EMBALSE CANELA BAJA

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m³/s)

ANO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Qa
50/51	0,185	0,278	0,000	0,000	0,039	0,069	0,023	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,053
51/52	0,054	0,139	0,147	0,231	0,023	0,062	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,055
52/53	0,000	0,123	0,231	0,100	0,054	0,154	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057
53/54	0,123	0,162	0,054	0,147	3,673	1,181	0,378	0,131	0,046	0,023	0,015	0,008	0,495
54/55	0,139	0,139	0,154	0,093	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,047
55/56	0,031	0,185	0,046	0,031	0,054	0,015	0,069	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,039
56/57	0,008	0,023	0,000	0,100	0,139	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026
57/58	0,000	5,070	2,222	1,196	0,532	0,355	0,185	0,123	0,093	0,054	0,046	0,031	0,826
58/59	0,023	0,162	0,286	0,054	0,139	0,008	0,000	0,000	0,023	0,000	0,000	0,000	0,058
59/60	0,031	0,077	0,170	0,077	0,093	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,039
60/61	0,000	0,054	0,255	0,100	0,077	0,008	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,042
61/62	0,000	0,008	0,293	0,039	0,162	0,039	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
62/63	0,000	0,008	0,316	0,023	0,023	0,023	0,154	0,000	0,000	0,023	0,000	0,000	0,048
63/64	0,000	0,046	0,108	0,185	0,177	0,880	0,286	0,147	0,069	0,039	0,031	0,015	0,165
64/65	0,015	0,008	0,170	0,039	0,131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
65/66	0,031	0,100	0,023	0,463	9,375	3,549	1,505	0,741	0,409	0,255	0,193	0,116	1,397
66/67	0,170	0,069	0,394	0,262	0,085	0,023	0,015	0,015	0,015	0,008	0,008	0,000	0,089
67/68	0,000	0,015	0,100	0,100	0,023	0,077	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029
68/69	0,008	0,000	0,015	0,000	0,031	0,062	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
69/70	0,015	0,015	0,147	0,008	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
70/71	0,000	0,177	0,015	0,255	0,023	0,039	0,031	0,000	0,000	0,039	0,000	0,008	0,049
71/72	0,023	0,000	0,224	0,008	0,062	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028
72/73	0,000	0,008	0,401	0,116	0,610	0,463	0,309	0,231	0,147	0,108	0,085	0,054	0,211
73/74	0,039	0,100	0,116	0,193	0,008	0,008	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043
74/75	0,000	0,116	0,324	0,069	0,015	0,046	0,039	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,053
75/76	0,023	0,062	0,015	0,022	0,108	0,000	0,031	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023
76/77	0,000	0,039	0,069	0,008	0,054	0,054	0,116	0,085	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035
77/78	0,098	0,499	0,392	0,849	0,075	0,145	0,000	0,000	0,000	0,000	0,154	0,000	0,184
78/79	0,114	0,580	0,456	0,987	0,087	0,168	0,000	0,000	0,000	0,000	0,179	0,000	0,214
79/80	0,006	0,019	0,082	0,082	0,033	0,120	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,031
80/81	0,000	0,091	0,363	0,406	0,397	0,763	0,121	0,179	0,061	0,042	0,033	0,021	0,206
81/82	0,029	0,187	0,092	0,058	0,047	0,019	0,075	0,005	0,010	0,000	0,000	0,033	0,046
82/83	0,000	3,424	4,536	2,282	0,942	1,512	0,799	0,000	0,000	0,029	0,000	0,000	1,127
83/84	0,038	0,196	0,154	0,333	0,029	0,057	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,000	0,072
84/85	0,519	2,076	0,087	6,575	2,206	0,000	0,260	0,649	0,000	0,130	0,087	0,216	1,067
85/86	0,011	0,043	0,002	0,137	0,046	0,000	0,005	0,014	0,000	0,003	0,002	0,005	0,022
86/87	0,032	0,210	0,103	0,065	0,052	0,022	0,085	0,006	0,011	0,000	0,000	0,037	0,052
87/88	0,094	0,375	0,127	1,346	15,366	5,595	2,450	1,214	0,690	0,430	0,320	0,204	2,351
88/89	0,001	0,003	0,001	0,010	0,117	0,043	0,019	0,009	0,005	0,003	0,002	0,002	0,018
89/90	0,001	0,006	0,002	0,020	0,226	0,082	0,036	0,018	0,010	0,006	0,005	0,003	0,035
PROM	0,047	0,372	0,317	0,427	0,886	0,392	0,180	0,091	0,040	0,030	0,031	0,020	0,236

5.9.4 Topografía

Se dispone de los planos aerofotogramétricos a escala 1:10000 realizados por la empresa Geoingeniería Ltda. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego en toda la zona del proyecto (Plano 2-12).

5.9.5 Geología y Geotecnia

- Area de embalse y recomendación del tipo de presa

En la zona de la angostura, el valle fue labrado en las rocas intrusivas del Jurásico superior y Terciario inferior que forman el batolito característico del área.

A fines del terciario y durante el cuaternario se han producido los depósitos fluviales y aluviales que han formado la actual geomorfología del valle.

La angostura en cuestión se caracteriza por tener ambos empotramientos formados por laderas de pendiente media la izquierda y suave la derecha, y de más de 70 m de altura en ambas laderas. En ellas se observan abundantes afloramientos de la roca intrusiva, la que está alterada y fracturada en superficie, y en la ribera derecha está cubierta por una delgada capa de depósitos cuaternarios característicos de escombros de falda. En la ribera izquierda este depósito es de mayor espesor.

El piso del valle tiene un ancho del orden de 30 m y está cubierto por un depósito fluvial de ladera a ladera que se estima de un espesor no superior a los 5 m. Este depósito está contaminado con escombros, especialmente en su contacto con la ladera izquierda.

La foto Nº 11 del anexo fotográfico 6.1.1-1 muestra los afloramientos de roca existentes en ambos empotramientos (dioritas) y el depósito fluvial de escasa potencia que hay en el lecho del cauce.

La presa a construir contempla como empotramientos las laderas en roca de las riberas, y como apoyo basal, también la roca existente bajo el delgado depósito fluvial que en la actualidad cubre el fondo del valle. Lo anterior condiciona el diseño del muro a uno formado por materiales sueltos, ya sea zonificado con núcleo impermeable o en base a rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba. También sería factible una presa gravitacional de hormigón, ya sea moldeado o rodillado.

Cualquiera sea el tipo de presa a implantar se debe considerar una cortina de inyección para la impermeabilización de la roca basal y de los empotramientos. También deben considerarse las respectivas inyecciones de consolidación de la roca, las que se colocarán en la zona de contacto con la barrera impermeable, en el caso de ser una presa en base a material suelto, y en toda la zona de contacto presa-roca en caso de ser ésta de hormigón.

Con respecto de los yacimientos disponibles para la construcción de una presa de materiales sueltos, existen a no más de 2 km de la angostura, importantes depósitos fluviales de donde se pueden obtener suelos granulares aptos para hacer rellenos permeables. Además, todos los materiales provenientes de las excavaciones en roca que deban hacerse para construir las obras serían adecuados para materializar la ejecución de ese tipo de relleno. Los mismos depósitos fluviales son adecuados para entregar los correspondientes agregados para el hormigón. En caso de decidir por una presa de enrocado, también es factible abrir una cantera especial para tales fines, adyacente al lugar de la obra.

En el área no se encontraron yacimientos de suelos finos aptos para hacer rellenos impermeables de buena calidad. En general, las terrazas están formadas o por depósitos fluviales con escaso fino, o escombros y depósitos aluviales donde el fino abunda, pero es de carácter limoso y con un porcentaje importante de bloques de diferentes tamaños.

- Bases generales para el diseño preliminar de la presa

Considerando la disponibilidad de materiales para rellenos que existen en el área, y teniendo en cuenta las condiciones de fundación del muro y la topografía de la angostura, el tipo de presa más adecuado sería la de rellenos permeables con una pantalla de hormigón armado sobre el talud de aguas arriba (C.F.R.D).

En este caso también se estima mejor solución ésta que la gravitacional de hormigón, debido a que la angostura tiene un ancho suficiente como para colocar en forma expedita el suelo granular a usar como relleno. Además, en forma relativamente simple, se pueden colocar las obras de desviación en una de las riberas de la angostura.

El correspondiente plinto estará fundado en roca en los empotramientos y en la base, lo que implicará el retiro del actual depósito fluvial existente en el cauce, y la correspondiente limpieza de laderas. Para efecto de cubicación se debe considerar retirar 2 m en la ladera derecha y 5 m en el cauce y ladera izquierda.

La pantalla de hormigón deberá tener un espesor de 0,30 m en su parte superior y $0,30 \text{ m} + 0,003H$ en su parte inferior, en que H es la altura de la presa en m, y una armadura ϕ 22 a 20 cm en ambas direcciones.

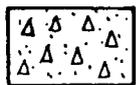
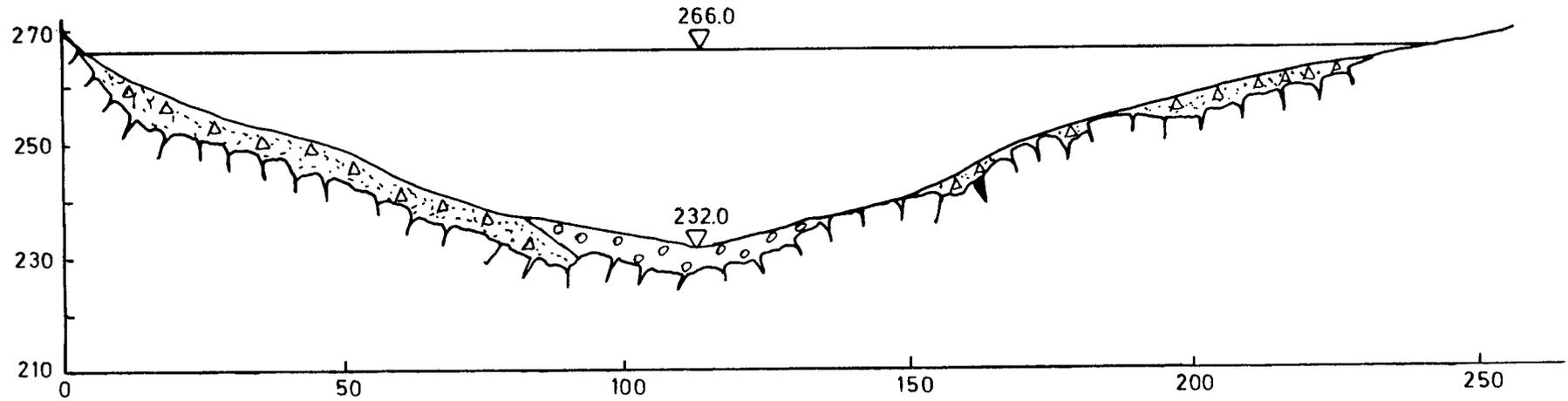
Teniendo en cuenta que la altura de la presa es del orden de los 34 m y que los rellenos que la forman se harán con materiales provenientes de los depósitos fluviales adyacentes y de las excavaciones en roca que deberán hacerse para la construcción de las obras o de una cantera abierta para tales fines, los taludes exteriores del muro deberán tener inclinaciones de 1.5/1 (H/V), tanto por aguas arriba como por aguas abajo.

La cortina de inyección de impermeabilización debe tener una longitud igual a la carga de agua en el punto, con un mínimo de 15 m.

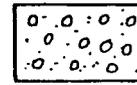
La inyección de consolidación debe colocarse bajo toda el área del plinto y debe tener una longitud mínima de 5 m.

En la figura N° 6.1.1-13 se muestra el perfil transversal del río en la angostura y en la N° 6.1.1-9 el perfil transversal de la presa.

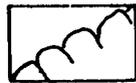
FIGURA 6.1.1-13
EMBALSE CANELA BAJA
CORTE TRANSVERSAL ESQUEMATICO POR LA ANGOSTURA
(ESTRATIGRAFIA ESTIMADA)



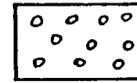
ALUVIAL ESCOMBRO DE FALDA



FLUVIAL GRUESO ANTIGUO



ROCAS



FLUVIAL RECIENTE

5.9.6 Juicio respecto al interés del posible embalse

Con este embalse se podría regar mediante bombeo, la zona de Los Llanos, ubicada en la ribera derecha del estero, y la zona agrícola de Canela Alta.

Las características de este embalse son las siguientes :

- 1) La capacidad potencial del vaso del embalse es pequeño, pudiendo acumular un volumen de agua inferior a los 25 millones de m³.
- 2) El caudal medio anual afluente al embalse asciende a 0,236 m³/s y el caudal afluente medio durante los meses de mayo, junio, julio y agosto es de 0,50 m³/s.
- 3) Con una presa de unos 34 m de altura se podrían regar aproximadamente unas 620 ha/año, si el recurso hídrico lo permite.
- 4) La relación $V_e/V_p = 40,21$ de este embalse se puede calificar como de regular.
- 5) La ejecución de este embalse presenta condiciones geológicas y geotécnicas favorables, ya que posee buenos empotramientos laterales y los escombros de falda existentes en la ladera derecha son de muy pequeño espesor. La ladera izquierda tiene escombros de falda de mayor espesor que la derecha, siendo de todas formas poco importantes. Además, los depósitos fluviales del cauce del río son de escaso espesor.
- 6) Este embalse inundaría unas 24 ha de terrenos cultivables y comprometería aproximadamente unas 17 casas.

A N E X O 6.1.1-1

F O T O G R A F I A S

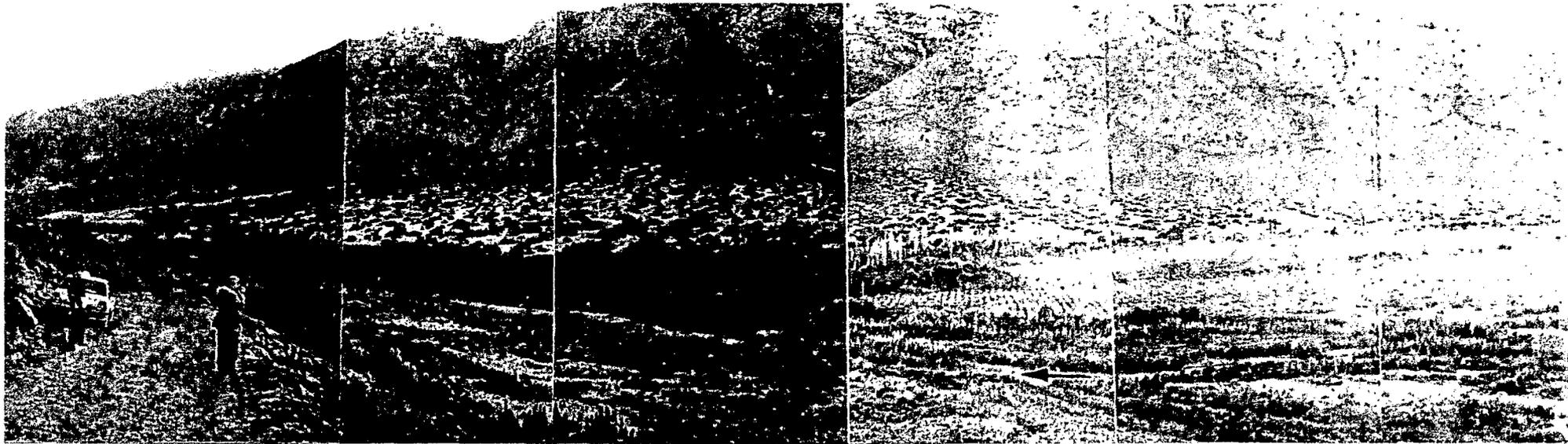


FOTO N° 1

Río Choapa
Angostura Quelén

Detalle del gran cono de deyección existente
en la ribera derecha de la angostura.

Se observa afloramiento de roca (andesita) en la ribera izquierda.



FOTO Nº 2

Río Choapa

Angostura Mal Paso

Se muestra la ribera izquierda, lecho y ribera derecha.

En ambas riberas hay afloramiento de roca (andesita)

y en el lecho un potente depósito fluvial.

En la ribera izquierda se ve el canal Buzeta.



FOTO N° 3

Río Choapa
Angostura Cerrillos

Vista desde el empotramiento derecho hacia el izquierdo.
En ambos empotramientos hay afloramientos de roca (dioritas)
con una cobertura menor de escombros.
Puede verse el importante depósito fluvial en el lecho.



FOTO N° 4

Río Choapa
Angostura Limáhuida

En primer plano se aprecia parte del empotramiento derecho. En la ribera opuesta, inmediatamente aguas abajo del bosque se ve el área del empotramiento izquierdo.

En ambas riberas se observan afloramientos de roca (dioritas), pero cubiertas con un importante espesor de escombros de falda.

En el lecho existen afloramientos dispersos de roca, y también se aprecia un potente depósito de fluviales.



FOTO N° 5

Río Choapa
Angostura Canelillo
Vista desde
aguas arriba.

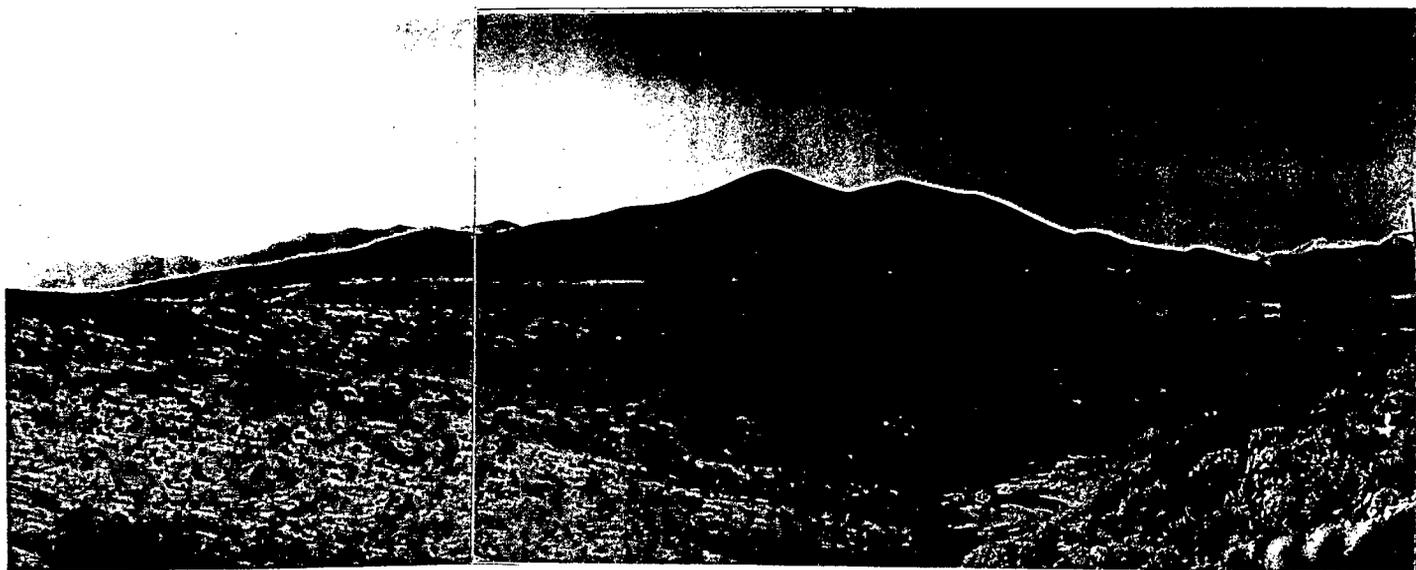


FOTO N° 6

Río Choapa
Angostura Canelillo.
Zona de inundación del embalse.

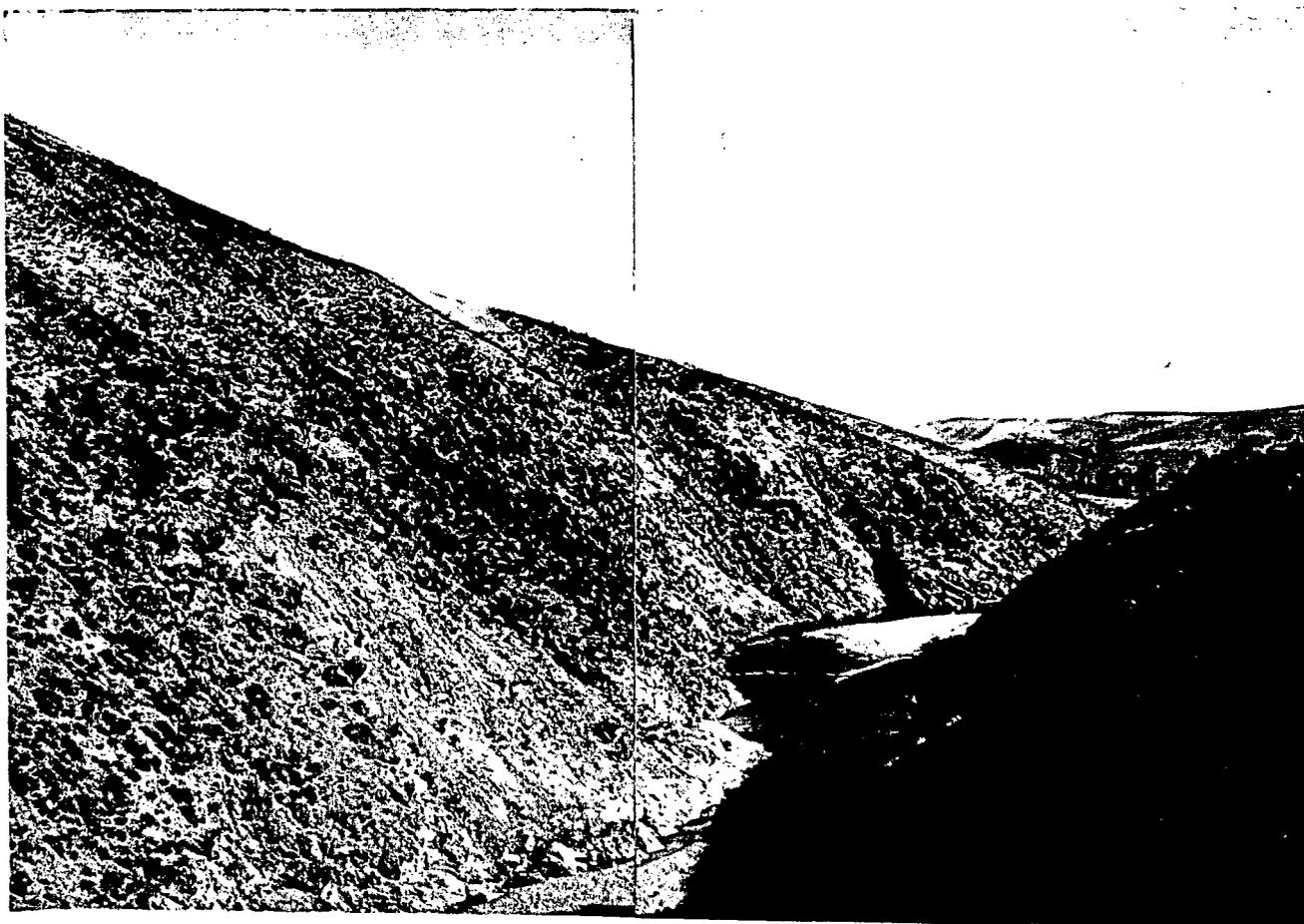


FOTO N° 7

Río Choapa
Angostura Coyuntagua
Alternativa 2 de "aguas abajo".
Detalle de la ribera
izquierda en roca.

FOTO N° 8

Río Choapa
Angostura Coyuntagua.
Alternativa 2. Se observa
ambas riberas en roca.



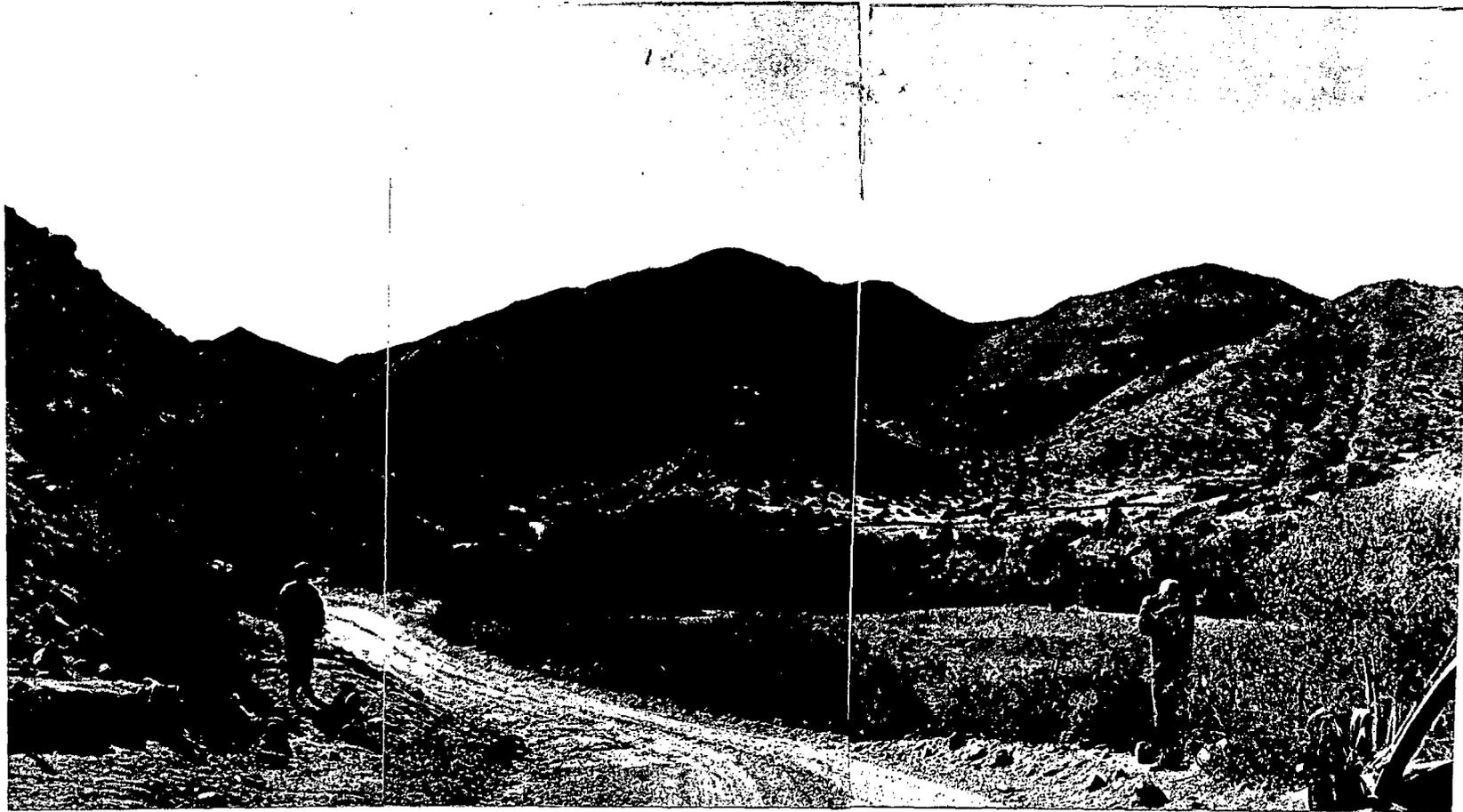


FOTO Nº 9

Estero Camisas
Angostura Corrales

Vista panorámica desde aguas arriba.

La presa se apoyará en el cerro de la ribera izquierda y tendría
su empotramiento derecho en el cerrillo central.

El vertedero podría implantarse en el portezuelo adyacente al cerrillo central.

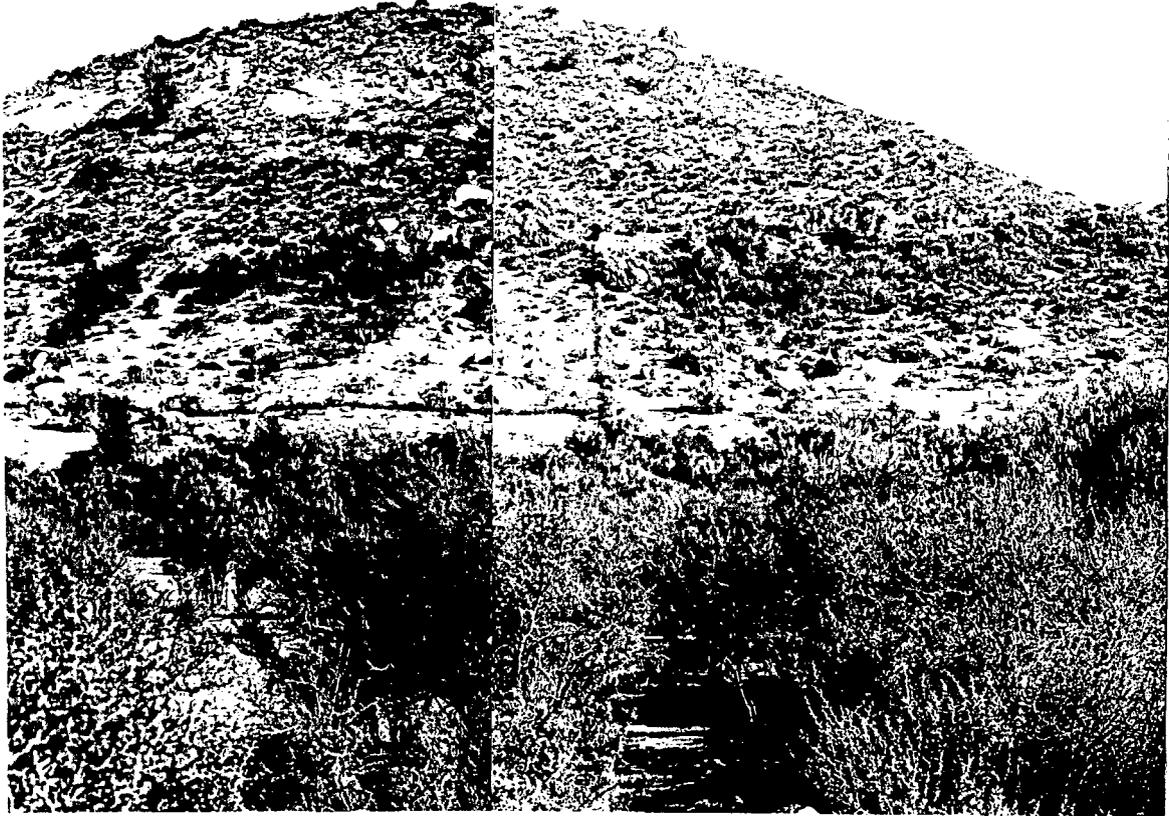


FOTO N° 10

Estero Limáhuida
Angostura Las Astas
Alternativa 2 (aguas abajo).

Vista del eje de la presa, tomada desde el empotramiento derecho.

En la ribera izquierda se aprecian innumerables afloramientos de roca (dioritas) y un escaso escombros de falda. También hay afloramientos de roca en el lecho del estero.

En la ribera derecha se estima un escombros de mayor potencia.



FOTO N° 11

Estero Canela
Angostura Canela

Roca en ambos empotramientos (dioritas), depósito fluvial en el lecho
de escasa potencia.

6.1.2 ESTUDIO DE ACUIFEROS EXISTENTES**1. INTRODUCCION**

En la cuenca del estero Choapa se pueden distinguir 8 acuíferos. Algunos de mayor y otros de menor importancia relativa al conjunto.

En los acuíferos identificados se ha analizado las siguientes características:

Características Geométricas :

- Basamento Rocoso
- Espesor Total
- Cortes Hidrogeológicos

Características Hidráulicas :

- Caudal Específico
- Transmisividad
- Coeficiente de Almacenamiento

Características de la Napa :

- Sentido de Escurrimiento
- Profundidad de la Napa
- Variación de la Profundidad de la Napa
- Calidad Química.

Funcionamiento del Embalse Subterráneo :

- Ingresos
- Salidas

La cantidad y calidad de la información recopilada varía en cada uno de los acuíferos, por lo que algunos de ellos han sido analizados en mayor profundidad que el resto, esto significa que algunos se han podido analizar hasta con planos y otros no existe información suficiente para ello.

Existen 5 acuíferos, en los cuales se ha podido realizar un análisis detallado, incluyendo planos sean estos, Basamento Rocoso, Profundidad de la Napa, Calidad Química, Isopiezas y Espesor del Relleno. Estos corresponden a los acuíferos de :

Choapa: Cuncumén-Salamanca

Presenta planos de:

- Isopiezas (643-5d2-1L3/6)
- Basamento Rocoso (643-5d2-1L1/6)
- Profundidad Nivel de Saturación (643-5d2-1L4/6)
- Cortes Hidrogeológicos (643-5d2-1L6/6)
- Espesor Total y ubicación de Cortes Hidrogeológicos (643-5d2-1L2/6)
- Diagramas de Stiff (643-5d2-1L5/6)

Choapa: Salamanca-Las Juntas

Presenta planos de:

- Calidad Química (643-5d2-3L5/5)
- Isopiezas Medias (643-5d2-3L4/5)
- Nivel de Saturación y Variación Nivel (643-5d2-3L3/5)
- Espesor Total (643-5d2-3L2/5)
- Basamento Rocoso (643-5d2-3L1/5)

Choapa: Mincha - Desembocadura

Presenta planos de:

- Basamento Rocoso y Cortes Hidrogeológicos (643-5d2-5L1/3)
- Espesor Total (643-5d2-5L2/3)
- Isopiezas Medias y Variación de Niveles (643-5d2-5L3/3)

Illapel:

Presenta planos de:

- Espesor Total (643-5d2-4L2/3)
- Basamento Rocoso y Cortes Hidrogeológicos (643-5d2-4L1/3)
- Variación Hiperanual de Niveles (643-5d2-4L3/3)

Chalinga:

Presenta planos de:

- Basamento Rocoso (643-5d2-2L1/2)
- Variación de Niveles y Espesor de Relleno (643-5d2-2L2/2)

Los restantes acuíferos no han sido posible complementarlos con planos y se han analizado en base a los antecedentes disponibles y se hace de ellos una descripción general de sus características principales.

Entre estos acuíferos sin información en planos se cuentan:

- Choapa: Las Juntas y Tunga Norte
- Estero Camisas
- Estero Canela

La ubicación física de los acuíferos se presenta en la página siguiente, donde un croquis indica las características principales para su ubicación.

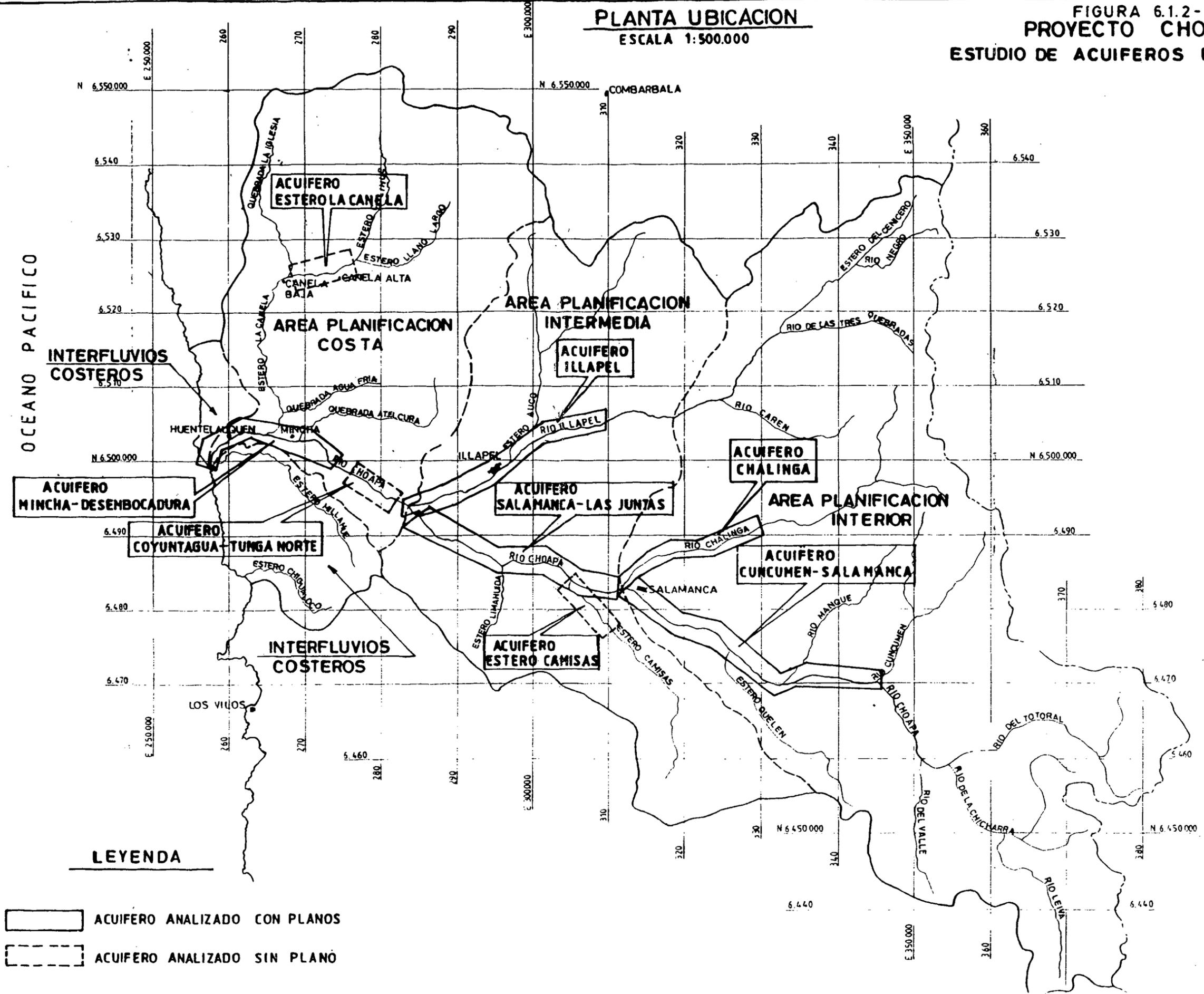
El análisis detallado de cada uno de ellos se describe en detalle en el **Capítulo 3.9 "Diagnóstico de la Situación Actual, Antecedentes Hidrogeológicos"**. Allí, en 10 puntos, 56 páginas y 19 planos más un Anexo (Anexo 3.9-1) se caracterizan los acuíferos existentes en el área del Proyecto Choapa.

En la etapa siguiente , Capítulo 7.2 "Modelo Operacional de Aguas Subterráneas" , se modelará el acuífero de Choapa, sector Cuncumén - Salamanca, por ser el embalse subterráneo con mayor cantidad de antecedentes disponibles. Dicho modelo servirá para definir las características hidrogeológicas de los demás acuíferos y en base a ello modelar conceptualmente el resto de los acuíferos.

PLANTA UBICACION

ESCALA 1:500.000

FIGURA 6.1.2-1
PROYECTO CHOAPA
ESTUDIO DE ACUIFEROS EXISTENTES



LEYENDA

- ACUIFERO ANALIZADO CON PLANOS
- ACUIFERO ANALIZADO SIN PLANO

6.1.3 OBRAS DE DRENAJE**1. INTRODUCCION**

El primer paso a seguir en este tema, consiste en identificar los suelos con problemas de drenaje existentes en el área de estudio. Para ello, se ha usado dos fuentes de referencia, que son: los Planos de los Estudios de Suelos¹ y el Análisis de los Acuíferos Existentes del Capítulo 3.9 del presente Proyecto Choapa. Además de su identificación, interesa la magnitud del área con estas deficiencias y su relación con el total del área cultivable del valle.

2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS CON PROBLEMAS DE DRENAJE

En el sector costero del valle del río Choapa y que se ha denominado Area de Planificación Costa, existe un set de planos de suelos a escala 1:20.000, que en suma alcanzan a 22 láminas tomadas del Proyecto Choapa (CNR). Los sectores Intermedio e Interior del Valle del Choapa y sus afluentes, cuentan 30 Ortofotos obtenidas del CIREN Corfo a escala 1:10.000.

Los estudios de suelos en conjunto, cubren una superficie reconocida de 43.500 Ha., de las cuales, de acuerdo al Capítulo 4.- "Desarrollo Agropecuario", la superficie total regable con el actual Proyecto Choapa, alcanza a 26.150 ha. De esta superficie en la actualidad se riegan alrededor de 15.867 ha.

Como criterio de primera elección, suelos con problemas de drenaje se han considerado aquellos clasificados en las categorías : IIw, IIIw y IVw. Estos se caracterizan por ser arables con limitaciones de drenaje ligeras, moderadas y severas respectivamente.

IIw: Son suelos que presentan algunas limitaciones que reducen las elecciones de cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. La limitación (w) es por humedad, corregible por drenaje, pero existiendo siempre como limitación moderada.

IIIw: Son suelos que presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de los cultivos. Tienen limitaciones, que reducen la elección de plantas o

¹Estudio de Suelos Proyecto Choapa.CNR, Ingeniería Agrícola Ltda., 1993.
y Estudio Suelos Ortofotos CIREN

requieren de prácticas especiales de conservación o de ambas.

La limitación (w) puede ser debida ya sea a baja capacidad de retención de agua, humedad excesiva, o algún anegamiento continuo después de drenar naturalmente. También, pueden presentar inundación frecuente acompañada de algún daño a los cultivos.

IVw: Los suelos de la clase IV presentan severas limitaciones de uso que restringen la elección de los cultivos. La limitación (w) por humedad puede ser por riesgos continuos de anegamiento después del drenaje.

Los suelos Vw y mayores por ser clasificados como no arables, no han sido analizados ya que presentan un interés agrícola muchísimo menor respecto a los anteriores.

2.1 TERRENOS CON NECESIDAD DE SANEAMIENTO

De las 22 láminas de suelos existentes en la parte inferior del valle, también denominada Area de Planificación Costa, (Proyecto Choapa. CNR, 1993), solo en 2 de ellas existen suelos dentro de las categorías "con problemas de drenaje". Siendo estas láminas aquellas ubicadas en la desembocadura del río Choapa en el sector de Huentelauquén y aguas arriba de él en el sector de Mincha.

Las 30 Ortofotos (CIREN) existentes en los Sectores Intermedio e Interior, se distribuyen en 14 y 16 láminas respectivamente. En el Sector Intermedio en 12 de ellas se han ubicado suelos con problemas de drenaje y en el Sector Interior solo en 3 ortofotos se han detectados estos suelos deficitarios.

En resumen, se puede distribuir por sectores donde se encuentran suelos con deficiencias de drenaje, según el cuadro 6.1.3-1 siguiente.

Cuadro 6.1.3-1
 Proyecto Choapa
 Ubicación de los sectores deficitarios de drenaje.

Area de Planificación	Láminas Existentes	Laminas con suelos IIw, IIIw ó IVw
Costa	22	2
Intermedia	14	12
Interior	16	3

Como anexo a este capítulo, se presenta un Plano General de la Zona de estudio, donde se muestran las ubicaciones de los sectores donde es posible encontrar terrenos con problemas de drenaje.

Un análisis detallado de las ubicación y magnitud de los suelos con deficiencias de drenaje, entrega una superficie total del proyecto de **1182,3 Ha.** de suelos clasificados como IIw, IIIw y IVw. Ellos se distribuyen en **232,6 ; 902,6 y 47,1 Ha.** respectivamente.

Los cuadros siguientes resumen lo indicado anteriormente. Se han clasificado por Area de Planificación como por río o estero más cercano.

**Cuadro 6.1.3-2
ESTUDIOS DE
SUELOS**

AREAS TIPO DE SUELO (Ha). Ordenados por Area Planificación

LAMINA	VALLE RIO	II w	III w	IV w	TOTAL	Area Planificación
1-9 (Huentelauquén)	Choapa		265,0		265,0	Costa
2-9 (Mincha)	Choapa		58,2		58,2	Costa
Est. Limahuida	Limahuida		12,3		12,3	Intermedia
Choapa	Choapa		20,0		20,0	Intermedia
Co. Punta del Viento	Choapa		60,5		60,5	Intermedia
Co. Piedra Amarilla	Choapa	12,5	43,0		55,5	Intermedia
Q. El Manzano	Choapa		68,2	20,2	88,4	Intermedia
El Tambo	Choapa	12,6	67,0		79,6	Intermedia
El Tambo	E. Camisas	77,4	74,3		151,6	Intermedia
Illapel	Illapel		8,4		8,4	Intermedia
Illapel	E. Auco	7,0	2,3		9,3	Intermedia
Cuzcuz	Illapel	31,0	4,3		35,3	Intermedia
Huintil	Illapel		18,6	4,4	23,0	Intermedia
Q. Chal Chal	Illapel	16,8	27,6		44,4	Intermedia
Co. Panulcillo	Illapel	32,9	12,2	11,4	56,5	Intermedia
Q. El Peumo	E. Camisas		4,0		4,0	Intermedia
Salamanca	Choapa	17,6	68,9	11,1	97,6	Interior
LLimpo	Choapa	14,0	67,4		81,4	Interior
LLimpo	E. Quelen		20,6		20,6	Interior
Co. El Sauce	Illapel	10,8			10,8	Interior
TOTAL (Ha)		232,6	902,7	47,1	1182,3	

Cuadro 6.1.3-3

AREAS CON PROBLEMAS DE DRENAJE (ordenadas por Area de Planificación)

AREA PLANIFICACION	Ha
COSTA	323,2
INTERMEDIA	648,6
INTERIOR	210,4
Total	1182,3

Cuadro 6.1.3-4
ESTUDIOS DE SUELOS

AREAS TIPO DE SUELO (Ha). Ordenados por Valle

LAMINA	VALLE RIO	II w	III w	IV w	TOTAL	Area Planificacion
1-9 (Huentelauquén)	Choapa		265,0		265,0	Costa
2-9 (Mincha)	Choapa		58,2		58,2	Costa
Salamanca	Choapa	17,6	68,9	11,1	97,6	Interior
LLimpo	Choapa	14,0	67,4		81,4	Interior
Choapa	Choapa		20,0		20,0	Intermedia
Co. Punta del Viento	Choapa		60,5		60,5	Intermedia
Co. Piedra Amarilla	Choapa	12,5	43,0		55,5	Intermedia
Q. El Manzano	Choapa		68,2	20,2	88,4	Intermedia
El Tambo	Choapa	12,6	67,0		79,6	Intermedia
Illapel	E. Auco	7,0	2,3		9,3	Intermedia
El Tambo	E. Camisas	77,4	74,3		151,6	Intermedia
Q. El Peumo	E. Camisas		4,0		4,0	Intermedia
LLimpo	E. Quelen		20,6		20,6	Interior
Co. El Sauce	Illapel	10,8			10,8	Interior
Illapel	Illapel		8,4		8,4	Intermedia
Cuzcuz	Illapel	31,0	4,3		35,3	Intermedia
Huintil	Illapel		18,6	4,4	23,0	Intermedia
Q. Chal Chal	Illapel	16,8	27,6		44,4	Intermedia
Co. Panulcillo	Illapel	32,9	12,2	11,4	56,5	Intermedia
Est. Limahuida	Limahuida		12,3		12,3	Intermedia
TOTAL (Ha)		232,6	902,7	47,1	1182,3	

Cuadro 6.1.3-5

AREAS CON PROBLEMAS DE DRENAJE (ordenadas por Rio principal)

RIO PRINCIPAL	Ha
Choapa	806,2
Est. Auco	9,3
E. Camisas	155,6
Est. Quelen	20,6
Illapel	178,3
Limahuida	12,3
Chalinga	0,0
Total (Ha)	1182,3

3. OBSERVACIONES A LOS SUELOS CON PROBLEMAS DE DRENAJE

El análisis detallado de la búsqueda e identificación de los terrenos con problemas de drenaje conduce a las siguientes conclusiones de orden general:

-En el río Choapa, Illapel y Estero Camisas se presentan el mayor número de hectáreas deficitarias. Con: 806, 178 y 156 Ha. respectivamente (96 % del total del valle). Aunque, las correspondientes al estero Camisas se ubican en mayor proporción en la inmediación de la confluencia con el río Choapa.

-Al hacer una división por tipo de suelos deficitarios de drenaje, los más importantes corresponden a los IIIW con 903 Ha. de un total de 1182 Ha. (76%).

-Al clasificar los suelos por su ubicación, en el Area de Planificación Intermedia se encuentran 649 Ha (55%). Seguido en su importancia se presenta el Area de Planificación Costa con 323 Ha. (27%).

-Las principales áreas con problemas de drenaje se ubican en los sectores de Huentelauquén (265 Ha), El Tambo (80 Ha. en el Choapa más 151 Ha. en la confluencia Estero Camisas-Choapa), Salamanca (98 Ha.), El Manzano (88 Ha.), Llimpo (área Choapa con 81 Ha.), Co Punta del Viento (61 Ha.) y C° Panulcillo (56 Ha. ubicadas en el valle de Illapel). En conjunto, todas ellas corresponden a un 75% del total de Ha. con deficiencias en el valle.

-Si se compara la proporción de suelos deficitarios de drenaje detectados en el valle (1182 Ha.) con el área total regable del Proyecto Choapa (32800 Ha.). Se tiene una porcentaje de **3,6% de suelos con deficiencias de drenaje**. Valor pequeño en el contexto general del estudio y por lo tanto las obras requeridas como su estimación de costos tendrán una repercusión menor el cálculo global del proyecto. Por lo tanto la precisión de los cálculos de costo se puede fijar entre un ± 20 % aproximadamente. Lo que se traduce en un error general no más allá del 1%.

-Se ha mostrado el plano de Ubicación General de Láminas de Suelos (643-30d2-1) para mostrar la distribución espacial de los suelos deficitarios y su magnitud.

4. PROYECTO DE CONSTRUCCION DE OBRAS DE DRENAJE

4.1 DESCRIPCIÓN

El drenaje de un sector debe hacer frente a 3 necesidades principales:

- a) Interceptar aguas extraprediales, producto tanto de escurrimientos superficiales como de escurrimientos sub-superficiales de poca profundidad que contribuyen a aumentar el nivel freático en el predio.
- b) Deprimir durante los períodos de lluvia el nivel freático que aumenta producto de la infiltración de las precipitaciones.
- c) Deprimir los aumentos de nivel freático localmente, producto de la percolación por riego en la temporada de riego.

El proyecto de drenaje debe tener en consideración la red natural de drenaje existente en el sector con el fin de evacuar los excedentes desde los predios hacia esos cauces mayores.

En la zona de estudio, las áreas deficitarias se ubican preferentemente en las cercanías de un cauce mayor y sus deficiencias generalmente están asociadas a terrenos ubicados en zonas bajas topográficamente respecto a sus vecinas y ubicadas en las cercanías a los cauces y/o donde se producen afloramientos de la napa subterránea.

Los estudios agronómicos proponen los usos siguientes para terrenos clasificados como IIw, IIIw y IVw.

Cuadro 6.1.3-6

Porcentajes de uso futuro del suelo

Tipo Suelo	Frutales	Hortaliza	Chacra	C. Indus	Cereal	Pradera Rot. Corta
IIw	70%	15%		15%		
IIIw	15%	20%	20%			45%
IVw		20%	20%		20%	40%

Del cuadro anterior se desprende que la implementación esperada es posible para cultivos poco profundos.

Se desprende del cuadro 6.1.3-6, que la implementación esperada es posible para cultivos poco profundos, por lo que según recomendaciones F.A.O (Boletín 38) se puede citar el siguiente cuadro.

Cuadro 6.1.3-7 Ref. FAO, Boletín 38

Cultivos	Profundidad napa freática
Cultivos extensivos	0,9 m
Hortalizas	0,9 m
Cultivos arbóreos	1,4 m

- Tiempo Máximo de Anegamiento de las Raíces.

Cuando la capa no se mantiene en el nivel óptimo y asciende hacia la superficie del suelo, el rendimiento agrícola disminuye y tiene como consecuencia daños causados en el sistema radicular.

Se puede permitir un período de anegamiento que no ponga en peligro la supervivencia de los cultivos ni sus rendimientos. Estos períodos son variables para cada tipo de cultivo, como también para la estación del año en que se encuentran. Así, se desprende que los daños causados en las cosechas, están en función de la duración de esta sumersión de las raíces.

Una débil duración de 1 a 3 días causa más bien un retraso del desarrollo que un descenso en el rendimiento, mientras una duración mayor de 7 a 15 días provoca desordenes al organismo de la planta irreparables y compromete el resultado de la cosecha.

La proporción de daños estará en función de la época en que se tenga lugar la elevación del nivel de saturación y de la naturaleza de la planta cultivada.

El cuadro 6.1.3-8 resume lo que la literatura técnica aporta al respecto.

Cuadro 6.1.3-8

Daños sufridos por las plantas (en % de la cosecha)
en los casos de sumersión de 3, 7, 11 ó 15 días

Mes	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	
Nº de los días de la sumersión	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	3 7 11 15	
Forrajes perennes	- - 5 10	- - 5 10	- - 5 10	- 10 20 30	10 25 40 60	10 30 50 100	10 40 70 100	10 40 70 100	10 30 50 100	10 30 50 70	- 10 20 30	- 10 20 30	- - 5 10
Pastos y pradera	- - - -	- - - -	- - - -	- - 10 -	- 10 20 30	- 15 30 50	- 20 30 50	- 20 30 50	- 10 20 30	- - - 10	- - - -	- - - -	- - - -
Remolacha azucarera , forrajera	- - - -	- - - -	- - - -	10 50 100 100	10 50 90 100	10 50 90 100	10 40 90 100	10 40 90 100	10 40 90 100	10 40 90 100	- 10 30 50	- - - -	
Papas	- - - -	- - - -	- - - -	30 80 100 100	30 80 100 100	40 90 100 100	50 100 100 100	50 100 100 100	50 100 100 100	20 40 60 80	- - - -	- - - -	
Girasol	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	10 20 40 80	10 30 60 100	10 40 80 100	10 40 60 80	- 10 30 50	- - - -	- - - -	- - - -	
Cáñamo	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	10 40 60 100	20 50 75 100	10 40 60 40	10 30 50 70	- - 10 20	- - - -	- - - -	- - - -	
Cereales de primavera	- 5 10 20	- 5 10 15	- 5 10 20	5 15 30 50	10 25 40 70	20 40 70 100	20 50 80 100	- - 10 20	- - - -	- - - -	- 4 10 20	- 5 10 20	
Cereales de Otoño	- - - -	- - - -	- - - -	10 20 40 100	15 40 75 100	15 50 75 100	20 50 75 100	- - 10 20	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	
Maíz	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	20 80 100 100	10 50 80 100	10 40 75 100	- 10 50 80	- 10 40 60	- 10 20 30	- - 10 10	- - - -	

Según Salamín (Hungria)

(Resumen de Aléser, Cziraki, Feketé, Nizsalovszky, Szeker.)

Tomado del Libro, Sancamiento Agrícola de M.Poirec - Ch. Ollier, España 1986

4.2 DISEÑO OBRAS DE DRENAJE

En el diseño de las obras de drenaje, se considera que debe consistir en una red de tubos perforados, enterrados en el terreno a una determinada profundidad, con un espaciamiento entre ellos que será función del tiempo máximo permitido de sumersión de las raíces y la profundidad a que se desee mantener deprimido el nivel freático. Dicha red de tuberías deberá entregar los volúmenes drenados a una red mayor ya sea en tubería o en canales. Posteriormente, estos canales deberán tener la cota suficiente y la pendiente necesaria para vaciar a los cursos naturales existentes.

Este tema se enfrentará para analizar su diseño y estimar sus costos en base a un predio tipo.

4.2.1 Caudales a Drenar

Para establecer un caudal por unidad de superficie a drenar se deben tener presente los requerimientos de agua de riego a aplicar y las precipitaciones que se produzcan en el lugar.

Del Volumen Nº 3 del presente Proyecto Choapa, Capítulo 5 "Desarrollo del Riego", Anexo 5.3-1, se han tomado los valores siguientes:

Cuadro 6.1.3-9
 Proyecto Choapa
 Areas de Planificación

Mes	Intermedia			Costa		
	ET0 (mm)	Ppe (mm)	ETc (max) (mm)	ET0 (mm)	Ppe (mm)	ETc (max) (mm)
Ene	184	0	202,4 (6)	179	0	186,0 (11)
Feb	175	0	157,5 (1)	170	0	153,0 (1)
Mar	149	0	96,8 (1)	144	0	115,2 (7)
Abr	113	5	62,1 (1)	109	4	111,2 (7)
May	78	25	31,2 (1)	75	23	75,0 (7) (8)
Jun	52	40	26,0 (2)	49	35	49,0 (8) (9)
Jul	43	60	34,4 (2)	40	53	40,0 (8)
Ago	46	28	43,7 (2)	44	24	44,0 (8)
Sep	70	11	66,4 (3)	67	11	67,0 (10)
Oct	105	4	115,5 (3)	102	4	112,0 (3)
Nov	143	4	128,7 (4)	139	4	129,3 (1)
Dic	172	4	175,4 (5)	168	3	171,0 (5)
Total	1330	181		1286	161	

Ppe: precipitación media efectiva

ETc : Evapotranspiración de los cultivos, del máximo.

- (1) : Limones
- (2): Arvejas
- (3):Trigo
- (4):Naranja
- (5): Porotos Verdes
- (6): Tabaco
- (7): Morrón Primor
- (8): Alcachofa Primor
- (9): Bróccoli
- (10): Coliflor
- (11): Tomate

Los valores de evapotranspiración de los cultivos (ETc) son en realidad valores normales dentro de la agricultura del valle central y centro norte. El valor mayor registrado corresponde a ETC 202,4 mm./mes durante Enero. Lo anterior se traduce en valores de ETC = 2000 m³/mes/Ha para mes de máxima demanda.

Si de asume una eficiencia de riego de un 55%, se tendrán requerimientos netos de agua de 3640 m³/mes/Ha.

Considerando que del agua aplicada al predio, las ineficiencias del riego se reparten en 40 % de percolación y 60 % en escurrimiento superficial se tiene que un 22% del agua aplicada

escurrimiento superficial se tiene que un 22% del agua aplicada se transforma en percolación.

Asumiendo una distribución de 6 riegos mensuales, el volumen de c/u de ellos se reduce a aplicar 600 m³/riego/Ha. De este volumen un 22% se traduce en percolación lo que equivale a 130 m³/riego/Ha. Dicho volumen, asumiendo lo indicado en la tabla 6.1.3-8, debe ser evacuado en un tiempo de 1,5 días como valor medio.

Si se efectúa cada riego con una duración de 8 horas, se tiene una tasa de ingreso de agua al suelo, descontando las pérdidas por escurrimiento superficial, de :

$$\text{Tasa de Ingreso: } \frac{470 \text{ m}^3/\text{Ha}}{8 \text{ hrs}} = 16 \text{ l/s/Ha}$$

De acuerdo a lo anterior se aplica una lámina de 47 mm. en un tiempo de 8 horas , lo que se traduce en una velocidad de infiltración de 5,9 mm/hr, valor que es menor que la velocidad típica de infiltración en un suelo franco-arcilloso, cercana a 8 mm/hr. Así el agua aplicada se estima que es capaz de infiltrar al terreno.

Si se considera el caso extremo que el suelo se encuentra con su capacidad de campo copada al comenzar el riego, la diferencia entre el agua aplicada menos la ETC será el agua que percola.

$$\begin{aligned} \text{Percola} &= \text{Aplicada al suelo} - \text{ETC} \\ &= 470 \text{ m}^3/\text{Ha} - 336 \text{ m}^3/\text{Ha} \\ &= 134 \text{ m}^3/\text{Ha}. \end{aligned}$$

Evacuar este exceso en un tiempo de 1,5 días (36 hrs.), se traduce en un extraer un caudal continuo de 1,1 l/s/Ha.

Cuadro 6.1.3-10
Resumen de Valores de Diseño.

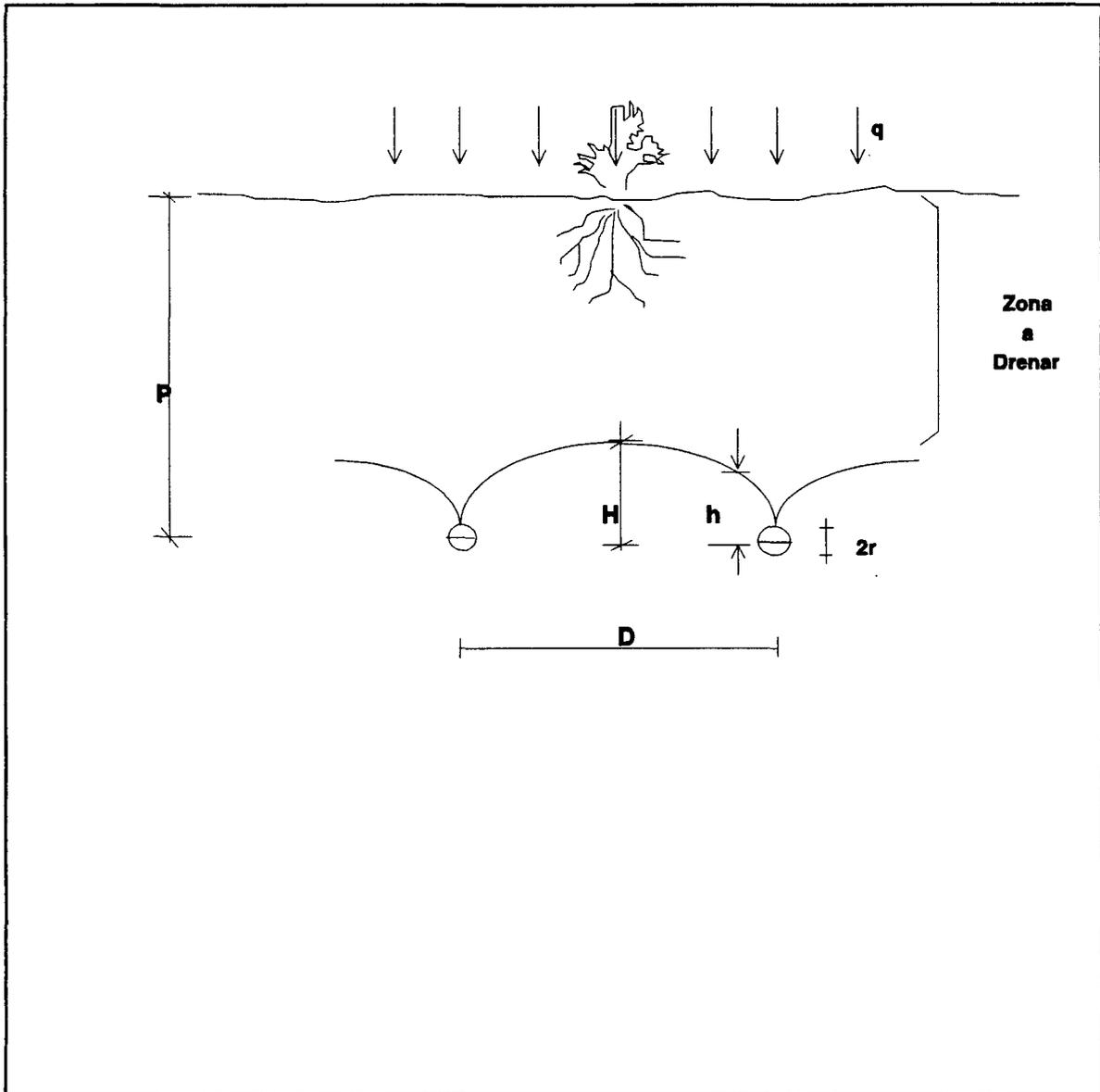
Tiempo sumersión de las raíces	1,5 días
Duración de los riegos	8 horas
Tiempo entre riegos	5 días
Tasa de riego	600 m ³ /ha/riego
Agua que ingresa al suelo	470 m ³ /ha/riego
Agua que percola o inunda	134 m ³ /ha/riego
Caudal requerido a evacuar	1,1 l/s/ha

horas el caudal de diseño se eleva a 1,6 l/s/ha.

4.2.2 Profundidad de los Drenes y Espaciamiento

Se considera un escurrimiento del tipo semi-lleno de los drenes, para una aplicación de una lámina de agua.

Un esquema típico de drenes y sus parámetros principales se muestra en el bosquejo siguiente.



La ecuación diferencial para el escurrimiento hacia la captación queda dada por :

$$\pi * x * k * dh/dx = q(D - 2 * x)$$

Donde :

h = Cota piezométrica referida a un plano de referencia que pasa por la captación.

D = Distancia entre drenes

$\pi = 3,1416$

Para el punto medio entre drenes se tiene $h=H$. y se usará la relación siguiente:

$$H = \frac{D * q}{\pi * k} * \text{Ln} \left[\frac{D}{5,44 * r} \right]$$

Siendo:

H = Cota piezométrica en el punto medio entre drenes (m).

D = Separación entre drenes (m).

q = Caudal por unidad de área. ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$)

$\pi = 3,1416$

k = permeabilidad del terreno (m/s)

r = radio de la tubería de drenaje.

- Valores de Cálculo.

Caudal de diseño (q): 1,1 - 1,5 l/s/Ha. = $11\text{E}-9$ a $15\text{E}-9$ $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$.
Permeabilidad (k) entre $1 * 10^{-5}$ y $5 * 10^{-5}$ (m/s).

Los demás valores se obtendrán al efectuar los cálculos que se detallan en la página siguiente.

CUADRO 6.1.3-11
 PROYECTO CHOAPA, ESTUDIO DE DRENAJE
 Drenes INTERIORES

Formula usada = $H = (D \cdot q) / \pi / k \cdot \ln(D / 5,44 / r)$

Nivel a deprimir (m)	P	1,00	1,50
Profundidad del dren (m)	P+H	1,22	1,65
H elevación en el medio (m)	H	0,22	0,15
D espaciamiento de drenes (m)	D	25,00	30,00
q caudal drenado m ³ /s/ha	q	0,0011	0,0015
k permeabilidad (m/s)	k	0,00002	0,00005
r radio de la tubería (m)	r	0,03	0,03

$k = 1 \cdot 10^{-5}$ $k = 5 \cdot 10^{-5}$

Valores adoptados:

Espaciamiento entre drenes: 25 m.

Profundidad de los drenes: 1,2 m.

4.2.3 Costos Drenaje Predio Tipo

Las obras de drenaje se han costeado a nivel de prediseño, en base a lo expuesto en los capítulos anteriores.

Los valores se han calculado para un Predio Tipo cualquiera, ubicado en terrenos con deficiencias de drenaje.

El Predio Tipo se encuentra en el valle del Choapa en la confluencia con el estero Camisas (Area de Planificación Intermedia, lámina de suelos; Quebrada El Manzano).

El cálculo de costos se presenta a continuación en el cuadro 6.1.3-12.

Cuadro 6.1.3-12

PROYECTO CHOAPA , ESTUDIO DE DRENAJE

Predio Tipo

Ubicación: Valle Choapa Intermedio, Quebrada El Manzano

Superficie : 50 Ha. Total

Superficie Terreno IIIw y IVw: 43 Ha.

	Longitud (m)	Base Sup. (m)	Base Inf (m)	Profundidad (m)	Diámetro (mm)
Zanjas recolectoras:		6.800		0,6	0,4
Tubería de drenaje		15.400			63
Zanjas para drenes		15.400		0,5	0,4

COSTOS

	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Costo Uni. (\$/m ³)	Costo Total (\$)
Excavación zanjas recolectoras	6.800	5.440	1.200	6.528.000
Excavación zanjas para drenes	15.400	9.009	900	8.108.100
Nivelación drenes	15.400			1.463.610
Tubería drenaje	15.400		466	7.176.400
Transporte tubería drenaje	15.400		47	717.640
Geotextil	5.133	400	2.053.333	
Otros (+ 5 % del subtotal)				1.302.354
Total			27.349.438	
Nro de Hectáreas	50 Has.			
Costo por Ha. \$				546.989 \$
Costo por Ha. US\$				1342 US\$

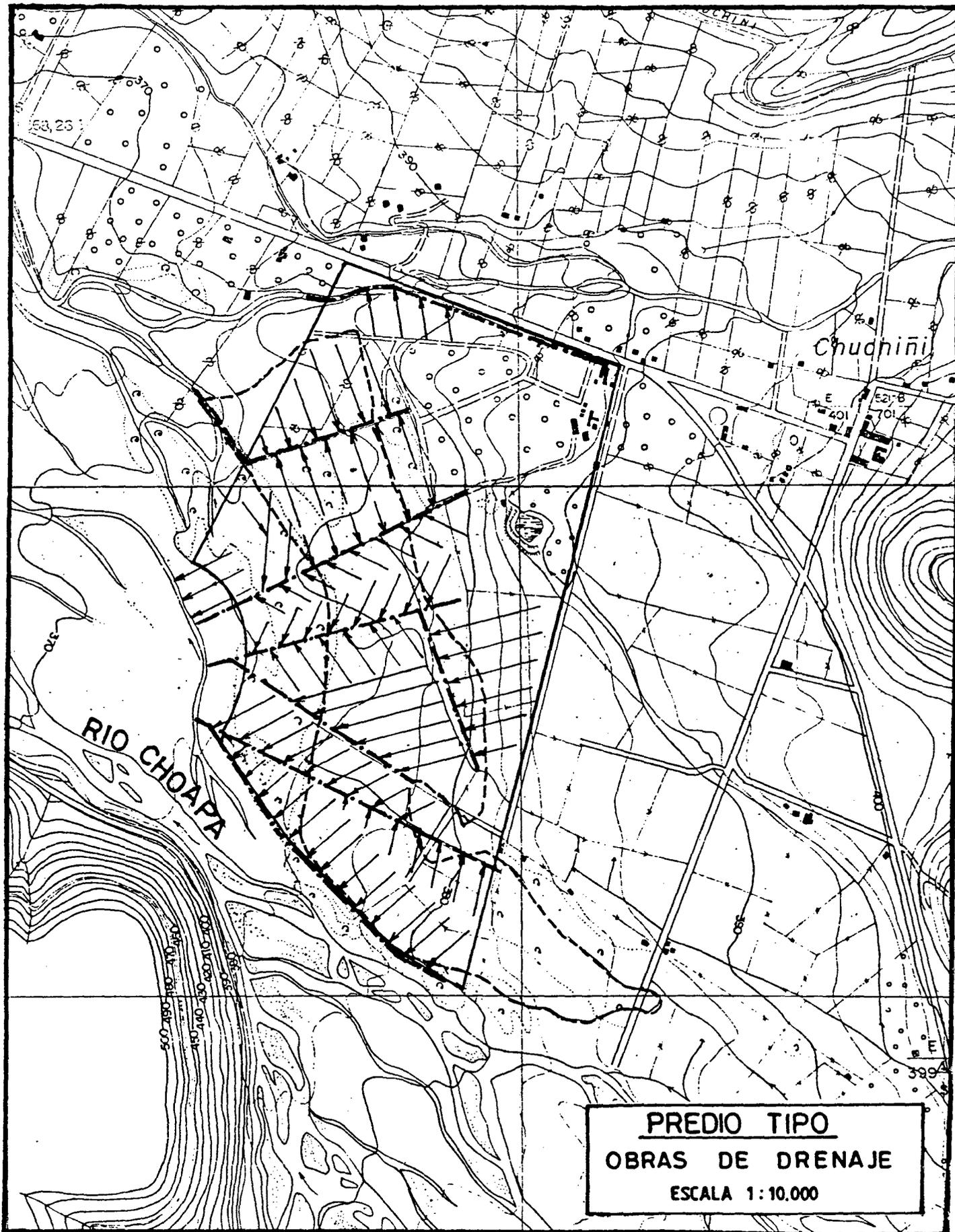
Dolar referencia a : \$
del 23/08/93

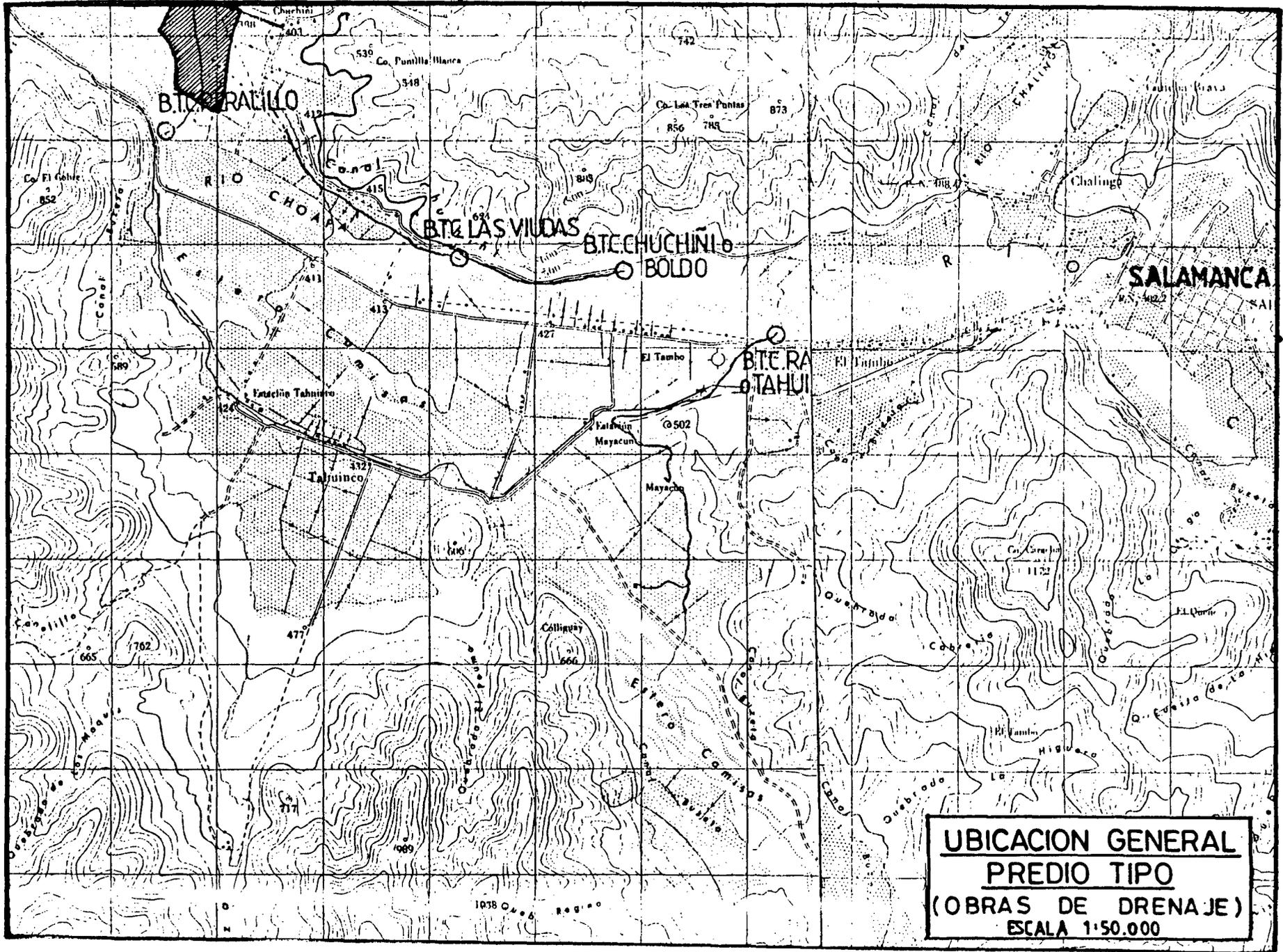
407,66

4.2.4 Ubicación Predio Tipo

El predio Tipo se ubica en el Area de Planificación Intermedia en el Valle del río Choapa en la confluencia del estero Camisas.

Se presenta la ubicación del predio tipo en croquis a escala 1:10.000. En dicho croquis se presentan los trazados de las tuberías de drenaje y las acequias recolectoras. Lo anterior permitió calcular las longitudes y volúmenes de excavación requeridos para su correspondiente valorización.





6.1.4 ANALISIS DE MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DE CONDUCCIONES MATRICES

1. INTRODUCCION

Bajo este capítulo se hizo una breve descripción de la infraestructura de riego existente y se calificó su grado de importancia con respecto al esquema de obras que se constituirá en el futuro. Así entonces, se vio la conveniencia de tener que modificar, agrandar o simplemente sustituir las obras actuales.

Una vez definida la importancia que tendrán las obras de riego actuales insertas en el esquema de riego futuro, se obtiene por diferencia entre lo existente y lo necesario el plan de obras complementario.

En los capítulos siguientes, se entrega el análisis hecho para las Obras de Mejoramiento de la Estructura de Riego Existente (capítulo 2) y las Obras Complementarias al Sistema de Riego Existente (capítulo 3).

2. ANALISIS DE MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EXISTENTE.

2.1 MEJORAMIENTOS GENERALES

Como se detalló en el capítulo correspondiente a la infraestructura de Riego Existente, los canales del valle del río Choapa son pequeños, excavados en tierra, sin revestimientos ni obras de arte, con excepción de los cruces de camino y algunas compuertas de descargas y compuertas de entrega.

En todo el valle, sólo existen 3 canales que superan los 1.000 l/s de capacidad y no más de 20 los 500 l/s.

Esto trae como consecuencia que los canales no tengan mayores problemas de capacidad con excepción de algunos tramos de aquellos canales que van por laderas de cerros y deben atravesar puntillas rocosas, siendo el principal problema la falta de obras de arte, especialmente en el cruce de las quebradas.

En el mismo capítulo ya indicado, se llegó a la conclusión que la expansión del área regada bajo los canales existentes no implicaría un aumento importante en la capacidad actual de los canales por lo que no se requerirán trabajos de mejoramiento

con este fin. Sólo en aquellos canales que se utilizarían dentro el esquema de obras nuevas, principalmente embalses, se requeriría su ampliación. Esto ocurre en los canales Silvano, Buzeta y Choapa, cuyos mejoramientos se detallan, en forma especial, más adelante.

A continuación se detallan los principales mejoramientos que requerirían los canales del valle.

- Bocatomas

Todas las bocatomas de carácter definitivo, con barrera en el cauce del río, han sido destruidas por crecidas de él por lo que no se estima conveniente la construcción de dichas obras para los canales existentes. Más conveniente, en este sentido, sería dotar a cada Junta de Vigilancia, de la maquinaria pesada necesaria para habilitar o reparar las obras de toma después de cada crecida de importancia.

- Compuertas de Regulación y Aforadores

Con excepción de una parte importante de los canales del río Choapa que se encuentran aguas arriba del estero Limáhuida y unos pocos canales del río Illapel, ningún otro canal cuenta con dispositivos que permitan controlar los caudales captados.

Con este fin, se considera necesario dotar a todos los canales del valle con compuertas de regulación y aforadores para controlar el caudal extraído por cada uno de ellos. La regulación podría efectuarse con una compuerta frontal con tornillo y un vertedero lateral para evacuar el exceso de agua captada. La medición del caudal extraído podría efectuarse con un aforador de barrera triangular sin estrechamiento.

En este caso se podría implementar un sistema similar al del río Elqui, en el cual estos aforadores son de anchos proporcionales a sus derechos de modo que en cualquier momento todos deban tener la misma altura de agua, facilitando así su control por parte de los celadores.

Estas obras deberán ubicarse de modo que no estén expuestas a las crecidas del río o bien construir a su alrededor obras de protección con gaviones.

- Cruces de Quebradas

En la actualidad no existe prácticamente ninguna obra para el cruce de quebradas, siendo este el principal problema que enfrentan los canales del valle ya que deben sufrir, cuando

éstas crecen, la rotura del canal o su embancamiento a veces en tramos bastante extensos. Además son los puntos donde se producen las mayores pérdidas de caudal ya que, de acuerdo a mediciones efectuadas en estudios anteriores, las pérdidas por infiltración no superarían el 10 %, en circunstancia que la mayoría de los canales tiene pérdidas cercanas al 20 o 30 % y más en algunos casos.

Dado el pequeño tamaño de la mayoría de los canales, se estima que lo más conveniente es entubar el canal en esos sectores, permitiendo que la quebrada pase por encima libremente. Este entubamiento se complementaría con muros encauzadores para la quebrada, los cuales pueden ser de albañilería de piedra o de hormigón. En la mayoría de los casos será suficiente con tubos de cemento comprimido tipo Graufort de 600 mm de diámetro y sólo en pocos casos se requerirían tubos de mayor tamaño o alcantarillas cuadradas de máximo 1m x 1m. La longitud de estos entubamientos dependerá de la forma y caudal de crecida de cada quebrada.

- Obras de entrega

En general, una parte importante de los canales poseen obras de entrega consistentes en su mayoría en compuertas metálicas o de madera, del tipo manual, de reducidas dimensiones. El resto de los canales efectúa sus entregas por tacos con el consiguiente deterioro de los mismos.

Dado los pequeños caudales que llevan estos canales, no se estima necesario el uso de marcos partidores sino en casos muy especiales como ser separar dos sectores a turnos o entregas importantes dentro de canales de más de 300 l/s, lo que casi no existe ya que no hay grandes fundos en el área.

Para la mayoría de las entregas, se estima preferible el uso de compuertas similares a las existentes, es decir, metálicas del tipo manual, con guías de perfiles metálicos "L" empotrados en hormigón. En los sectores con turnos, sería necesario colocar este mismo tipo de compuertas tanto en el saliente como en el pasante.

Complementario a estas entregas, se estima necesario ubicar aforadores en ciertos tramos del canal, especialmente en aquellos mayores de 200 l/s, los que pueden ser similares a los recomendados para el control en bocatoma.

- Cruces de camino

En general existen obras para el cruce de caminos en prácticamente todo los canales. El tipo de obra utilizado

depende más que nada de la calidad del camino, de tal forma que en los caminos principales y secundarios existen alcantarillas de hormigón o tubos ya sea de acero, corrugados o de cemento comprimido y sólo en caminos de tercer orden o bien en los interiores de los predios existen puentes hechos con troncos y tablonés. Por todo esto, salvo situaciones muy puntuales, no se estima necesario mejorar los cruces de camino existentes.

- **Revestimientos**

Por los antecedentes obtenidos en terreno no se estima necesario el revestimiento de canales salvo en casos muy puntuales los cuales escapan al nivel del presente estudio.

- **Compuertas de descarga**

Muy pocos canales tiene compuertas de descargas y sólo para situaciones muy específicas, como el canal Población en la Quebrada Consuelo por tener en ese punto una situación muy inestable.

Se estima conveniente dotar de compuertas de descarga a todo aquellos canales que se desarrollan por laderas de cerro, al menos de cada 5 km.

Estas compuertas pueden ser de tornillo, con una grada de bajada para asegurar la descarga, y ubicarse en las cercanías de un paso de quebrada.

2.2 MEJORAMIENTOS CANALES MATRICES

2.2.1 Introducción

En este punto, se analizan los mejoramientos que deberían efectuarse en aquellos canales existentes que serán utilizados para alimentar los embalses de regulación que se están estudiando para el valle, como es el caso del canal Buzeta para el embalse Las Astas y el canal Silvano para el embalse Corrales o bien los que serán utilizados para llevar aguas a los nuevos sectores de riego como el canal Choapa.

A continuación se detallan los mejoramientos que deberán efectuarse en estos canales para llevarlos a las capacidades requeridas en los esquemas de solución para el regadío futuro, o bien, como es el caso del canal Silvano, las razones por las cuales no es conveniente utilizarlo para alimentar el embalse Corrales.

2.2.2 Canal Silvano

Este canal tiene actualmente derechos por 1600 l/s, pero su capacidad sólo en los primeros 2 km es superior a dicho caudal. En el resto del canal sólo puede llevar 1,3 m³/s, disminuyendo a unos 500 l/s en los últimos kilómetros. La pendiente media del canal, en sus primeros 10 km, es del orden del 1 por mil y en los 37 kilómetros restantes sube al 3 por mil.

Para un canal de 4 o 4,5 m³/s, que es lo que se requiere, la primera pendiente es aceptable pero la segunda es muy alta ya que la velocidad media subiría a 1,4 m/s, demasiado alto para un canal sin revestir. Esto implicaría la necesidad de diseñar caídas cada cierto tramo dificultando bastante la construcción.

Por otra parte es necesario considerar que este canal funciona durante gran parte del año reduciendo bastante el tiempo disponible para efectuar los trabajos de ampliación, los cuales son de magnitud importante considerando que debe ampliarse el canal, en el mejor de los casos, a más de tres veces su capacidad actual.

Todo lo anterior hace que sea más conveniente proyectar un nuevo canal, totalmente independiente, para la alimentación del embalse Corrales. Este tendría la ventaja de ser un canal más corto, ya que bastaría con una pendiente pareja de un 1 por mil lo que podría rebajar la longitud del canal a unos 30 a 35 kilómetros, compensando lo que se habría ganado en excavación en caso de usar el canal Silvano actual. Otra ventaja adicional sería el poder llevar a cabo la construcción en forma continua sin interferencias con otros canales.

Por último, puede considerarse como una ventaja el hecho que el canal Silvano actuaría como un contrafoso de este canal nuevo.

2.2.3 Canal Buzeta

2.2.3.1 Situación Actual.

El canal Buzeta se origina sobre la ribera izquierda del río Choapa, frente a la ciudad de Salamanca, presentando un recorrido de 96 kilómetros de longitud, pasando por los sectores de El Tambo, Tahuinco, Limáhuida y Las Cañas, lugar este último donde retorna nuevamente al río.

La bocatoma del canal Buzeta capta las aguas a través de un desvío en uno de los brazos del río Choapa, mediante un taco de patas de cabra, el que es modificado cada nueva temporada según se presenten las nuevas condiciones en el cauce. Dicho desvío

corre adyacente al lecho del río alrededor de 400 m de longitud, hasta encontrarse con la obra de admisión y descarga, que controla la entrada del agua al canal.

Esta obra esta compuesta por tres compuertas metálicas para la admisión y tres para la descarga y desripiación, antecediéndolas un vertedero lateral que permite controlar la carga sobre las primeras, restituyendo el agua sobrante al río.

El canal es de tierra en todo su recorrido, salvo en pequeños tramos, donde en la generalidad de los casos, el muro externo del cauce ha sido construido mediante hormigón o mampostería en piedra.

A lo largo de su recorrido presenta una gran cantidad de obras de atraveso las que de acuerdo al Catastro de Usuarios de la Dirección General de Aguas corresponden a:

Puentes	:	45
Tubos	:	32
Compuertas:		58
Canoa	:	1

Todas ellas contabilizadas a lo largo de sus 96 kilómetros de longitud.

2.2.3.2 Problemas que Presenta el Canal

En el canal Buzeta se presentan problemas principalmente en los dos primeros tramos de su recorrido, en los sectores denominados El Tambo y Tahuinco, encontrándose bastante identificados éstos por los usuarios.

El problema principal y de magnitud que tenía este canal era la necesidad de materializar una obra de atraveso del canal por el lecho del estero Camisas, a objeto de minimizar las pérdidas en dicho cruce (que se han estimado el alrededor de un 20 a 30%), a la vez de permitir tener una obra con la seguridad adecuada, que resista los embates de las crecidas del estero Camisas. Esta obra ha sido recientemente construída para un caudal de 3 m³/s.

Otro problema detectado en el canal, es producto de un reciente derrumbe en el sector de El Bato, el que compromete un tramo de aproximadamente 50 m. Dicho derrumbe destruyó un cruce construido en mampostería, operando actualmente en forma provisoria mediante una canoa metálica, cuyo riesgo de falla es evidente ante la relativa inestabilidad de las laderas por donde cruza el canal.

Existe además un sector de filtraciones ubicado entre el km 3.300 (500 m aguas arriba del puente "Fiscal" sobre el río Choapa) y el km 5.800 donde se han detectado algunas filtraciones a través de la pared externa del canal, debido a las perforaciones que realizan ratones para construir sus madrigueras.

Se observaron también, problemas en la estructura de control de caudales, ubicada al inicio del canal, de bastante menor magnitud que los anteriores. Se requiere reparar un muro guía desplomado y una compuerta de descarga que se encuentra atorada.

Otro problema detectado, de carácter generalizado, es el embancamiento del canal. También se ha comprobado la necesidad de resolver los conflictos que se producen en algunos cruces del canal con varias quebradas a objeto de evitar los continuos aterramientos del cauce cuando se producen crecidas en dichas quebradas.

La Dirección de Riego encargó a la firma Ayala, Cabrera y Asociados un estudio para la solución de los problemas antes indicados y dejar el canal en condiciones de conducir los 3 m³/s que son los necesarios en estos momentos para regar toda su área.

Producto de este estudio es el diseño del sifón bajo el Estero Camisa que acaba de ser construido y está en operación.

El resto de las obras que deberán construirse para dejar plenamente operativo el canal, según este mismo estudio, tienen un costo del orden de \$ 934.000.000.

2.2.3.3 Aumento de la Capacidad del Canal

Si se desea aumentar la capacidad del canal de 3 a 4 m³/s. es preciso efectuar las siguientes labores

Canal.- El canal deberá peraltarse en unos 0.20 m. Es posible que este peralte se disminuya, si se acepta reducir la revancha que actualmente es de unos 0.30 a 0.35 m, dejando sólo 0.20 m de revancha, con lo que se podría efectuar un peralte de sólo 0.10 m el cual puede realizarse subiendo el borde a valle en 0.10 m o excavando el fondo en esa misma dimensión.

Esta habilitación significaría remover unos 14.500 m³ de material de los cuales un 60 % sería roca.

Sifón Camisa.- Para que por el sifón puedan pasar 4 m³/s este necesitaría tomar una carga adicional de unos 0,60 m. Para absorber esta carga debería peraltarse el canal en unos 500 m en una altura variable de 0,60 a 0.00 m.

Esta adecuación para la carga significaría mover del orden de 375 m³.

Cruce de quebrada.- Por las observaciones efectuadas en general los cruces de quebradas no requerirían grandes modificaciones ya que sólo se absorbería parte de la revancha, si es que llegara a tomar presión.

Obra de Protección de sectores con filtraciones.- Esta obra corresponde a un muro de mampostería por el talud a valle. Según el estudio antes citado, la suma de los sectores a revestir son unos 7.600 m lo que significaría la construcción de unos 150 m³ de mampostería de piedra.

Para dejar el canal en condiciones de conducir 4,5 m³/s éste debería peraltarse en unos 0.50 m, lo cual obligaría a excavar el canal por el talud a cerro, que dada las condiciones de talud de las laderas provocarían una excavación muy grande que no es posible cuantificarla, sin efectuar un proyecto.

Para el caso del sifón Camisas se requeriría tener una carga adicional de 1 m lo cual también resulta excesiva, debiéndose proyectar otro sifón paralelo o cambiar el trazado y dimensiones del canal.

Por las razones antes indicadas no es aconsejable adaptar el actual canal para conducir 4,5 m³/seg.

2.2.4 Canal Choapa

El canal Choapa comenzó a construirse por la Dirección de Riego en 1968, paralizándose su construcción en 1976, cuando se habían construido 45 km. El tramo ejecutado llegó hasta el río Illapel, donde se debía construir un sifón para cruzar dicho río.

Este canal serviría como distribuidor de un embalse a proyectarse en el estero Limáhuída denominado Las Astas.

Las aguas del embalse se conducirían hasta el canal Choapa mediante un canal matriz de 5 m³ de capacidad y 7 km de longitud que atravesaría el río Choapa mediante un sifón de 800 m de longitud.

El canal Choapa, que tendría una capacidad de $4,5 \text{ m}^3/\text{seg}$, además de alimentarse desde el embalse Las Astas, captaría aguas directamente del río Choapa aprovechando las recuperaciones que se producen en la zona de Peralillo, lugar donde está ubicada su bocatoma.

La prolongación del canal Choapa, después de cruzar el río Illapel, mediante un sifón de 1.400 m de longitud, lleva el nombre de canal Comunidades y tiene una longitud de 72 km y se construiría para $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$ de capacidad.

Además, después del sifón en el río Illapel, sale un pequeño ramal de 7 km de longitud y $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ de capacidad para cubrir un área de riego en las cercanías del pueblo de Illapel.

De lo descrito anteriormente se puede establecer que lo único construido es el canal Choapa propiamente tal, es decir desde su bocatoma hasta el sifón Illapel.

Esta construcción que se dejó abandonada en 1976 (hace más de 18 años) ha sufrido la erosión y derrumbes propios de un obra inconclusa, existiendo en numerosas partes grandes embanques y deterioro de la cuneta construída.

La única excepción son sus 2 primeros kilómetros, tramo en el cual el canal Choapa también debía conducir las aguas del canal Peralillo. Son los regantes de este último canal los que han mantenido en el canal Choapa una sección que les permite conducir del orden de 400 l/s , ya que tiene derechos por 310 l/s desde el río Choapa.

Por lo tanto, en estos dos kilómetros, la cuneta excavada para conducir $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$, ha sido mantenida por los regantes del canal Peralillo, pero sólo para que escurran como mínimo unos 400 l/s .

A continuación se efectúa una breve descripción del estado actual del canal.

Bocatoma.- Este canal tenía proyectado una bocatoma lateral en el río Choapa, en su costado derecho, en una zona en que el río tiene un brazo. Este brazo se peraltaba mediante una barrera de hormigón de 18 m de largo y un espigón de defensa lateral la protegía desde el sur.

Además tenía dos compuertas desripiadoras, una compuerta de sector de 5 m de largo y una compuerta By-pass, para permitirle captar sus aguas al canal Peralillo durante la construcción de esta bocatoma. Las obras construídas fueron destruídas por la

crecida del año 1986 y actualmente, mediante una barrera de pata de cabra, el canal Peralillo, a través de la compuerta Bypass capta unos 400 l/s.

Canal.- Con las consideraciones antes indicadas, respecto a la capacidad, el canal escurre a tajo abierto hasta el km 0,977 donde tiene un tramo abovedado de 388 m.

La sección original del canal en el tramo antes del abovedamiento era de 1,6 m de ancho basal y taludes 1/1, actualmente su ancho es del orden de 2.30 m y los taludes 1/2.

La sección abovedada es cuadrada de 1.90 m y como se indicó anteriormente tiene 388 m de longitud.

Entre los kilómetros 1.365 y 1.673 la sección del canal es de 2.30 ancho basal y los taludes 1/2, desde el kilómetro 1.673 al 1.970 la sección tiene un ancho basal de 1.6 m y taludes 1/1.

En el km 1.950 se efectúa la entrega al canal Molino.

Entre los kilómetros 1.970 y 2.150 el canal va abovedado con una sección cuadrada de 1,80 m.

En este tramo el canal pasa bajo un camino vecinal y presenta un cierto embancamiento proveniente del agua que escurre cuando llueve.

Entre el km 2.150 al 2.425 escurre a tajo abierto con una sección de 1.60 m de ancho basal y taludes 1/1.

Entre los km 2.425 y 2.470 vuelve a estar abovedado, con dimensiones similar a la anterior, para cruzar otro camino vecinal. También presenta embanques este sector.

Entre el kilómetro 2.470 y 6.483 el canal mantiene la sección de 1.6 m de ancho basal y taludes 1/1, presenta fuertes embanques sobre todo en los pasos de quebradas o donde hay algunas obras de arte.

En el km 2.600 tiene una sección de control, revestida de hormigón.

En los km 3.100 y 3.500 tiene puentes de hormigón armado para el cruce de caminos vecinales.

En el km 3.900 tiene una compuerta de descarga que no podría usarse por que el fondo de la Quebrada está más alto que el fondo del canal.

En el km 3.950 la quebrada Cerro Blanco cruza sobre el canal, por medio de una estructura de hormigón, la cual se desborda con los temporales, embancando fuertemente el canal.

El tramo entre el km 6.483 y 6.816 corresponde a un sifón de 333 m de largo de 1 m de diámetro que sólo tendría capacidad para 1.5 m³/s. Con este sifón el canal cruza las quebradas Romeral y los Quillayes.

Este sifón fija una gran limitante, ya que el canal tiene, si se efectúan las mejoras correspondientes, una capacidad de 4,5 m³/s y el sifón sólo 1.5 m³/s, el cual aumentando su carga podría llegar un máximo de 2 m³/s.

Desde el km 6.816 hasta el sifón Illapel en el km 45.000, el canal se encuentra en general embancado, con piedras de gran tamaño en su interior, producto de derrumbes desde las laderas.

No existen en este tramo obras de arte de importancia y se tiene la posibilidad de mediante trabajos de reparación y adecuación volver a dejarlo en condiciones para escurrir su caudal de diseño de 4.5 m³/s, aún cuando deberá considerarse el revestimiento en algunos sectores, donde la roca se presenta muy fracturada.

La adecuación del canal para devolverle su capacidad de diseño requeriría remover todo el material que se encuentra en su interior, lo cual se estima que sería del orden de 50.000 m³, de material suelto o de baja compactación.

3. OBRAS COMPLEMENTARIAS AL SISTEMA DE RIEGO EXISTENTE.

3.1 INTRODUCCION

Se entiende por Complemento al Sistema de Riego Existente al conjunto de obras de conducción complementarias que permitan regar el área del proyecto en conjunto con las obras de conducción existentes y las obras de regulación seleccionadas.

Como premisa inicial, se aprovechará al máximo la infraestructura de canales existentes acomodándola a las nuevas necesidades derivadas de la materialización de los embalses seleccionados aunque esta premisa requiera tener que bombear agua a los canales existentes. Tal es el caso del aprovechamiento del canal Choapa con el embalse Cerrillos.

Las obras complementarias que se describen más adelante se refieren básicamente a los canales matrices y a los sifones principales que se requieren.

3.2 ACUEDUCTOS ALIMENTADORES DE EMBALSES

Los embalses seleccionados Cerrillos y Canela Baja no requieren canales alimentadores pues sus presas se encuentran ubicadas en el curso del río Choapa y estero Canela respectivamente, siendo el recurso suficiente.

En relación con el embalse Canelillo, que también se encuentra en el curso del río Choapa, podría ser alimentado con aguas provenientes del río Illapel mediante un canal nuevo que se denominaría Illapel-Canelillo. De esta forma, este embalse aprovecharía los excedentes de invierno de este río, si fuera necesario.

El embalse Las Astas, ubicado en el estero Limáhuida y por lo tanto sin cuenca aportante de importancia, usaría como canal alimentador el canal Buzeta que posee una capacidad de 2,5 m³/s. Aprovecharía de esta forma los excedentes de invierno del río Choapa existentes inmediatamente aguas arriba de Salamanca, lugar en que se encuentra la bocatoma del canal Buzeta.

El embalse Corrales, ubicado en el estero Camisas y que tampoco dispone de una cuenca afluyente de magnitud, utilizaría los excedentes de invierno del río Choapa aguas arriba de su confluencia con el estero Quelén. Estos caudales serían captados y conducidos mediante un canal nuevo que se denominará Alimentador Corrales cuya captación se ubicaría unos 6 km aguas arriba de la confluencia con el estero Quelén. Posteriormente, serían trasvasados a la cuenca del estero Camisas mediante un túnel de sección mínima y de 5,5 km de longitud. La capacidad de este canal debe ser definida en función de los caudales existentes en el río Choapa, la capacidad del posible embalse Corrales y las potenciales zonas a ser regadas.

En principio, se ha considerado mantener la capacidad actual del canal alimentador Buzeta, para el embalse Las Astas. No obstante lo anterior, mediante el uso del modelo computacional del Sistema de Riego Choapa se definirán las capacidades más adecuadas de estos canales alimentadores, Buzeta y Alimentador Corrales.

3.3 NUEVOS CANALES MATRICES DE RIEGO

Los sistemas de riego complementarios requerirán de nuevos canales matrices. Estos se originan en los respectivos embalses y son los siguientes:

3.3.1 Canales Matrices de Riego desde el Embalse Canelillo

Para extraer el volumen almacenado en el embalse Canelillo, es posible diseñar canales matrices de entrega tanto por la ribera derecha del río Choapa (Canelillo Norte) como por la ribera izquierda (Canelillo Sur). Las características de estos canales se describen a continuación:

- Canal Canelillo Sur:

Desde el embalse Canelillo partiría a la cota 194,5 m s.n.m. por la ribera izquierda del río Choapa un canal de riego que se denominaría Canal Canelillo Sur, el que permitiría regar algunos sectores denominados del área de Canela ubicados en los terrenos altos que rodean al río Choapa, el área de Choapa Costa y la mayor parte de los interfluvios costeros ubicados tanto al sur como al norte del río Choapa.

Para regar las zonas ubicadas en la ribera derecha del río Choapa se construiría un canal derivado, que se denominaría Costero Norte, el que cruzaría dicho río mediante un sifón, que se ha denominado sifón Mincha, y que continuaría regando el sector Choapa Costa y los interfluvios costeros ubicados al norte del río Choapa. Este canal cruzaría el estero La Canela mediante el sifón homónimo. Aguas abajo del punto en que se bifurca el canal Canelillo Sur, nace por la misma ribera sur el canal Costero Sur que regaría los interfluvios costeros ubicados al sur del río Choapa. Este canal cruzaría el estero Millahue mediante el sifón homónimo.

- Canal Canelillo Norte:

Como alternativa al canal Canelillo Sur, se podría construir el canal Canelillo Norte que partiría a la cota 194.5 m s.n.m. por la ribera derecha del río Choapa y que permitiría regar la parte baja del valle del río Illapel, algunos sectores denominados del área de Canela, en el cual se encuentran las Comunidades, el área de Choapa Costa y la mayor parte de los interfluvios costeros. Este canal cruzaría el estero Atelcura mediante un sifón. Parte de las Comunidades podrían ser regadas con bombeo desde el canal.

Para regar las zonas ubicadas en la ribera izquierda del río Choapa se construiría un canal derivado que se denominaría Canal Costero Sur, el que cruzaría dicho río mediante el sifón Mincha y que continuaría regando algunos sectores denominados del área de Canela, el sector Choapa Costa y los interfluvios costeros ubicados al sur del río Choapa. Este canal cruzaría el estero Millahue mediante el sifón homónimo. Aguas abajo del punto en que se bifurca el canal Canelillo Norte nace por la misma ribera norte el canal Costero Norte que regaría el área de Choapa Costa y los interfluvios costeros ubicados al norte del río Choapa. Este canal cruzaría el estero La Canela mediante el sifón homónimo.

La decisión acerca de cual de los dos canales Canelillos, el de la ribera Sur o el de la ribera norte, es el que debería construirse, se tomará una vez hecho los cálculos completos con el modelo de simulación operacional del Sistema de Riego Choapa.

3.3.2 Canales Matrices de Riego desde el Embalse Cerrillos

Desde el embalse Cerrillos, se alimentaría al canal Choapa existente siendo necesario efectuar una impulsión de alrededor de 25 m cuando el embalse se encuentre en el nivel mínimo; pero no necesitaría impulsión cuando el nivel del embalse se encuentre sobre la cota del canal Choapa. Este canal Choapa, cruzaría el río Illapel mediante un sifón, lugar hasta el cual se encuentra construido, y continuaría hacia la costa bordeando el valle del río Choapa por su ribera derecha. El tramo de este canal ubicado después del cruce del río Illapel no ha sido construido por lo que en este proyecto se debería incluir su diseño preliminar. Este canal Choapa debe cruzar mediante un sifón el estero Atelcura.

Para regar algunos sectores denominados del área de Canela ubicados al sur del río Choapa, el sector de Choapa Costa y los interfluvios costeros se derivaría del canal Choapa un caudal que se vertiría a la quebrada Jorquera y que se captaría más abajo, mediante una bocatoma, por el canal Mincha.

Desde este último canal, se derivaría el canal Costero Sur que atravesaría el río Choapa por el sifón Mincha y que le permitiría regar las áreas de Canela ubicadas al sur del río Choapa, el sector de Choapa Costa y los interfluvios costeros ubicados también al sur de este río. Para regar los sectores de Choapa Costa e interfluvios costeros ubicados al norte del río Choapa se derivaría desde el canal Mincha un canal que se denominaría canal Costero Norte.

También desde el embalse Cerrillos se regaría la zona del río Choapa Medio comprendida entre la presa Cerrillos y la confluencia del río Illapel, para ello se utilizarían los canales Pintacura existentes.

3.3.3 Canales Matrices de Riego desde el Embalse Las Astas.

Desde el embalse Las Astas, se proyectaría un canal, que se denominaría canal Las Astas Oriente, que se desarrollaría por la ribera derecha del estero Limáhuida partiendo a la cota 349,5 m s.n.m. y que remontaría por la ribera izquierda del valle del río Choapa hasta la angostura Cerrillos. En esta angostura cruzaría el río Choapa mediante un sifón, en el caso de que no existiera la presa Cerrillos, o un tubo apoyado en la presa Cerrillos, en el caso de que ésta existiera, y alimentaría al Canal Choapa. Para regar la ribera izquierda del valle de estero Limáhuida, se proyectaría un canal pequeño que se denominaría Las Astas Poniente y que partiría también a la cota 349,5 m s.n.m.

3.3.4 Canales Matrices de Riego desde el Embalse Corrales

Desde el embalse Corrales, se proyectaría un canal que se denominaría Canal Corrales, que partiría desde la cota 696.5 m s.n.m. por la ribera derecha del estero Camisas y que permitiría regar la zona del río Choapa Medio próxima a la confluencia de los ríos Choapa y Chalinga. Este canal podría cruzar el río Choapa mediante un sifón que se ubicaría en la angostura del río que existe unos 4 km aguas arriba de Salamanca. El canal continuaría por la ribera derecha del valle del río Choapa y se remontaría por la ribera izquierda del valle del río Chalinga pudiendo regar hasta la cota aproximada de 650 m s.n.m., luego cruzaría este río mediante un sifón y continuaría regando el valle del río Chalinga por su ribera derecha y el valle del río Choapa hasta la angostura Mal Paso, por su ribera derecha.

Además, el embalse Corrales podría entregar sus excedentes al Canal Buzeta en la vecindad del sifón Camisas para aumentar la seguridad del riego de los sectores abastecidos con este canal, aguas abajo del sifón citado.

Por otra parte, si aún hubiera excedentes, estos podrían ser transportados por el río Choapa y podrían ser captados mediante el canal Choapa.

6.1.5 ANALISIS DE OTRAS OBRAS DE APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO

1. INTRODUCCION

Aún cuando el estudio contratado es un Estudio Integral de Riego, se deben analizar también los otros posibles usos del recurso hídrico debido a su interrelación con el riego. Dentro de estos usos potenciales, ajenos al riego, los hay consuntivos y no consuntivos. En general los usos consuntivos están relacionados con el abastecimiento de agua potable, que debe considerarse para proveer de este elemento vital a las ciudades de Illapel y Salamanca y al pueblo de Canela Baja y otros poblados menores.

También se debe contemplar los posibles usos en producción de energía eléctrica, los que son no consuntivos y que no desmejoran la calidad del agua; pero que pueden interferir con los proyectos de riego a causa del tramo del río en que son utilizados.

Además se debe consultar los potenciales usos industriales y en particular los mineros debido a la existencia de la mina Pelambres en el estero homónimo, afluente del río Cuncumén. En general, los usos industriales y mineros son no consuntivos por lo que no debieran afectar al recurso hídrico en su cantidad, pero si le modifican su calidad debido a su acción contaminante.

2. HIDROELECTRICIDAD

2.1 SITUACION ACTUAL

Los escasos recursos hidroeléctricos del río Choapa aún no se han desarrollado debido principalmente a que hasta ahora se han utilizado en el país otros recursos para desarrollar proyectos de hidrocentrales más económicos. No obstante lo anterior, la Dirección General de Aguas ha concedido algunos derechos de aprovechamiento para desarrollar en el futuro proyectos hidroeléctricos en este río.

2.2 SITUACION FUTURA

La Dirección General de Aguas ha concedido al señor Hugo Corona González tres derechos de aprovechamiento para construir una central hidroeléctrica que ha denominado Minicentral Choapa, o central Corona.

Los derechos de aprovechamiento han sido concedidos mediante las Resoluciones siguientes, las que se describen someramente:

- Resolución DGA N°433 de fecha 16.11.87 que le concede un derecho de aprovechamiento no consuntivo sobre aguas del río Choapa por un caudal de 500 l/s. Las aguas serían captadas mediante el canal Choapa y serían restituidas al río Choapa en un punto de coordenadas geográficas latitud 31° 44'30" S y longitud 71° 9' W, que corresponde a la angostura Cerrillos.
- Resolución DGA N°279 de fecha 06.04.90 que le concede un derecho de aprovechamiento no consuntivo sobre aguas del río Choapa por un caudal de 0.7 m³/s. Las aguas serían captadas y restituidas en los mismos puntos de la Resolución anterior.
- Resolución DGA N°33 de fecha 23.01.91 que le concede un derecho de aprovechamiento no consuntivo sobre aguas del río Choapa, por un caudal de 0.8 m³/s. Las aguas serían captadas y restituidas en los mismos puntos de las Resoluciones anteriores.

Para aprovechar estos derechos de aprovechamiento el señor Corona ha contratado un estudio para ejecutar la minicentral Choapa. Según este estudio, esta Central sería diseñada para un caudal de 2.0 m³/s y tendría una potencia instalada de 800 kW la que sería proporcionada mediante dos equipos turbina-generador accionados por turbinas Francis de eje horizontal.

La construcción de esta minicentral utilizaría el canal Choapa existente, entre su bocatoma y el kilómetro 8,538. Para ello el señor Corona ha suscrito dos convenios con la Dirección Nacional de Riego, que se comentan brevemente a continuación:

- Convenio Ad-Referendum de fecha 21.11.88 aprobado mediante la Resolución DGOP N° 592 de fecha 27.12.88 en el que la Dirección Nacional de Riego autoriza al señor Corona a transportar un caudal de 500 l/s por el canal Choapa entre su bocatoma y el kilómetro 10.40. Este convenio se redujo a escritura pública con fecha 5.01.89. En este convenio se deja expresa constancia que se concede la servidumbre de los primeros 10.40 km del canal Choapa "mientras la Dirección no los utilice. Toda obra realizada en el canal deberá ejecutarse basada en un proyecto desarrollado por el Interesado (Sr. Corona) y aprobado por la Dirección. Dichas obras pasarán ipso-facto a beneficio fiscal, renunciando el Interesado a todo cobro por ellas. Si la Dirección necesitara usar el canal, será de cargo

exclusivo del Interesado las obras de ensanche y modificación de bocatoma que fueren necesarias para conducir sus aguas.

- Convenio Ad-Referendum de fecha 7.06.91 aprobado mediante la Resolución DGOP N°392 de fecha 24.06.91 que modifica el convenio Ad-Referendum de fecha 21.11.88, aprobado por la resolución DGOP N°592 de fecha 27.12.88. Este nuevo convenio se redujo a escritura pública con fecha 30.07.91. En este convenio se modificó el caudal que se desea transportar por el canal Choapa que ahora es de 2.0 m³/s y las fechas de pago de las indemnizaciones.

En relación con el Estudio Integral de Riego del río Choapa, los derechos concedidos al señor Corona no afectan al posible uso para riego del canal Choapa puesto que si se producen interferencias entre la minicentral y el riego caduca ipso-facto la posibilidad de usar la servidumbre; pero si como conclusión de este estudio no se utilizara el canal Choapa en sus primeros 10.40 kilómetros y no se construyera el embalse Cerrillos, el señor Corona podría continuar considerando el proyecto de la minicentral Choapa.

2.3 CENTRALES HIDROELECTRICAS EN PRESAS DE RIEGO

Se estudiará la prefactibilidad de instalar una central hidroeléctrica utilizando la presa del embalse Canelillo, que es el único que dispone de un caudal de entrega a riego de cierta magnitud y una altura de caída que podría resultar conveniente.

En el embalse Cerrillos no se estudiará una central hidroeléctrica, pues en este caso, aunque también se dispone de un caudal de riego de cierta magnitud, la altura de caída de la central es pequeña, ya que el canal que extraería las aguas desde este embalse es el canal Choapa que está ubicado a una cota muy elevada. Cabe hacer presente que el embalse Cerrillos tiene un nivel máximo estimado a la cota 347,0 m s.n.m. y su nivel mínimo a la cota 314.5 m s.n.m. La cota del canal Choapa al pasar por el sitio de presa es la 337,0 m s.n.m. De lo anterior se desprende que sólo sería utilizable el 31% de la caída que podría entregar el embalse. Por este motivo se eliminó el análisis de una central en esta presa.

3. AGUA POTABLE

Actualmente la Sociedad de Ingeniería y Planificación Ltda. (IPLA) está realizando para la Dirección General de Aguas un estudio que se denomina "Análisis del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile". En este estudio se analizan todas las demandas de agua actuales y futuras, consideradas por cuencas.

En la cuenca del río Choapa, este estudio ha consultado el abastecimiento de agua potable para las localidades que se indican en el cuadro siguiente:

LOCALIDAD	POBLACION (hab.)		DEMANDA BRUTA (l/s)	
	año 1992	año 2017	año 1992	año 2017
Illapel	17.576	24.395	40.69	56.47
Salamanca	7.067	8.603	16.36	19.92
El Tambo	1.041	1.267	1.20	1.47
Chellepín	998	1.215	1.16	1.41
Cuncumén	830	1.010	0.96	1.17
Tranquila	828	1.008	0.96	1.17
Canela Baja	828	870	1.44	1.51
Arboleda grande	560	589	0.58	0.61
Chalinga	534	561	0.56	0.58
T O T A L	30.262	39.518	63.91	84.31

Las fuentes de abastecimiento de agua potable para estas localidades se ubican próximas a ellas. En particular, las ciudades de Illapel y Salamanca captan sus caudales de agua potable de los ríos Illapel y Choapa respectivamente.

No se contempla utilizar las obras de regulación estudiadas para riego con fines de abastecimiento de agua potable pues estas obras se encuentran muy distantes de los centros de población.

4. USOS INDUSTRIALES Y MINEROS

En el mismo Informe de IPLA ya mencionado, se indica que en la cuenca del río Choapa actualmente existe una demanda bruta de agua para usos industriales de 14 l/s, que sirve para abastecer a una Cooperativa Agrícola.

La proyección de las demandas industriales futuras para el año 2017 que realiza dicho informe considera una demanda bruta de 60 l/s.

En cuanto a los usos mineros, según el informe de IPLA, la Dirección General de Aguas ha concedido derechos de aprovechamiento por un total de 7 l/s a las siguientes empresas:

NOMBRE	FUENTE	CAUDAL l/s
ANACONDA S.A.	R. Pelambres	5
SOC. MINERA LA CHAMUSCADA	E. Las Palmas	2

La proyección futura de usos mineros consulta una demanda bruta de 10 l/s.

No se considerará utilizar las obras de regulación seleccionadas para riego con fines de abastecimiento de aguas para industrias y plantas mineras, pues éstas se encuentran muy alejadas de estas obras.

6.1.6 FORMULACION DE ALTERNATIVAS DE RIEGO**1. GENERALIDADES**

Bajo este punto se darán a conocer los sistemas de riego que se han visualizado como los más adecuados para regar el área del proyecto bajo la premisa básica de dar el máximo de utilización al recurso hídrico disponible y a la infraestructura de riego existente.

En este esquema se debe privilegiar el aprovechamiento de las aguas del río Choapa, que es el río principal del sistema hídrico del área del proyecto, regulando su aporte. Al regular el río Choapa, se regula gran parte del recurso hídrico disponible.

Por otra parte se debe privilegiar el riego de las zonas altas de la cuenca, por cuanto en ellas es posible, por razones de clima, disponer cultivos de más alta rentabilidad. Así entonces, se debe tratar de implantar regulaciones (embalses) en las zonas más altas posibles de la cuenca.

Teniendo presente estos conceptos básicos se han estudiado todas las posibles soluciones de embalse en los diferentes valles del área del proyecto, resultando técnicamente aceptable sólo cinco embalses, a saber:

- Cerrillos y Canelillo en el río Choapa
- Las Astas en el estero Limáhuida
- Corrales en el estero Camisas y
- Canela Baja en el estero La Canela

De los cinco embalses antes mencionados, los cuatro primeros pueden interrelacionarse mediante sistemas de canales, y por lo tanto pueden constituir sistemas de riego. El embalse Canela Baja, por su ubicación tan aislada en la zona baja de la cuenca, no puede interrelacionarse con el resto de los embalses, y por lo tanto debe justificarse económicamente en forma aislada.

Sobre la base de lo anteriormente expuesto, se visualizan dos sistemas de riego para desarrollar el riego futuro del área del proyecto, denominados Sistema de Riego A y Sistema de Riego B.

Sistema A: Compuesto por los embalses Canelillo, Las Astas, Corrales y su sistema de canales asociados, y el.

Sistema B: Compuesto por los embalses Cerrillos, Las Astas, Corrales y su sistema de canales asociados.

Los canales Canelillo Norte y Canelillo Sur son alternativos. Mediante el uso del modelo se definirán sus capacidades y las áreas asociadas a cada uno de ellos, para así determinar cual de los dos es económicamente más conveniente.

Además, de las obras antes indicadas, este Sistema cuenta con todas las fuentes hídricas del área del proyecto, vale decir: los ríos Choapa, Illapel y Chalinga, los esteros Camisas, Limáhuida, Millahue, Quilmenco, Auco, Atelcura, La Canela y los acuíferos identificados como Cuncumén - Salamanca, Chalinga, estero Camisas, Salamanca - Las Juntas, Illapel, Coyuntagua - Tunga Norte, Estero La Canela y Mincha - Desembocadura.

Los recursos hídricos antes mencionados se usarán para definir a través de un Modelo de Simulación Operacional de Riego, las superficies ubicadas en los diferentes sectores del Sistema de Riego A que se regarían con 85 % de seguridad.

La secuencia de operación del modelo será la siguiente:

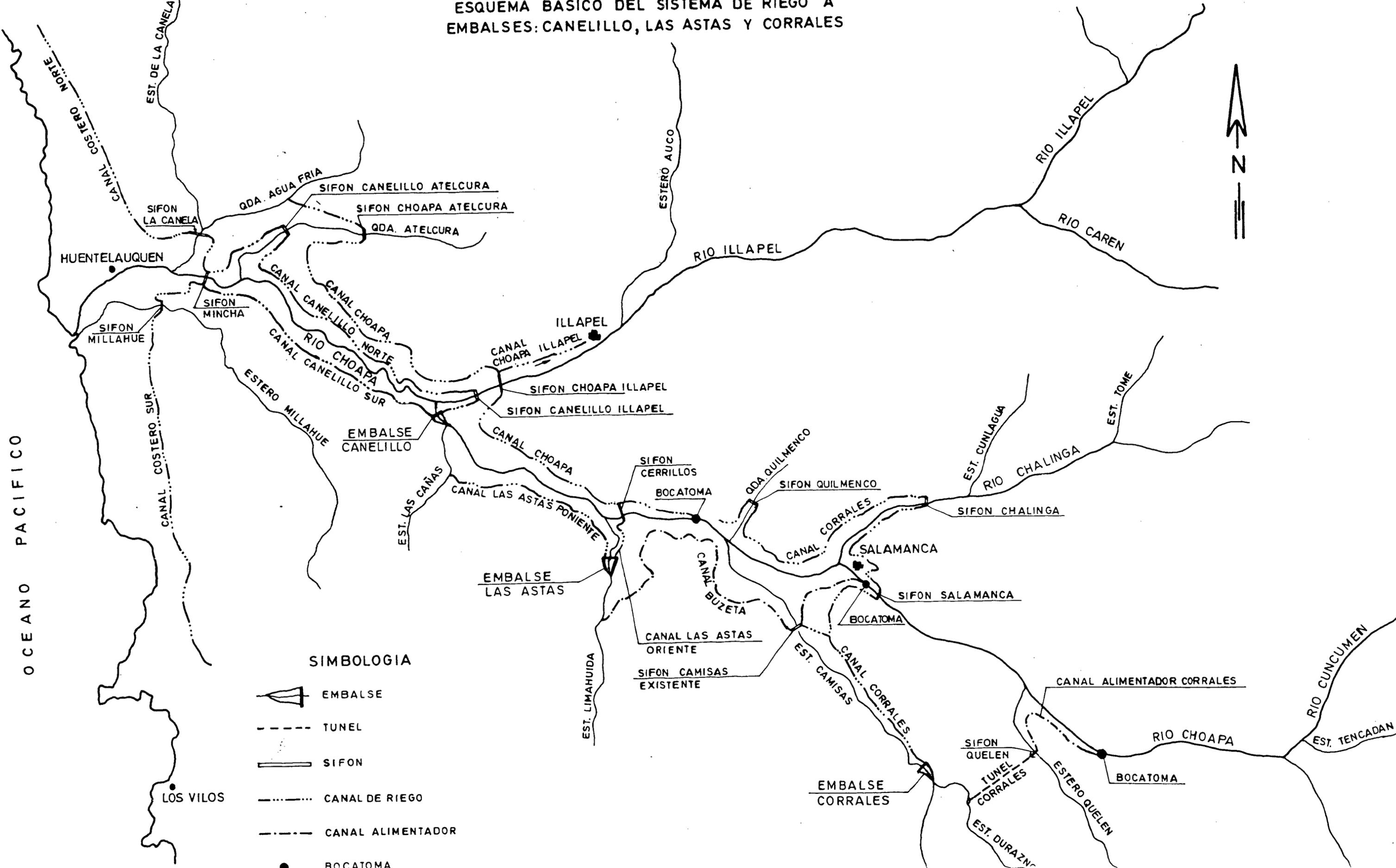
- 1° Utilización de los recursos hídricos superficiales no regulados.
- 2° Utilización de los recursos regulados.
 - a) Sin bombeo
 - b) Con bombeo desde el embalse
- 3° Utilización de los embalses subterráneos mediante bombeo desde los acuíferos.

PROYECTO CHOAPA

ESQUEMA BASICO DEL SISTEMA DE RIEGO "A"

EMBALSES: CANELILLO, LAS ASTAS Y CORRALES

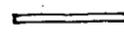
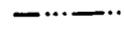
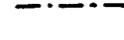
FIGURA 6.1.6-1



OCEANO PACIFICO



SIMBOLOGIA

-  EMBALSE
-  TUNEL
-  SIFON
-  CANAL DE RIEGO
-  CANAL ALIMENTADOR
-  BOCATOMA

vez que el nivel del embalse esté por debajo de la cota del canal. Este hecho da origen a una obra de impulsión capaz del caudal máximo del canal Choapa. La altura de elevación máxima es del orden de los 25 m columna de agua.

El sistema de Riego B, cuenta con los mismos recursos hídricos del Sistema A pero regulados con distintos volúmenes de regulación y distribuidos con distintas obras de riego. Además, el Sistema B requiere instalar una estación de bombeo para alimentar al canal matriz Choapa de relativa importancia y que podría influir en la evaluación económica de esta solución (sistema B).

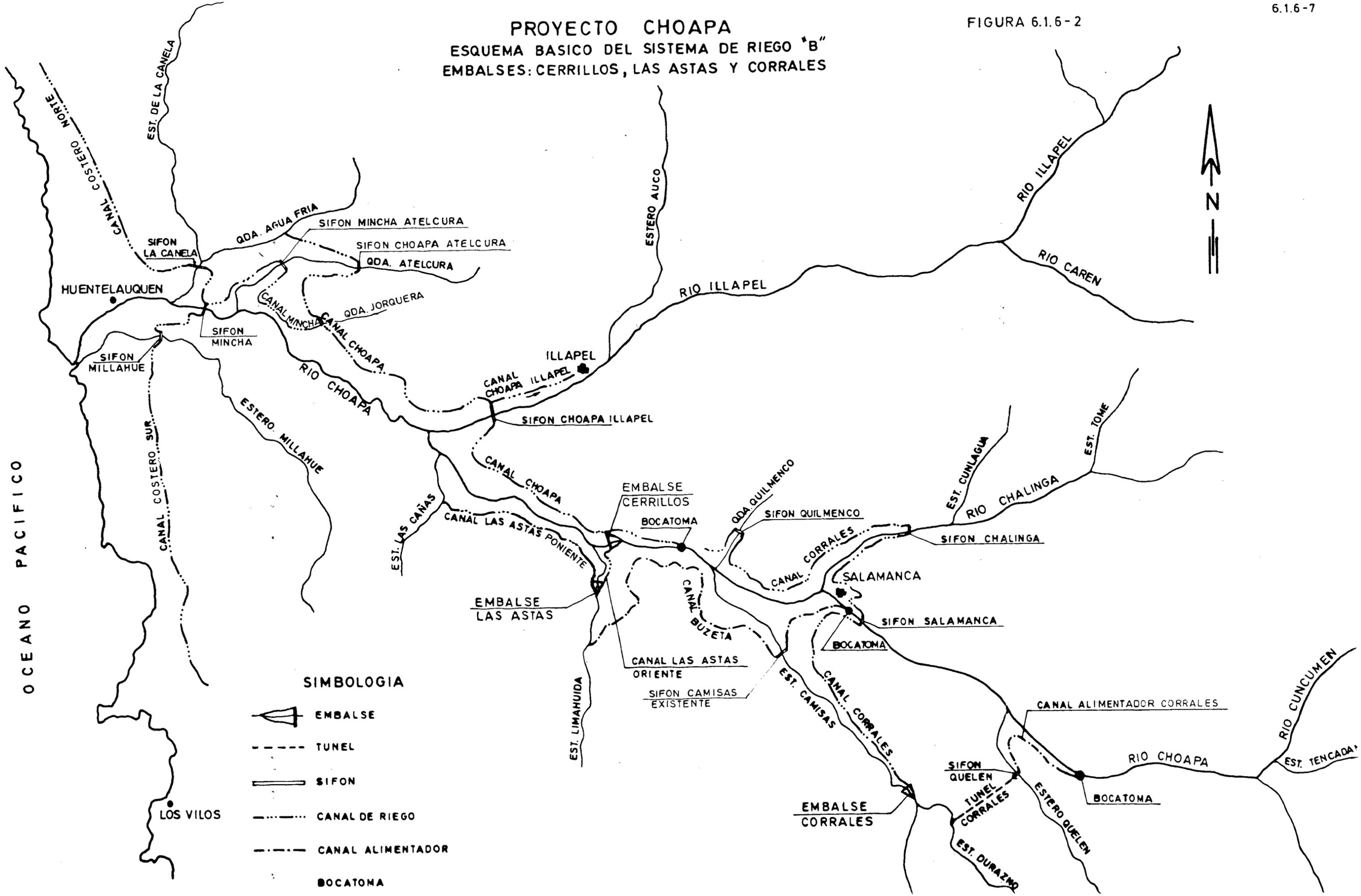
El modelo de Simulación Operacional del Sistema de Riego Choapa definirá las superficies que se regarían con el Sistema de Riego B con 85 % de seguridad y, en forma análoga a como lo hace para el Sistema de Riego A, habida consideración de los cambios topológicos que requiere el modelo para Simular el Sistema de Riego B.

Sobre la base de los resultados se podría elegir el sistema de riego más apropiado para regar integralmente el área del proyecto.

PROYECTO CHOAPA

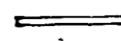
ESQUEMA BASICO DEL SISTEMA DE RIEGO "B"

EMBALSES: CERRILLOS, LAS ASTAS Y CORRALES



OCEANO PACIFICO

SIMBOLOGIA

-  EMBALSE
-  TUNEL
-  SIFON
-  CANAL DE RIEGO
-  CANAL ALIMENTADOR
-  BOCATOMA

LOS VILOS



6.2 ANTEPROYECTO DE LAS OBRAS EXTRAPREDIALES**6.2.1 ASPECTOS TOPOGRAFICOS****1. ANTECEDENTES**

Los levantamientos topográficos que se han confeccionado para el desarrollo de la presente Consultoría se han basado en los antecedentes básicos que se indican a continuación:

- Fotogramas a escala 1:20000. Vuelo SAF-92.
- Levantamiento aerofotogramétrico a escala 1:10000 para toda la zona del proyecto realizado por la empresa GEOINGENIERIA LTDA. en el año 1992 para la Comisión Nacional de Riego.

2. METODOLOGIA

Los planos topográficos para este estudio se elaboraron mediante restituciones aerofotogramétricas. Se confeccionaron planos a escala 1:2000 de las zonas de las presas Cerrillos, Canelillo, Corrales y Las Astas, los que fueron elaborados utilizando los fotogramas a escala 1:20000 del vuelo SAF-92.

Mediante estos fotogramas, película infrarrojo color, que cuentan con el apoyo en terreno realizado para el levantamiento aerofotogramétrico a escala 1:10000 realizado por GEOINGENIERIA LTDA., se hizo una restitución a escala 1:4000, con curvas de nivel cada 2 metros. Luego se amplió la escala para obtener finalmente una digitalización en escala 1:2000. El instrumento utilizado tanto en la restitución como en la ampliación fue un estereorestituidor SANTONI II-C de primer orden, para la parte analógica, y el Programa INTEGRAPH, para la parte analítica.

El producto final obtenido es un plano a escala 1:2000, con precisión acorde a la escala 1:4000.

3. LEVANTAMIENTOS EFECTUADOS

Sobre la base de los antecedentes y la metodología antes mencionados se efectuaron los siguientes levantamientos aerofotogramétricos a escala 1:2000 en las zonas de los embalses que se indican:

EMBALSE	SUPERFICIE (ha)
1. Cerrillos	68,00
2. Canelillo	46,10
3. Corrales	48,14
4. Las Astas	67,40

Estos levantamientos abarcan una superficie tal que fue posible dibujarlos a escala 1:2000 en una lámina cada uno, y se han entregado formando parte de los respectivos anteproyectos de las obras de cada embalse en particular.

6.2.2 ASPECTOS GEOTECNICOS

1. INTRODUCCION

El objetivo de las prospecciones realizadas es levantar las principales incógnitas que normalmente se tienen para evaluar adecuadamente las principales obras de un Sistema de Riego. De acuerdo a la importancia relativa de las obras se fijó un plan, de común acuerdo con la Comisión Nacional de Riego, para definir esas incógnitas, hasta donde fuera posible, a base de sondajes eléctricos verticales (S.E.V.), pozos y perfiles geofísicos.

1.1 PROSPECCIONES EN PRESAS

Los diseños de las presas quedan fuertemente condicionados por dos aspectos principales, a saber:

- las características de su fundación y
- la existencia de materiales apropiados en las cercanías de las presas

Para definir las características de la fundación de las presas se diseñó para cada una de ellas un plan de prospecciones que se muestra en el plano denominado "Prospecciones Zona de Presas" (643-4d2-1).

El propósito fundamental era definir la profundidad del fluvial en las angosturas y también reconocer las características del relleno fluvial y del basamento rocoso de cada una de ellas. Para esto, se eligió la herramienta más utilizada, vale decir, el método de refracción sísmica, apoyado con sondajes eléctricos verticales. Conociendo la profundidad del basamento rocoso y las características del relleno fluvial, se define la magnitud de la pantalla impermeable de cada presa. Conocida la magnitud de cada pantalla se puede evaluar su costo, que es un ítem importante en el presupuesto de cada embalse.

En las zonas de las presas de Canelillo y Corrales no se prospectó la angostura propiamente tal, debido a que ellas tenían roca de buena calidad geotécnica a la vista a lo largo de toda la traza de la presa. Sin embargo, se hicieron prospecciones geofísicas en los portezuelos adyacentes a las angosturas rocosas para asegurarse que no era necesario disponer de pantallas de impermeabilización en ellos.

Cuando hubo necesidad de cuantificar yacimientos para los espaldones de las presas se dispusieron calicatas que definieran sus características. Este hecho se dio en el caso de la presa Corrales ya que el Estero Camisas no tenía suficiente material pétreo en el área de la presa.

Para el resto de las presas no se prospectaron yacimientos de áridos por cuanto el río Choapa los tiene en abundancia y con buenas características geotécnicas.

1.2 PROSPECCIONES EN SIFONES

Para los sifones se hicieron pozos de reconocimiento destinados principalmente a definir las fundaciones de las cámaras de entrada y salida de los sifones y de los machones de anclaje de la tubería.

Los pozos propuestos para prospectar los sifones se indican en el plano denominado "Prospecciones Pozos de Sifones y Yacimientos" (643-4d2-2).

1.3 PROSPECCIONES EN CANALES MATRICES

Dado que se disponía del Canal Matriz Choapa que en si mismo constituía una excelente muestra de las condiciones geotécnicas de los canales matrices, y además se cuenta con una gran cantidad de canales dispersos en toda el área del proyecto, no se consideró necesario hacer prospecciones especiales para evaluar estas obras.

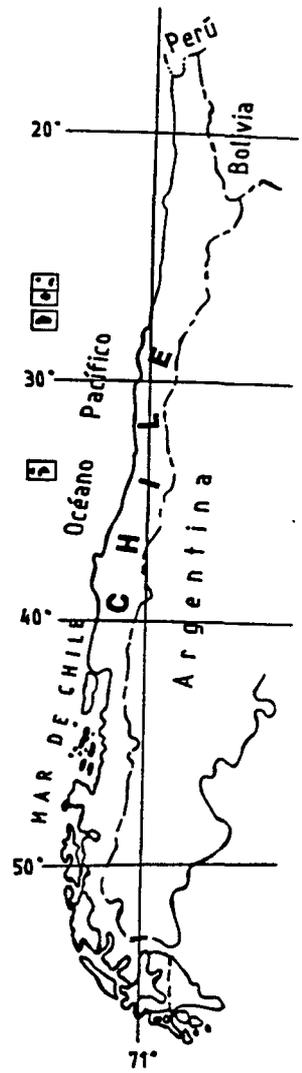
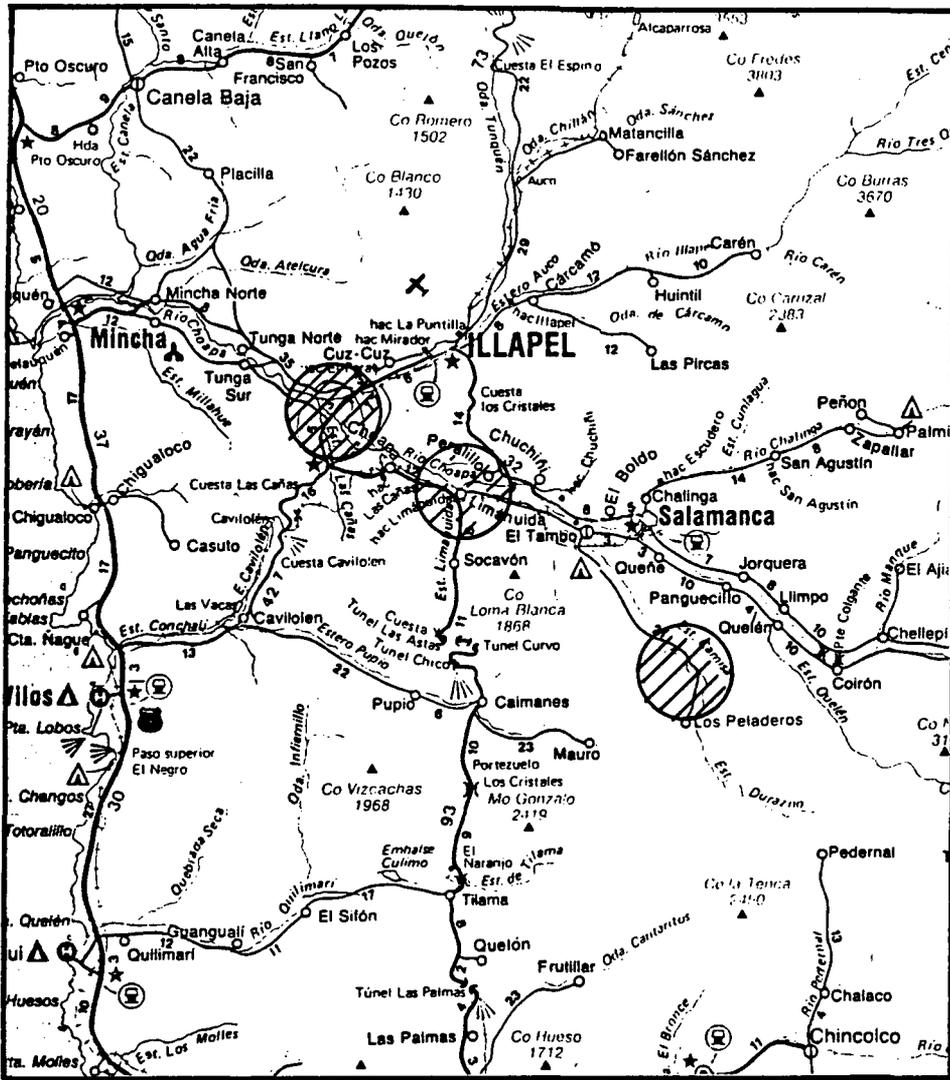
6.2.2.1 EXPLORACION GEOFISICA**1. INTRODUCCION**

A solicitud de la empresa de ingeniería INGENDESA y para la Comisión Nacional de Riego, C.N.R., quien evalúa el proyecto denominado "Estudio Integral de Riego - Proyecto Choapa, IV Región" se ejecutó el presente estudio sísmico en la cuenca del río Choapa, Fig. 6.2.2.1 - 1

Con la finalidad de caracterizar geotécnicamente el subsuelo, precisar el espesor de los sedimentos y la profundidad de la roca se investigaron 4 sectores, Corrales, Cerrillos, Las Astas y Canelillo, con los métodos de refracción sísmica y sondajes eléctricos verticales, SEV.

Se ejecutaron 2.875 m de refracción sísmica y 5 S.E.V. cuyos resultados revelan en general la existencia de una cuenca con poco desarrollo fluvial. Presenta un bajo espesor de sedimentos y una roca de buena calidad geomecánica.

En este informe se detallan estos resultados a la vez que se entregan los antecedentes obtenidos en terreno.



PLANO UBICACION
EXPLORACION GEOFISICA



Area de Estudio
Escala Aprox. 1:500.000

FIGURA 6.2.2.1-1

2. METODOLOGIA

2.1 METODO DE REFRACCION SISMICA

En la investigación del subsuelo de sitios en que se proyecta la construcción de obras civiles tales como túneles, tranques, represas, etc., se hace cada vez más corriente el uso de los métodos geofísicos para complementar y programar los estudios que definen los sectores con mejores condiciones geodinámicas para su emplazamiento.

El método geofísico aplicado con mayor frecuencia es el de Refracción Sísmica. Este método permite diferenciar los estratos del subsuelo de acuerdo a las velocidades de propagación de ondas elásticas de compresión dentro de ellos. Así mismo, permite calcular la profundidad a las diversas interfaces y el posible buzamiento de horizontes refractores.

2.1.1 Ondas Sísmicas

La técnica consiste en generar ondas elásticas mediante explosiones o golpes en la superficie y medir el tiempo que se demora la energía en propagarse desde la fuente u origen a cada uno de una serie de detectores o geófonos ubicados a lo largo de una línea. Conocido el arreglo geométrico fuente - detectores y el tiempo de viaje de las ondas compresionales, es posible la construcción de los Diagramas "Camino-Tiempo", que constituyen la base de la interpretación posterior.

Para una mejor resolución del subsuelo, en especial cuando las interfaces no son paralelas, se generan explosiones en ambos extremos del perfil.

A partir de las curvas "Camino-Tiempo", se elige el modelo que mejor se ajusta al conjunto de datos de terreno y se afina la interpretación, considerando las condiciones topográficas y geológicas de superficie. Se obtiene así una interpretación en forma de corte o perfil a lo largo de la línea investigada, en la que se muestra las capas del subsuelo y sus espesores. Además, se sugiere una correlación probable con estratos geológicos.

Sin embargo, es importante destacar que el método de refracción sísmica en si mismo, sólo diferencia capas de acuerdo a las velocidades de propagación de ondas elásticas en ellas. La correlación geológica se establece posteriormente, en lo posible, con información adicional tal como sondajes y reconocimiento geológico superficial.

Las informaciones de profundidad que da el método, deben entenderse como distancias a las interfaces determinadas y no son por lo tanto necesariamente verticales. Así mismo los manteos son aparentes, determinados sobre un plano que contiene la línea de perfil.

2.1.2 Hipótesis del método sísmico

Para el éxito de una prospección sísmica es necesario además que las características del subsuelo sean lo más aproximadas a las siguientes hipótesis que emplea el método:

- El subsuelo está dividido en capas planas de cualquier inclinación.
- La velocidad de propagación de ondas elásticas es constante dentro de cada capa.
- Las velocidades de capas sucesivamente más profundas son sucesivamente mayores.
- Las capas son de un espesor suficiente para poder apreciar la onda refractada en ellas.

Los resultados de un estudio de refracción sísmica serán tanto más confiables, cuanto mejor se cumplan las hipótesis postuladas. En general, la precisión del método varía entre un 80 y un 90%.

La teoría del método de refracción sísmica y los diversos procedimientos de interpretación se encuentran suficientemente difundidos en las publicaciones especializadas por lo que no se entra en el detalle de esta materia.

2.2 METODO GEOELECTRICO

El método empleado durante el estudio consistió en la realización de Sondajes Eléctricos Verticales (S.E.V.).

Este método tiene como objetivo investigar la distribución vertical de resistividades eléctricas bajo el punto central del dispositivo usado.

La condición ideal para la aplicación del método de Sondajes Eléctricos es que el subsuelo corresponda a una formación de capas homogéneas y además planas y paralelas entre sí y al suelo superficial.

Experimentalmente se demuestra, sin embargo, que la respuesta es adecuada incluso para inclinaciones de hasta 30°.

A fin de medir en terreno los parámetros a interpretar, se usa un sistema doble de electrodos tanto de emisión (A B) como de recepción (M N). Leyendo la corriente entregada en A B y el potencial en M N es posible determinar a través de correcciones geométricas un valor de resistividad aparente.

El sistema electródico usado en esta oportunidad fue el tipo "Schlumberger", que resulta ser más adecuado para este tipo de prospecciones.

Las resistividades aparentes obtenidas durante el desarrollo del estudio se llevan en coordenadas bilogarítmicas a un gráfico contra la apertura de los electrodos transmisores AB/2. La curva obtenida constituye el dato de terreno que luego se usa en la interpretación de los S.E.V. (ver ANEXO).

Esto último se logra a través de curvas patrones o por un software especialmente desarrollado para este tipo de trabajo y de sistemas numéricos sofisticados que implica iterar las numerosas soluciones posibles.

2.2.1 Resistividades y equivalencia litológica

La resistividad de los medios no depende en general de los agregados sólidos que lo componen, ya que normalmente los minerales constitutivos de las rocas (silicatos) son perfectamente aislantes.

La excepción a este caso general la constituyen los minerales conductores tales como algunos sulfuros, metales nativos, grafito y en cierta medida las arcillas por fenómenos de polarización de las moléculas de agua adheridas.

Sin embargo, todos los medios geológicos presentan mayor o menor porosidad y/o fracturamiento, que el estar rellenas con electrólitos les dan un carácter conductor. A su vez, el aumento en la concentración de sales disueltas en los fluidos que rellenan los poros, aumenta considerablemente el carácter de las rocas.

Es por ello que en general la resistividad de un medio estará asociada a su porosidad, contenido de electrólitos o arcillas.

La lista siguiente, muestra los rangos normales de resistividades que se encuentran en las formaciones que se señalan:

Margas	1-10 ²	ohm-m
Arcillas	1-20 ²	ohm-m
Limos	10-10 ²	ohm-m
Arenas	10-10 ³	ohm-m
Gravas	10-10 ⁴	ohm-m
Agua dulce	30-10 ³	ohm-m
Agua salada	0.1-1	ohm-m
Rocas consolidadas	10 ³ -10 ⁵	ohm-m
Rocas meteorizadas	10 ² -10 ³	ohm-m
Rocas descompuestas	10-10 ²	ohm-m

Como se aprecia de la tabla anterior el rango de diferentes suelos se traslapa y la correlación entre litología y resistividad dependerá del conocimiento de la geología y las características propias de cada zona.

3. INSTRUMENTAL

3.1 SISMICO

Se empleó un Sismógrafo Geometrics ES1225-, de 12 canales con registro digital y memoria acumulativa. Su resolución en la lectura del tiempo de recorrido de onda es 0,2 milisegundo.

Este instrumento permite acumular sistemáticamente la energía de ondas producidas por una serie de impactos, analizar individualmente cada una de ellas, rechazar o aprobar cada registro y sumar a los registros anteriores.

Para la detección de ondas sísmicas compresionales, se usaron geófonos o sensores verticales.

Junto al sismógrafo, se usó en terreno un computador portátil, de manera que todos los registros quedaron almacenados en diskettes para su posterior procesamiento.

3.2 GEOELECTRICO

Se empleó un equipo Scintrex de 2.5 kwatt de potencia con un resistivímetro compensado para control de los potenciales espontáneos del suelo. Este tiene resolución de 0.2 m volt.

4. TRABAJOS DE TERRENO

Los trabajos se iniciaron con una visita previa a los lugares de investigación sísmica. Esta se efectuó los días 7 y 8 de septiembre.

Posteriormente se continuó con la ubicación de perfiles y materialización a través de estacas de madera mientras que simultáneamente se iniciaron los trámites de compra y transporte de explosivos.

Los trabajos sísmicos propiamente tales se iniciaron el día 13 de septiembre en el área de Cerrillos. Más tarde se continuó con las áreas de Corrales, Las Astas y finalmente Canelillo.

Para la ubicación de los perfiles se empleó un sistema GPS, de posicionamiento satelital, y posteriormente se ajustó a la mejor topografía existente.

A continuación se entregan las coordenadas de los extremos de cada perfil, sin embargo es necesario destacar que por la metodología empleada ésta puede llegar a tener variaciones de ± 5 m que no son relevantes para los resultados sísmicos.

TABLA N° 6.2.2.1-1
COORDENADAS UTM EXTREMOS PERFILES SÍSMICOS

Embalse	Perfil	Coordenada Inicial	Coordenada Final	
Corrales	FCO-1	N 6.468.080	N 6.468.016	
		NW E 319.500	SE E 319.590	
	FCO-2	N 6.468.032	N 6.468.093	
		SW E 319.527	NE E 319.544	
Cerrillos	FCE-2	N 6.485.730	N 6.485.902	
		NW E 296.465	NE E 296.536	
	FCE-3	N 6.485.738	N 6.485.948	
		SW E 296.326	NE E 296.551	
	FCE-4	N 6.485.843	N 6.486.006	
		SW E 296.220	NE E 296.394	
	FCE-5	N 6.485.843	N 6.486.030	
		SW E 296.142	NE E 296.314	
	FCE-6-7	N 6.485.815	N 6.485.978	
		SW E 296.488	NW E 296.208	
	Las Astas	FAS-1	N 6.481.805	N 6.481.723
			W E 295.730	E E 296.354
FAS-2		N 6.481.836	N 6.481.726	
		N E 295.941	S E 295.930	
FAS-3		N 6.481.828	N 6.481.720	
		N E 296.000	S E 295.939	
FAS-4		N 6.481.849	N 6.481.668	
		N E 296.137	S E 296.112	

Canelillo	FCA-1	N	6.493.488	N	6.493.554
		SE		NE	
		E	284.032	E	284.262
	FCA-2	N	6.493.608	N	6.493.440
		E	284.108	S	
				E	284.150

Los trabajos terminaron el día martes 27 de septiembre.

5. RESULTADOS

Estos se muestran en las figuras siguientes a través de planos de ubicación y de secciones geosísmicas. Al final de este capítulo se muestra en un plano a escala 1 a 50.000 la ubicación generalizada de los sectores investigados.

A continuación se detallan estos resultados.

5.1 EMBALSE CORRALES

Este se ubica aproximadamente a 20 Km al Sur-Este de Salamanca, aguas arriba del Estero Camisas y sus resultados se muestran en las Figuras 6.2.2.1-2A, 6.2.2.1-2B y 6.2.2.1-6).

Se ejecutaron 2 perfiles con los siguientes resultados.

- Cubierta Sísmica. Tiene velocidad sísmica de 700 m/seg y un espesor promedio de 2 m. Se trata de sedimentos sueltos.
- Capa Sísmica Intermedia. Tiene velocidad sísmica de 1200 m/seg con un espesor promedio de 15 m. Los antecedentes de terreno demuestran que se trata de roca meteorizada.
- Basamento Rocoso. Tiene velocidad sísmica variable entre 3800 y 4200 m/seg reflejando a una roca de buena calidad geomecánica.

5.2 EMBALSE CERRILLOS

Este sector se ubica inmediatamente 10 Km al Sur de Illapel y sobre la cuenca del río Choapa.

Los resultados de los perfiles sísmicos efectuados para esta presa se muestran en las Figuras 6.2.2.1-3A, 6.2.2.1-3B y 6.2.2.1-6).

5.2.1 Secciones sísmicas

Se ejecutaron 4 perfiles longitudinales y uno transversal al valle obteniéndose los siguientes resultados.

- Capa Superficial. Tiene velocidad sísmica variable entre 400 y 850 m/seg y un espesor variable entre 1 y 15 m. El menor espesor se detectó en la ribera Sur del valle, perfiles 3 y 7, mientras que los mayores espesores se calcularon en los perfiles 5 y 6, ribera Norte.
- Capa Intermedia. Tiene velocidad sísmica variable entre 2300 y 3000 m/seg con espesores variables entre 6 y 30 m.

Este nivel se detectó solamente en los perfiles 3 y 7 y según los antecedentes de terreno, especialmente en perfil FCE-3, debiera corresponder a roca meteorizada. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que en este rango de velocidad sísmica coexisten indistintamente gravas consolidadas con rocas meteorizadas y/o fracturadas.

Por otra parte es probable que al tratarse de roca meteorizada ésta se encuentre regularmente en todo el sector y que debido al mínimo espesor que presentaría, menor que 3 m, no se manifieste sísmicamente.

- Basamento Rocoso. Tiene velocidad sísmica variable entre 4000 y 5800 m/seg caracterizando a una roca de muy buena calidad geomecánica.

5.2.2 Sección Geoeléctrica

En este embalse se investigaron además los materiales que forman parte del valle del río Choapa.

Se ejecutaron 3 sondajes eléctricos verticales, S.E.V., cuyos resultados se muestran en la Figura 6.2.2.1-3C y demuestran lo siguiente:

- Capa Resistiva Superficial. Compromete los primeros 10 a 15 m conformando un medio heterogéneo. Se observaron altas y bajas resistividades correlacionándose con gravas, bolones secos y arenas arcillosas respectivamente.

Es importante destacar que los materiales de baja resistividad se ubican preferencialmente en la base de este nivel, situación reiterada en todos los S.E.V. ejecutados en el área.

- Basamento Rocoso. Presenta valores de alta resistividad, mayores de 200 ohm-m caracterizando a un basamento parcialmente saturado a un basamento cristalino sano y seco en los valores de mayor resistividad.

5.3 EMBALSE LAS ASTAS

Se ubica en el valle del estero Limáhuida, 3 km al Sur del embalse Cerrillos.

Se ejecutaron 4 perfiles sísmicos, 3 longitudinales y 1 transversal al valle. Además se realizaron dos sondeos eléctricos.

Los resultados obtenidos se detallan a continuación :

5.3.1 Secciones Sísmicas

Los resultados se muestran en las Figuras 6.2.2.1-4A, 6.2.2.1-4B y 6.2.2.1-6).

Se interpretaron 3 horizontes sísmicos:

- Cubierta. Tiene velocidad de onda compresional variable entre 400 y 800 m/seg. Su espesor máximo es de 10 m en el sector central del perfil FAS-1 y en el FAS-4 Corresponde fundamentalmente a sedimentos sueltos.
- Capa Sísmica Intermedia. Tiene velocidad sísmica de 1800 m/seg y espesor máximo de 30 m, en el extremo Este del perfil FAS-1.

Esta unidad se ha correlacionado con roca descompuesta y sólo fue posible identificarla en los perfiles FAS-1 y FAS-4.

Es posible que también exista en los demás perfiles en cuyo caso ésta unidad debiera tener un espesor menor que 4 m.

- Basamento Rocoso. Tiene velocidad sísmica variable entre 4500 y 5600 m/seg caracterizando a una roca de muy buena calidad geomecánica.

5.3.2 Sección Geoeléctrica

Los resultados se muestran en la Figura 6.2.2.1-4C.

Se identificaron 3 unidades:

- Cubierta Geoeléctrica. Tiene resistividad entre 7 y 100 ohm-m y un espesor promedio de 8 m. En este caso los sedimentos asociados a estas resistividades deben corresponder a arcillas. (baja resistividad) y a gravas (alta resistividad), coexistiendo ambas en las resistividades intermedias.
- Basamento Resistivo. Tiene resistividad mayor que 600 ohm-m y corresponde al basamento rocoso.

5.4 EMBALSE CANELILLO

Este sector se ubica 8 Km al Sur-Oeste de Illapel y en el se ejecutaron 2 perfiles, FCO-1 y FCO-2.

Los resultados obtenidos, que se muestran en las Figuras 6.2.2.1-5A, 6.2.2.1-5B y 6.2.2.1-6, revelan la existencia de 3 capas.

- Cubierta Sísmica. Tiene velocidad de onda compresional media de 650 m/seg. Su máximo espesor es 2 m en el perfil FCO-1. Se trata de sedimento sueltos.
- Capa Intermedia. Tiene velocidad sísmica de 1200 m/seg y un espesor regular de 15 m. Se le ha correlacionado a roca meteorizada y/o fracturada.
- Basamento Rocoso. Tiene velocidad sísmica mayor que 3800 m/seg caracterizando a una roca de buena calidad geomecánica.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

A solicitud de la empresa de ingeniería, Ingendesa, y dentro del marco de estudios que desarrolla la Comisión Nacional de Riego bajo el nombre de "Estudio Integral de Riego - Proyecto Choapa, IV Región" se ejecutó el presente estudio geofísico en la cuenca del río Choapa, ver Fig. 6.2.2.1-1.

Se aplicaron los métodos sísmico y de sondajes eléctricos verticales, S.E.V. El primero de éstos, con la finalidad de caracterizar geotécnicamente el subsuelo y determinar la profundidad del basamento rocoso. El segundo, para determinar el tipo de materiales que forma la cubierta sedimentaria.

Los estudios se desarrollaron en las alternativas de los embalses Corrales, Cerrillos, Las Astas y Canelillo obteniéndose los siguientes resultados.

6.1 ESTUDIO SISMICO

Se detectaron en general 3 horizontes geosísmicos.

- Cubierta. Se trata de sedimentos sueltos detectados en todos los sectores investigados. En general comprometen los primeros 5 m de profundidad y excepcionalmente alcanza valores máximos de 10 y 15 m en los embalses Las Astas y Cerrillos respectivamente.
- Capa Intermedia. Este horizonte fue detectado parcialmente en algunos sectores lo que revela en general un bajo espesor, normalmente menor que 4 m, y de difícil interpretación en los registros sísmicos.

Las observaciones de terreno permiten estimar que se trata fundamentalmente de roca meteorizada y/o fracturada.

- Capa Basal. En general se detectó un basamento rocoso de buena calidad geomecánica.

6.2 ESTUDIO GEOELECTRICO

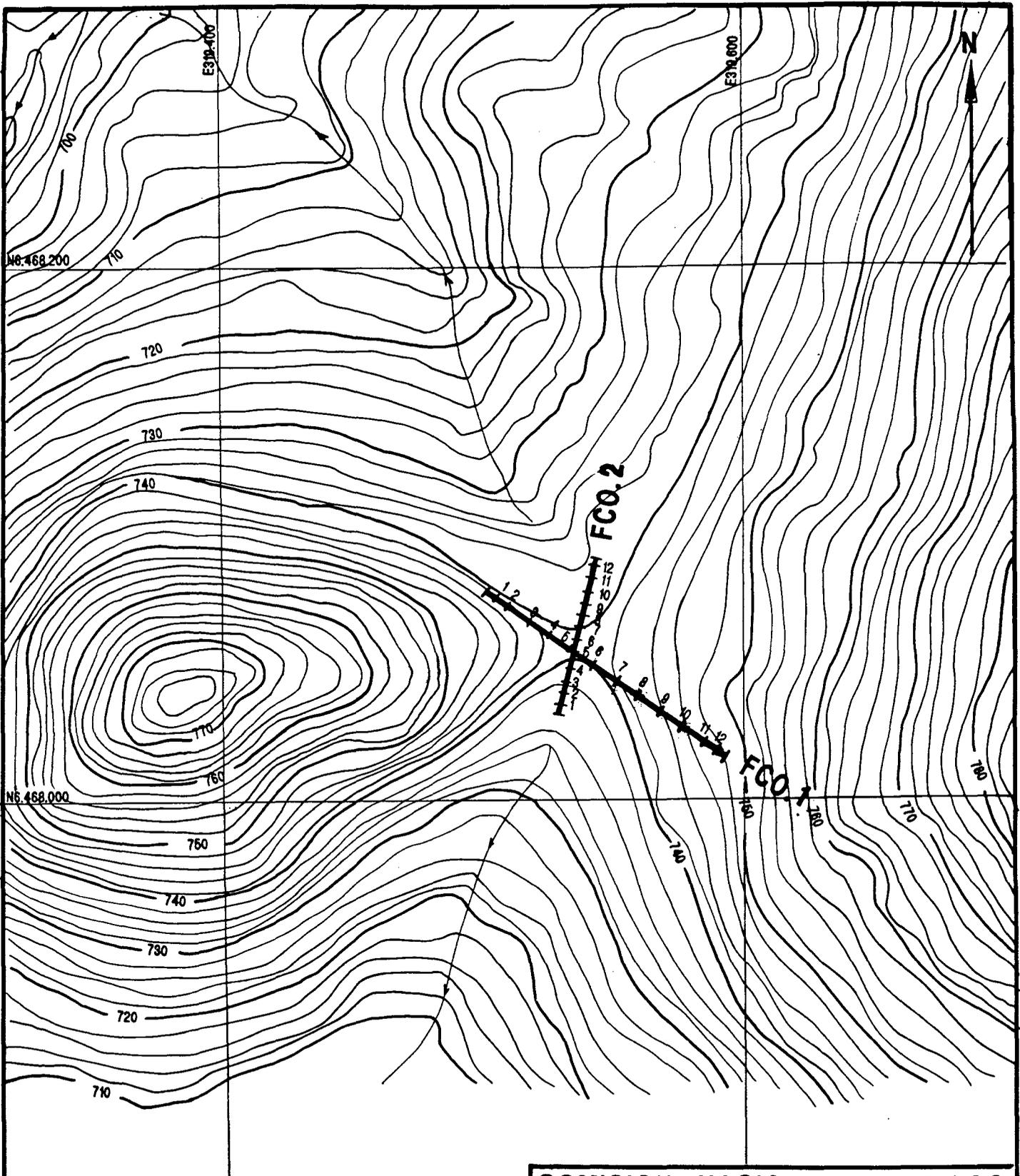
Se ejecutaron 5 sondajes eléctricos verticales, 3 en sector Cerrillos y 2 en Las Astas.

Los resultados revelan los siguientes características:

- Cubierta Sedimentaria. Presenta valores de resistividad

heterogénea en una cubierta con espesores de hasta 15 m. Esta es una característica propia de los valles con poco desarrollo coexistiendo simultáneamente arcillas, arenas gravas y bolones.

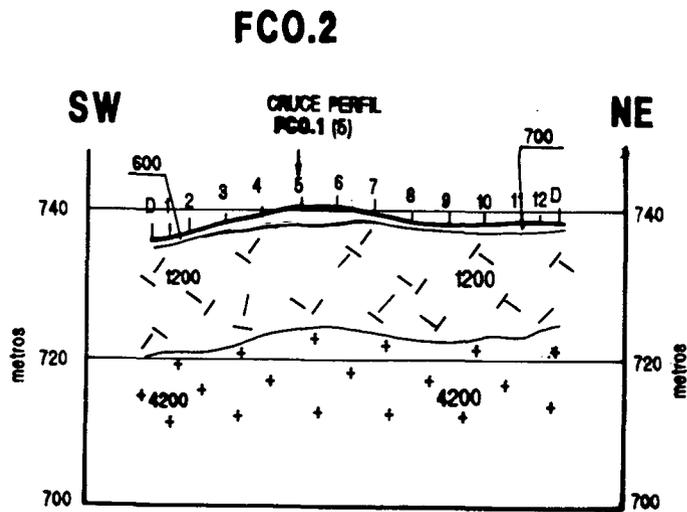
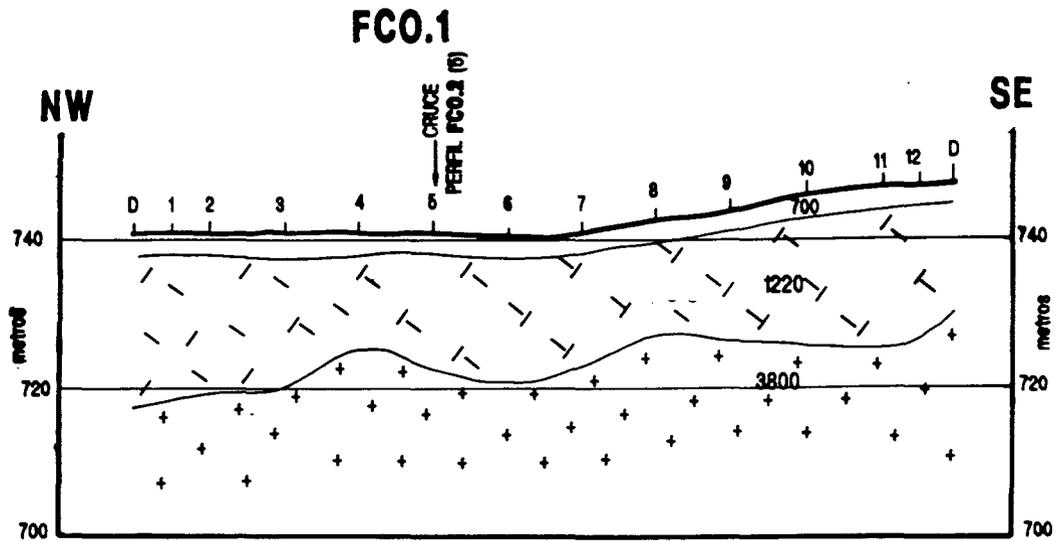
- Basamento Resistivo. La profundidad determinada con este método es coincidente con lo obtenido por la refracción sísmica y lo caracteriza con valores altos de resistividad.



LEYENDA

-  UBICACION GEOFONO
-  PERFIL SISMICO

COMISION NACIONAL DE RIEGO INGENDESA
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO PROYECTO CHOAPA
UBICACION PERFILES SISMICOS EMBALSE CORRALES
<small>GEOEXPLORACIONES S.A. ESCALA 1: 2.000 OCT.94 FIG. 6.2.21-2A</small>



LEYENDA

D

UBICACION PUNTO DISPARO

10

UBICACION GEOFONO

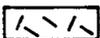
4500

VELOCIDAD SISMICA COMPRESIONAL m/seg

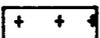
CORRELACION GEOLOGICA TENTATIVA



SEDIMENTOS SUELTOS $500 < V_p < 1000$



SEDIMENTO COMPACTO Y/O ROCA DESCOMPUESTA
 $1000 < V_p < 3000$

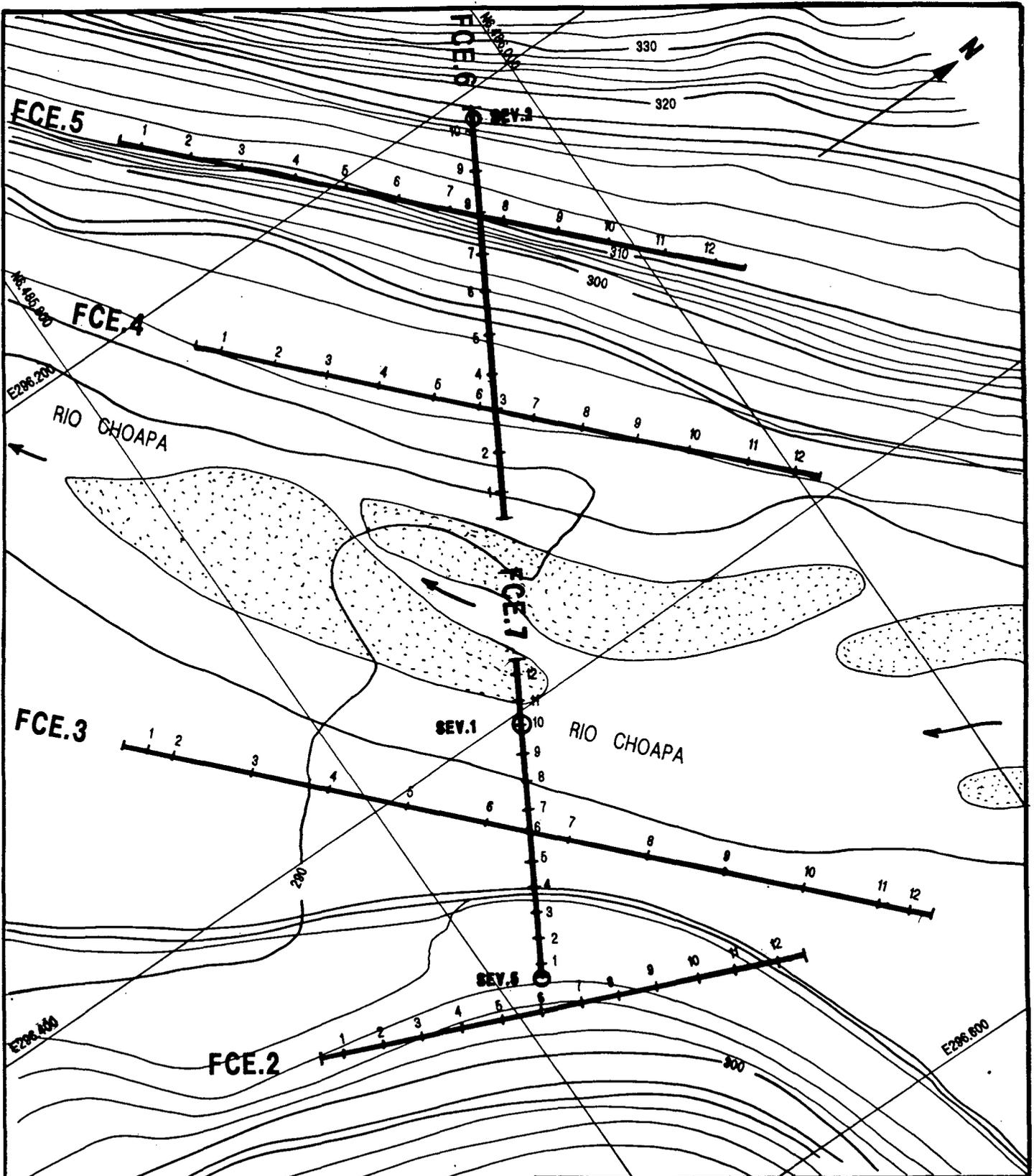


ROCA BUENA CALIDAD GEOMECANICA $V_p > 3000$

**COMISION NACIONAL DE RIEGO
INGENDESA**

**ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
PROYECTO CHOAPA
SECCIONES SISMICAS
EMBALSE CORRALES**

GEOEXPLORACIONES S.A. ESCALA 1:1000 OCT.84 FIG. 6.2.2.1-2B

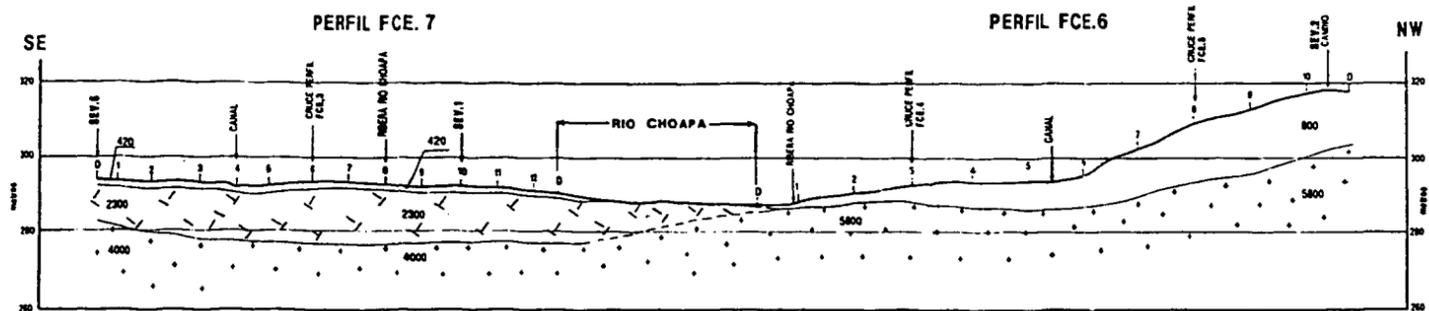
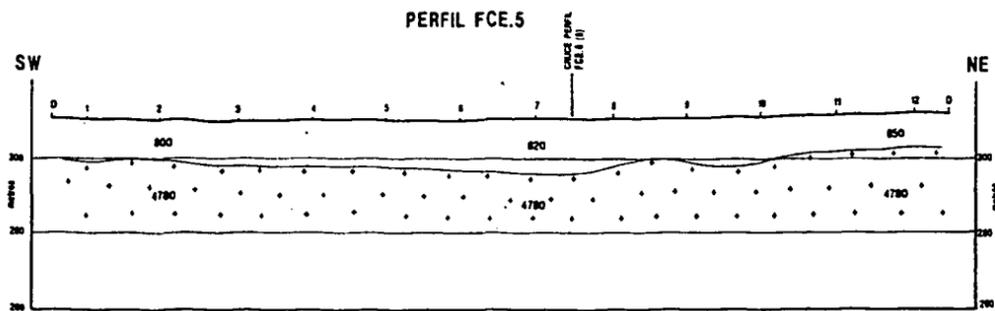
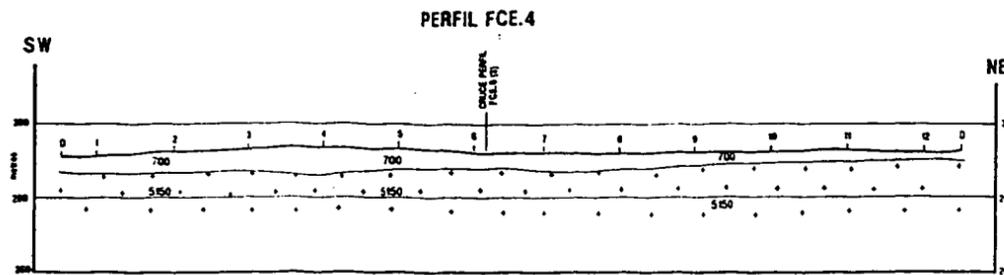
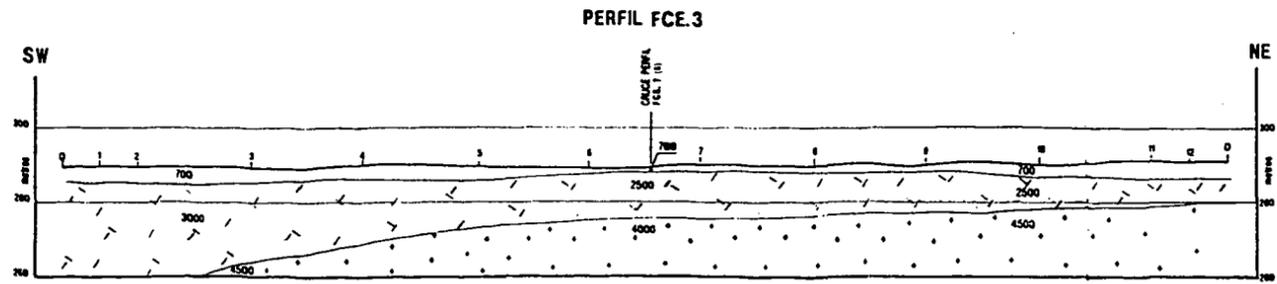
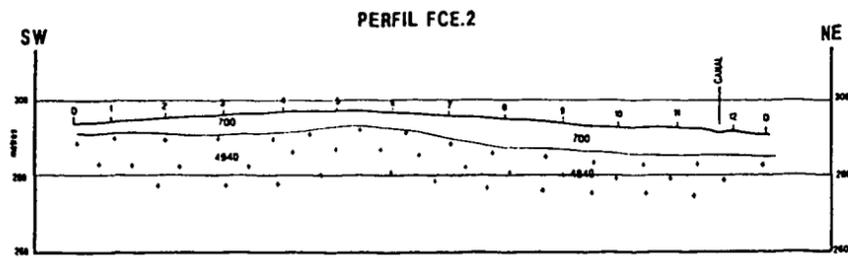


- LEYENDA
- 1 2 3 4
—|—|—|—|— UBICACION GEOFONO
 - |—|—|—|— PERFIL SISMICO
 - SEV.1 ○ SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

**COMISION NACIONAL DE RIEGO
INGENDESA**

**.ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
PROYECTO CHOAPA
UBICACION PERFILES SISMICOS
EMBALSE CERRILLOS**

GEOEXPLORACIONES S.A. ESCALA 1: 2.000 OCT.94 FIG.6.2.2.1-9A

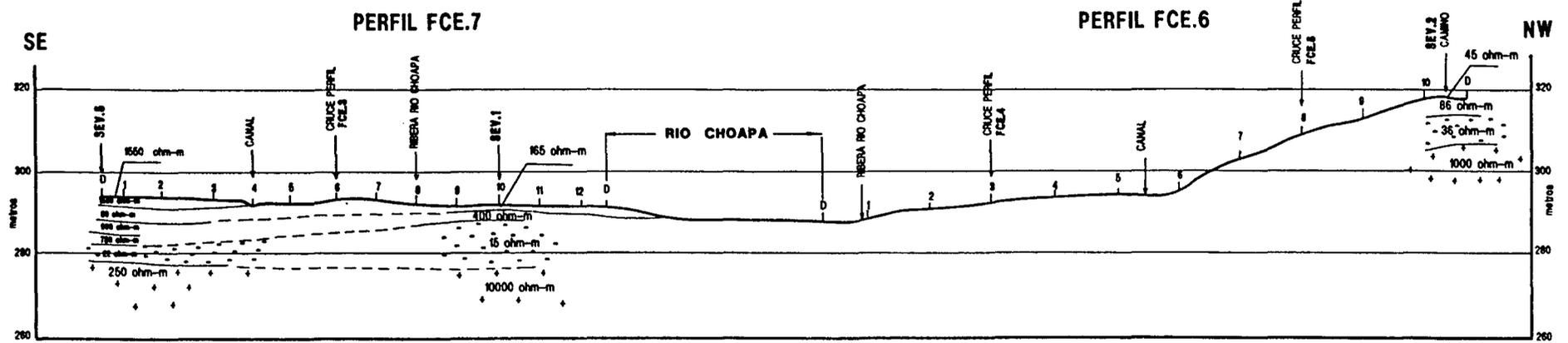


CORRELACION GEOLOGICA TENTATIVA

- SEDIMENTOS SUELTOS 500 v_p = 600
- SEDIMENTO COMPACTO Y/O ROCA DESCOMPUESTA 1000 v_p = 3000
- ROCA BUENA CALIDAD GEOMECANICA 19 > 3000

- LEYENDA
- UBICACION PUNTO OSMARO
 - UBICACION GEOFONO
 - VELOCIDAD SISMICA COMPRESIONAL v_p (m/s)
 - SONDAJE ELECTRICO VERTICAL

PERFIL TRANSVERSAL RIO CHOAPA SECCION GEOELECTRICA



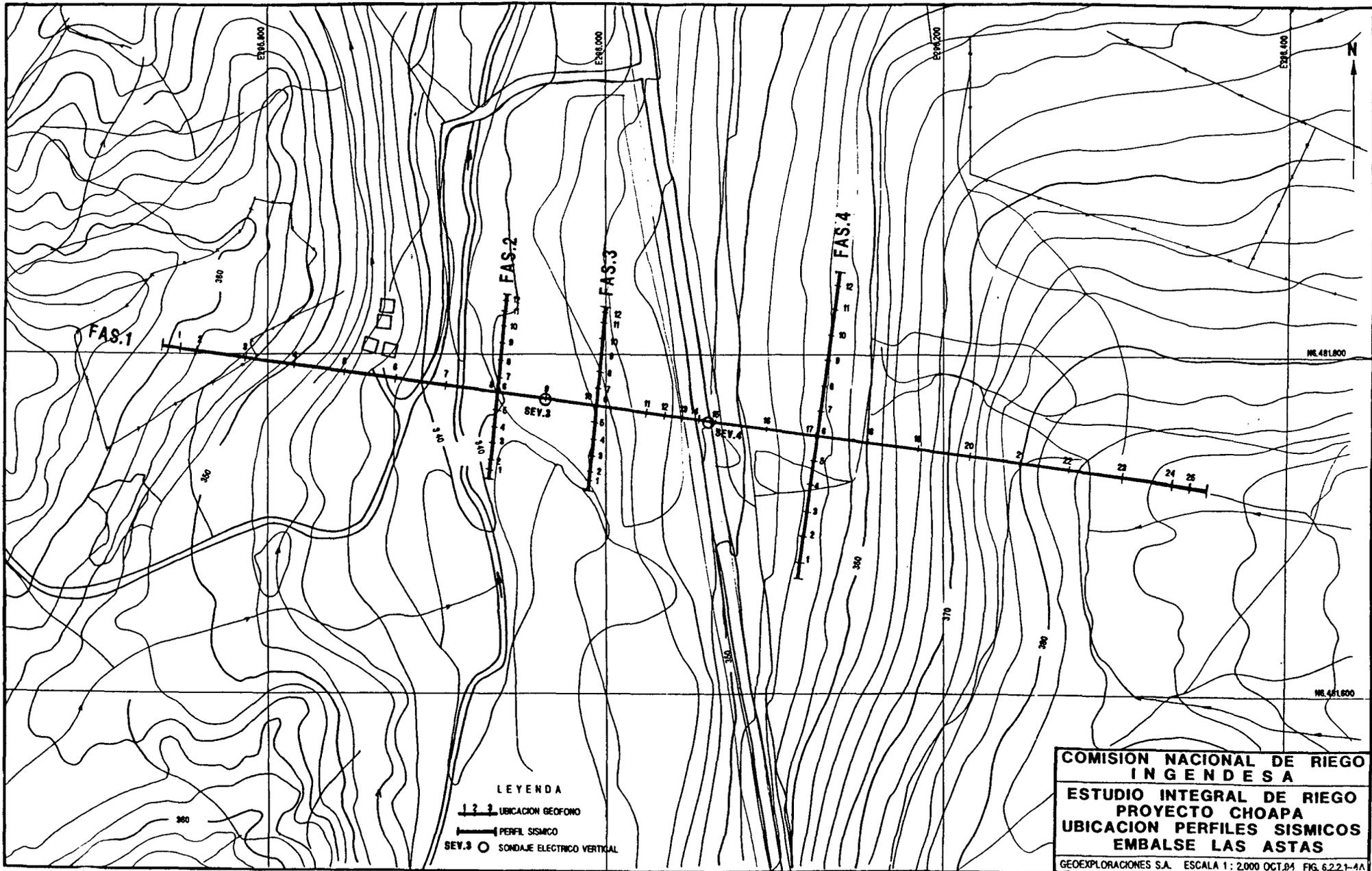
LEYENDA

400	RESISTIVIDAD EN ohm-m
	$10 < \rho < 50$ NIVELES SATURADOS Y/O ARCILLOSOS
	$100 < \rho < 500$ SEDIMENTOS O GRAVAS SECAS
	$\rho_B > 200$ BASAMENTO ROCOSO

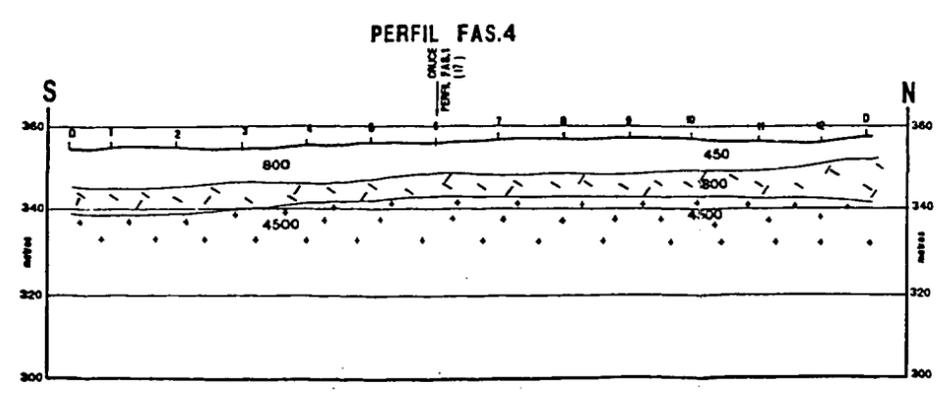
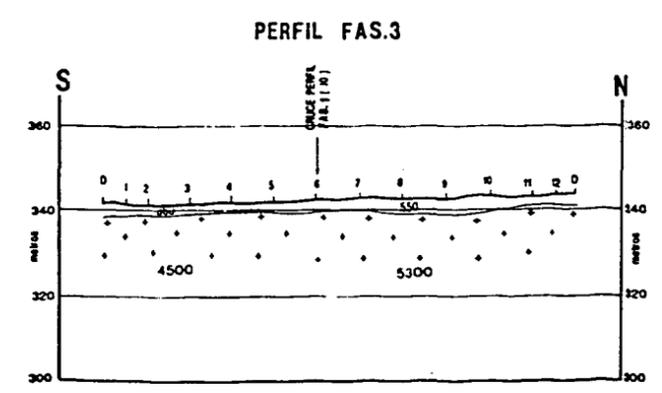
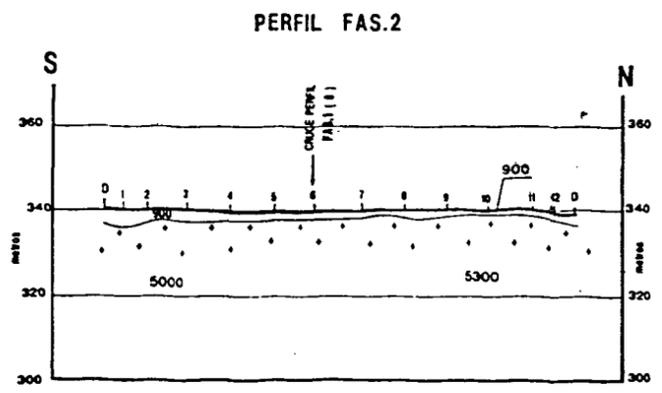
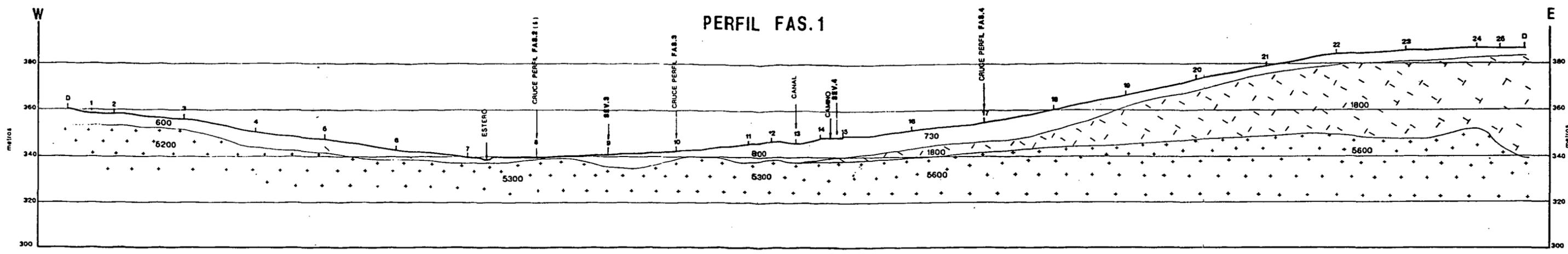
**COMISION NACIONAL DE RIEGO
INGENDESA**

**ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
PROYECTO CHOAPA
SECCION GEOELECTRICA
EMBALSE CERRILLOS**

GEOEXPLORACIONES S.A. ESCALA 1: 10 00 OCT. 64 FIG. 6.2.2.1-3C



COMISION NACIONAL DE RIEGO
INGENDESA
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
PROYECTO CHOAPA
UBICACION PERFILES SISMICOS
EMBALSE LAS ASTAS
 GEOEXPLORACIONES S.A. ESCALA 1: 2.000 OCT.84 FIG. 6.2.2.1-4A



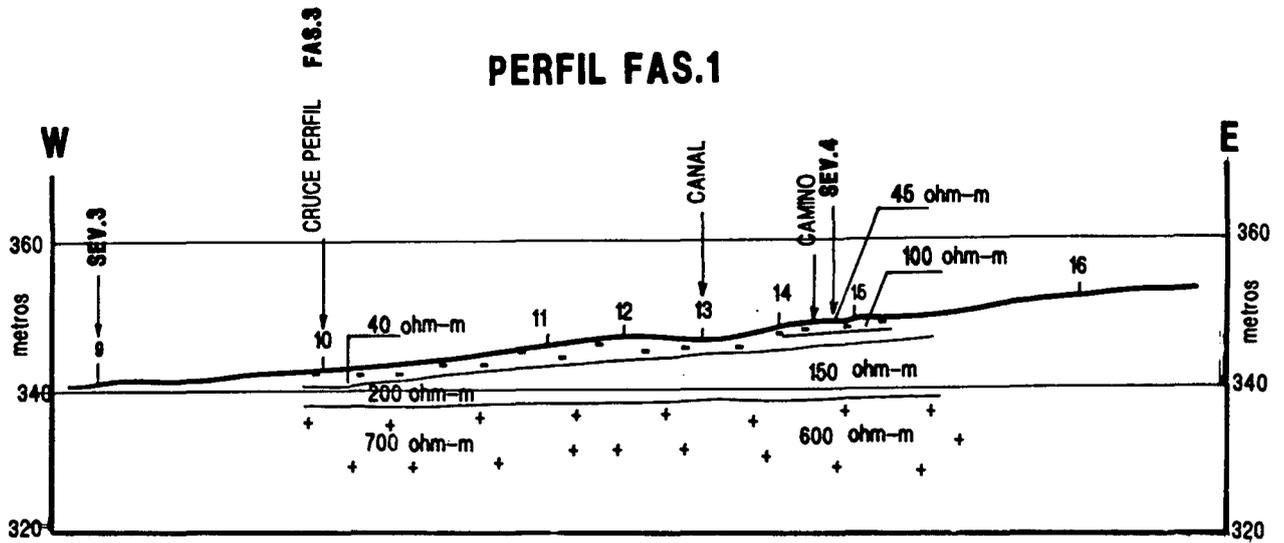
- LEYENDA**
- D UBICACION PUNTO DESPARO
 - G UBICACION GEOFONO
 - 4500 VELOCIDAD SIMICA COMPRESIONAL m/seg.
 - SEV.3 SONDAJE ELECTRICO VERTICAL
- CORRELACION GEOLOGICA TENTATIVA**
- SEDIMENTOS SUELTOS $500 < V_p < 1000$
 - SEDIMENTO COMPACTO Y/O ROCA DESCOMPUESTA $1000 < V_p < 3000$
 - ROCA BUENA CALIDAD GEOMECANICA $V_p > 3000$

**COMISION NACIONAL DE RIEGO
INGENIERIA**

**ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
PROYECTO CHOAPA
SECCIONES SIMICAS
EMBALSE LAS ASTAS**

GEOEXPLORACIONES S.A. ESCALA 1:1000 OCT.84 PG.6.2.2.1-48

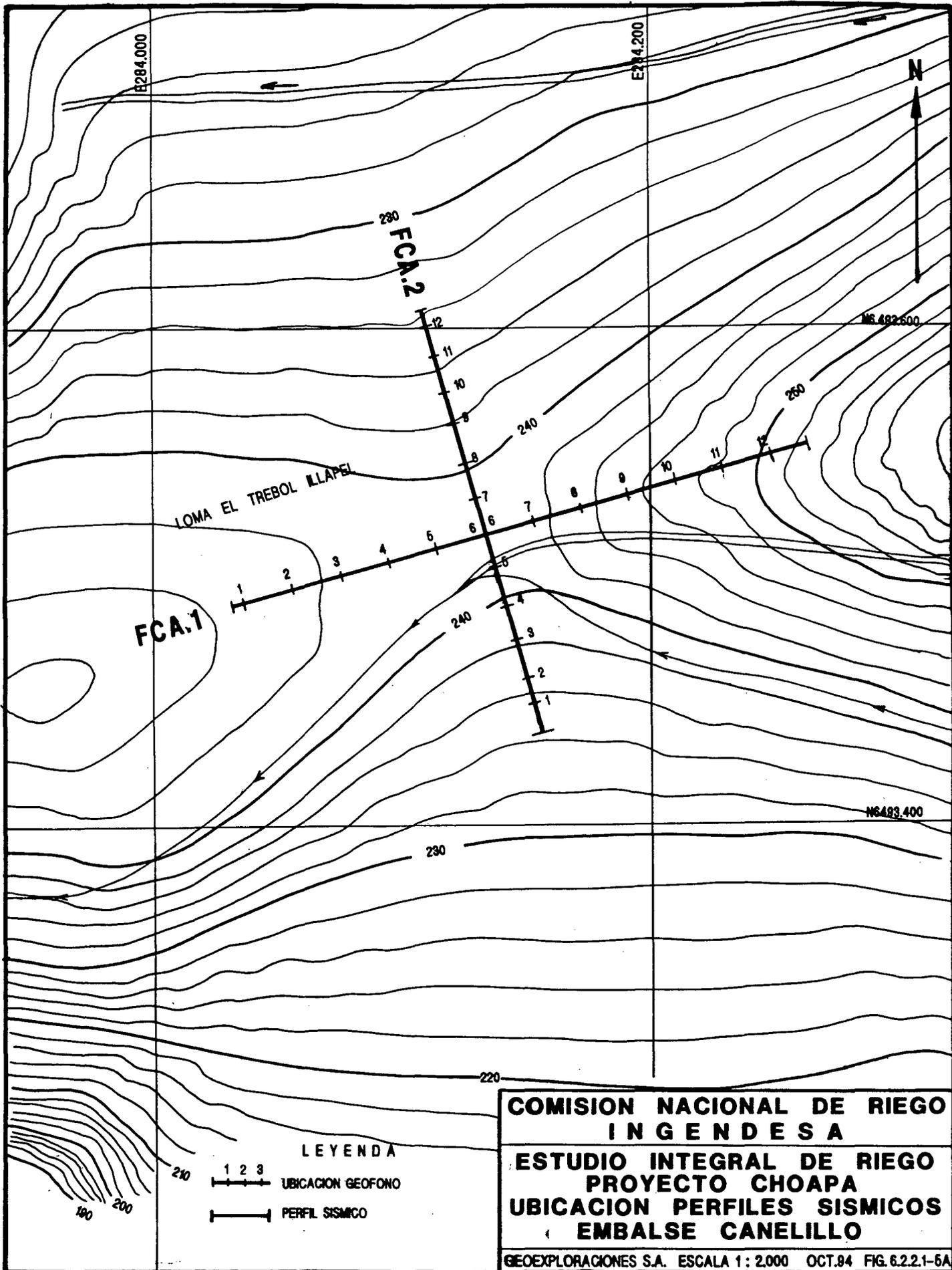
PERFIL TRANSVERSAL ESTERO LIMAHUIDA SECCION GEOELECTRICA



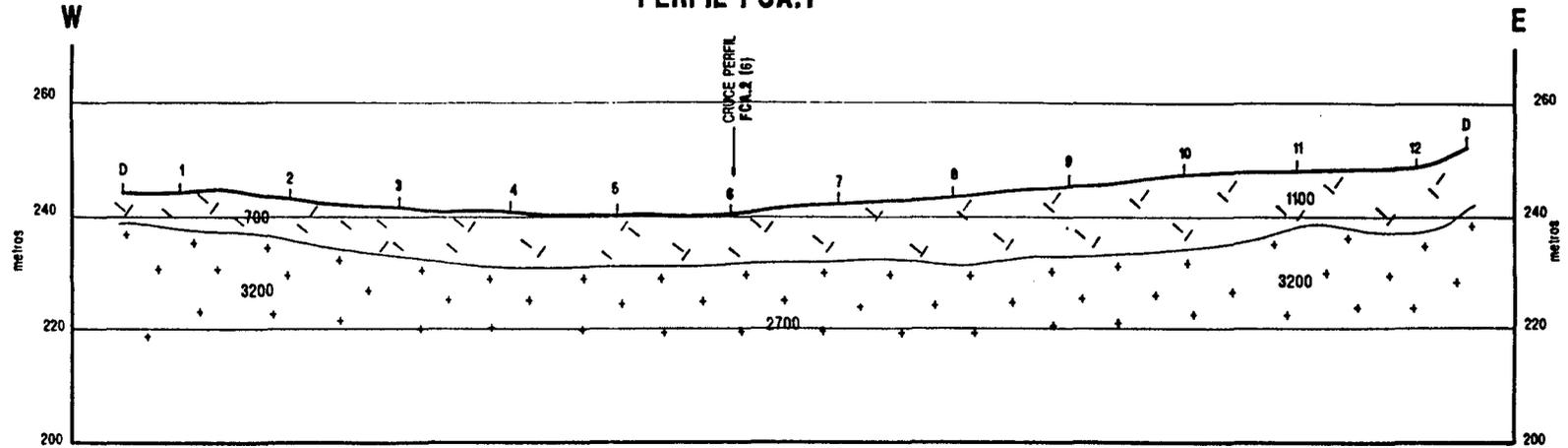
LEYENDA

400	RESISTIVIDAD EN ohm-m
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> </div>	$10 < \rho < 50$ NIVELES SATURADOS Y/O ARCILLOSOS
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> </div>	$100 < \rho < 500$ SEDIMENTOS O GRAVAS SECAS
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> + + + + + + + + + + + + + + + </div>	$\rho > 200$ BASAMENTO ROCOSO

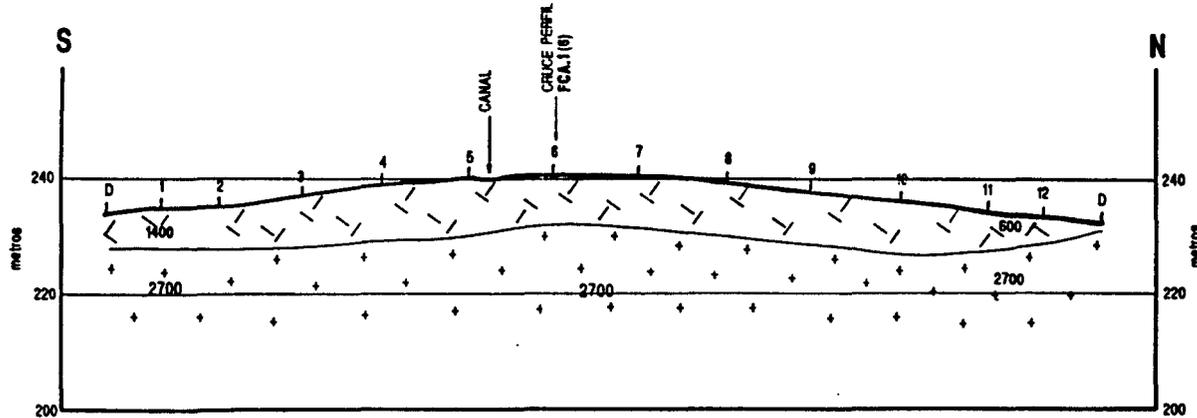
COMISION NACIONAL DE RIEGO INGENDESA
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO PROYECTO CHOAPA SECCION GEOELECTRICA EMBALSE LAS ASTAS
GEOEXPLORACIONES S.A. ESCALA 1:1000 OCT.94 FIG. 6.2.2.1-4C



PERFIL FCA.1



PERFIL FCA.2



LEYENDA

- UBICACION PUNTO DISPARO
- UBICACION GEOFONO
- 4500 VELOCIDAD SISMICA COMPRESIONAL m/seg

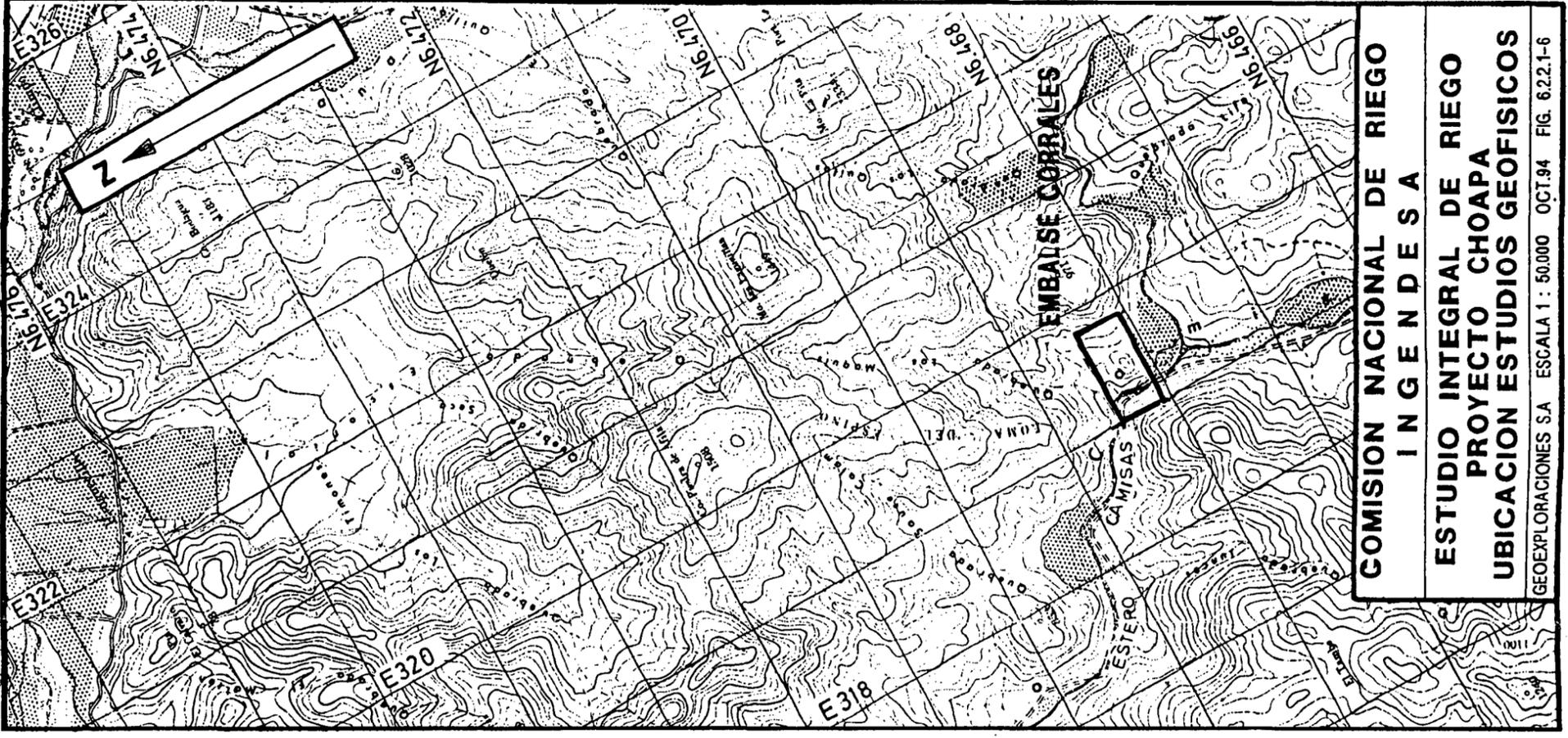
CORRELACION GEOLOGICA TENTATIVA

- SEDIMENTOS SUELTOS $500 < V_p < 1000$
- SEDIMENTO COMPACTO Y/O ROCA DESCOMPUESTA $1000 < V_p < 3000$
- ROCA BUENA CALIDAD GEOMECANICA $V_p > 3000$

**COMISION NACIONAL DE RIEGO
INGENDESA**

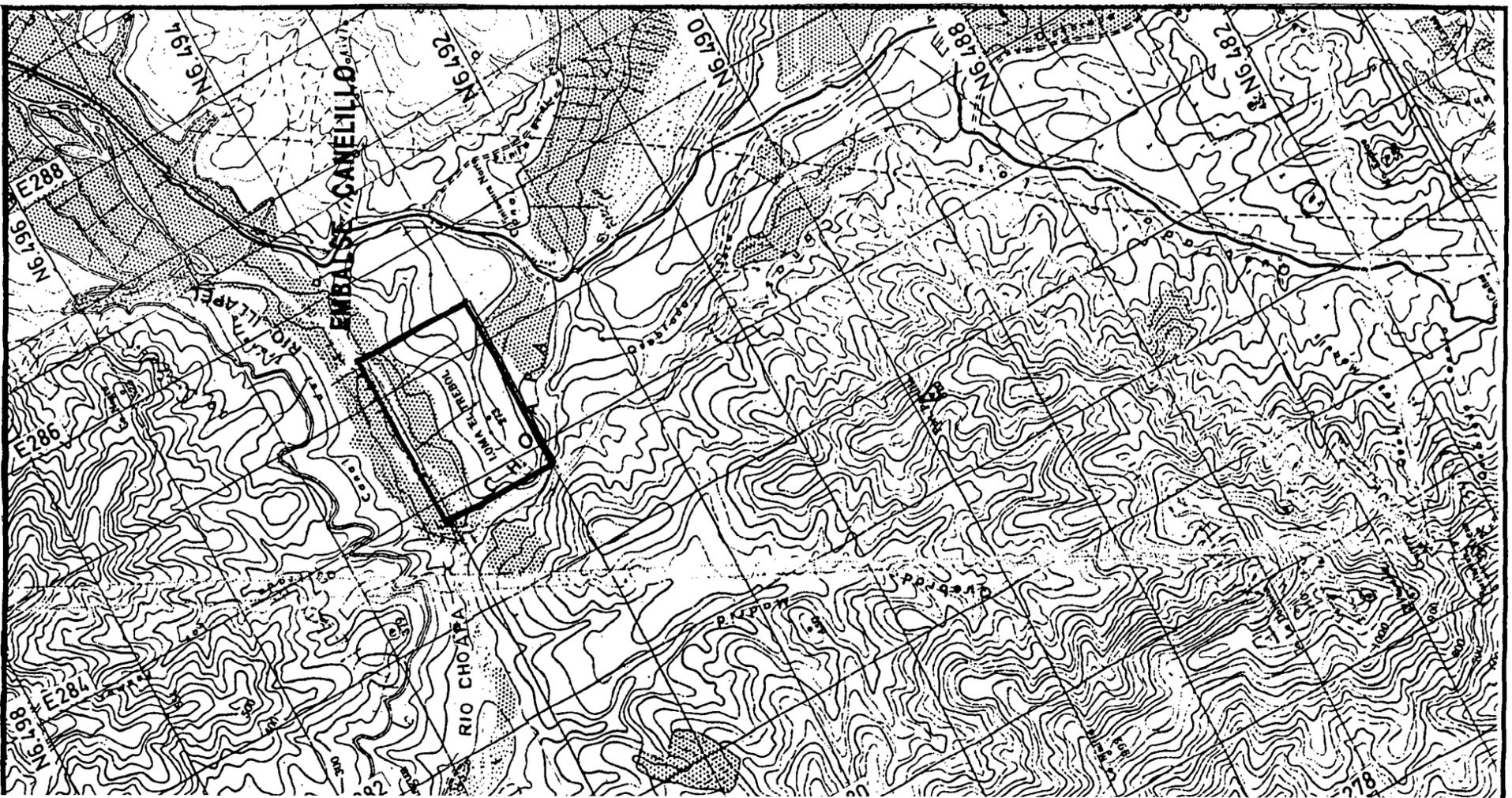
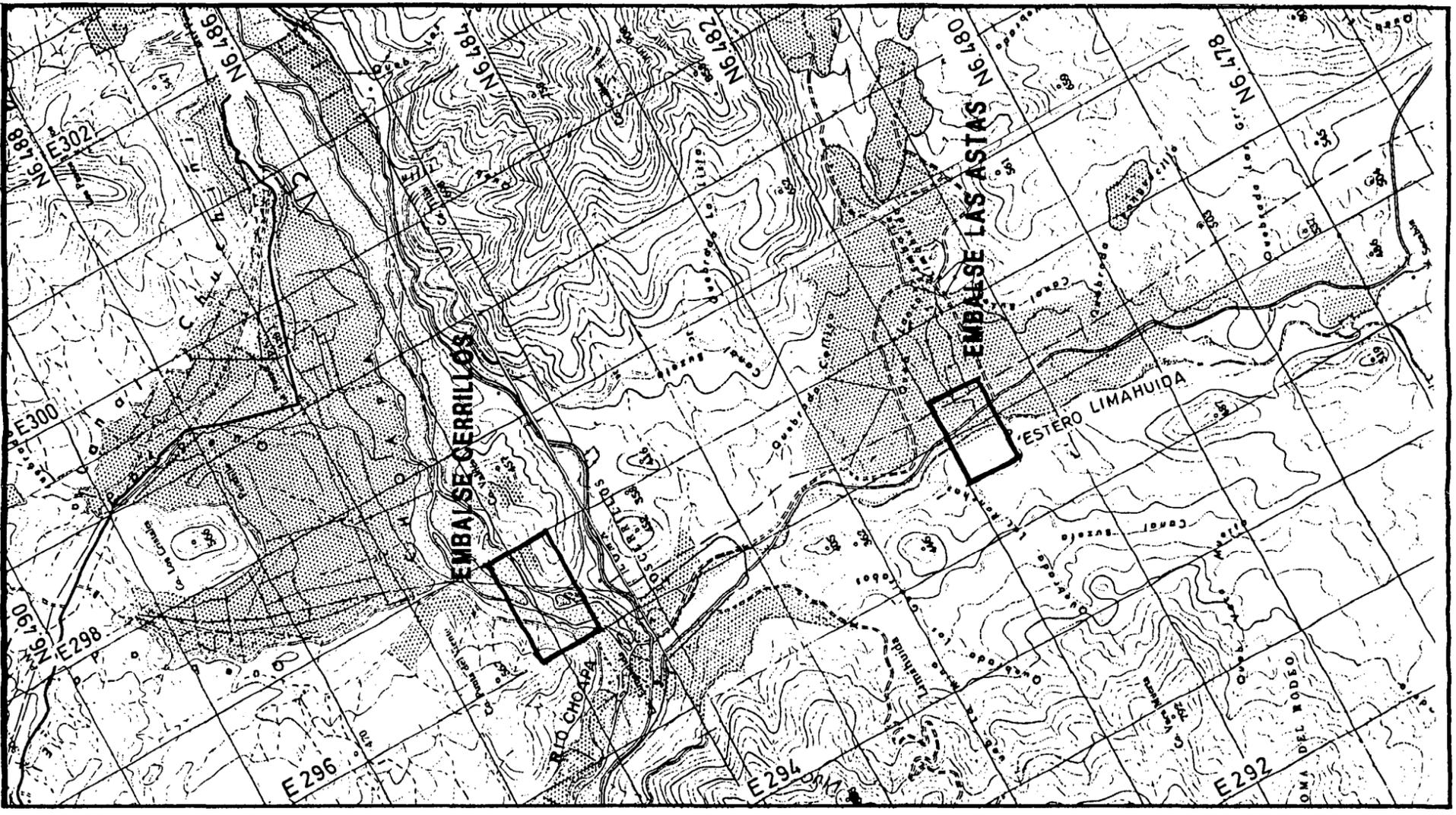
**ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
PROYECTO CHOAPA
SECCIONES SISMICAS
EMBALSE CANELILLO**

GEOEXPLORACIONES S.A. ESCALA 1:1000 OCT.84 FIG.6.2.21-58



COMISION NACIONAL DE RIEGO
INGENIEROS
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
PROYECTO CHOAPA
UBICACION ESTUDIOS GEOFISICOS

GEOEXPLORACIONES S.A. ESCALA 1 : 50.000 OCT.94 FIG. 6.2.1-6



A N E X O N° 6.2.2.1-1

CURVAS DE RESISTIVIDAD APARENTE DE LOS
SONDAJES ELECTRICOS

S. E. S - 1						PROYECTO CHOAPA
Resistiv.	Espesor	Cota Superf.	0.00	Norte	0.00	
165.00	0.60					
400.00	3.50	Espesor Total	13.60	Este	0.00	
15.00	9.50					
10000.00	INFINITO	Cota del Piso	-13.60			

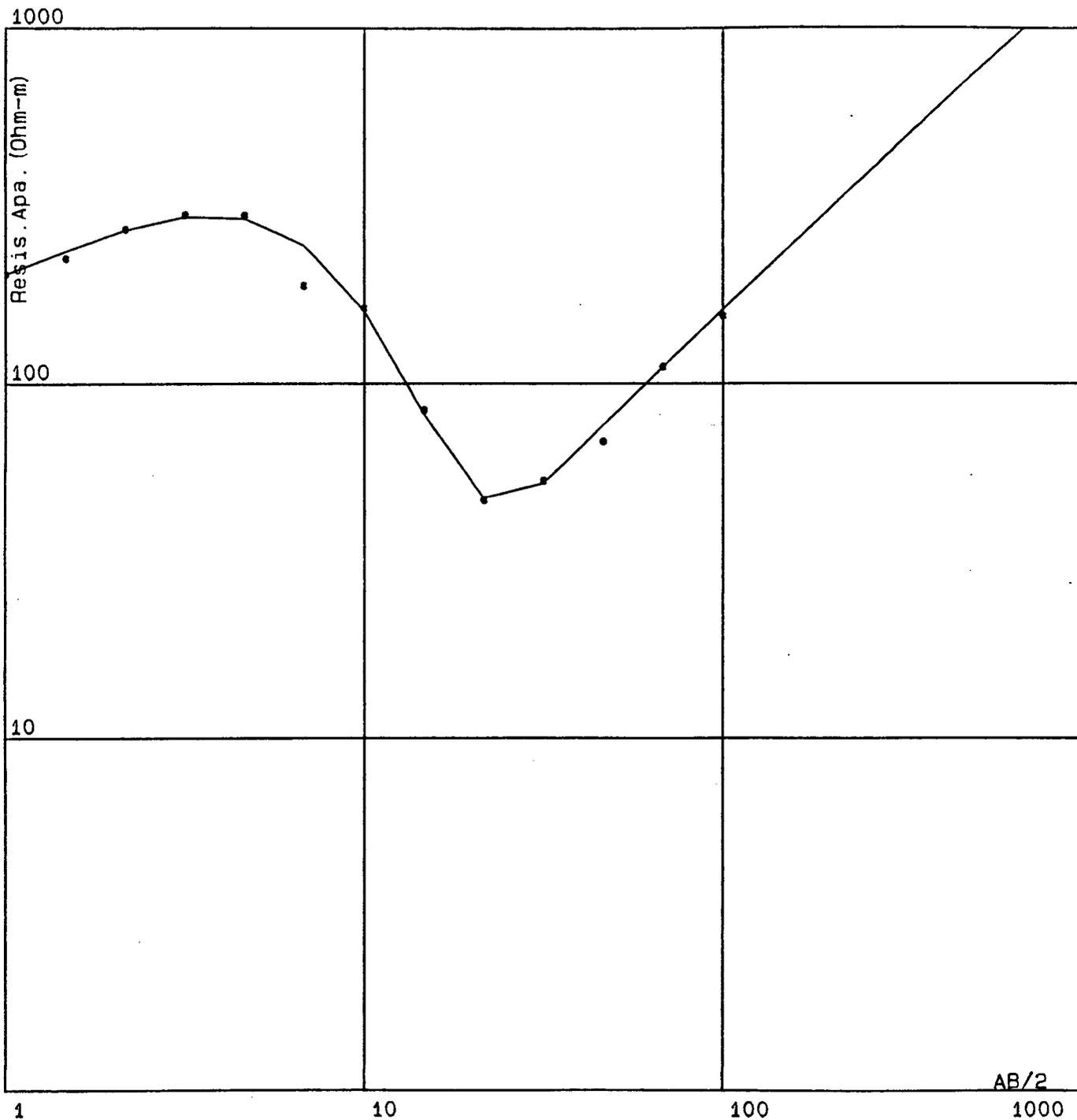


FIG.- 6.2.2.1-7A

GEOEXPLORACIONES S.A.

S. E. S-2						PROYECTO CHOAPA
Resistiv.	Espesor	Cota Superf.		Norte		
45.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	
86.00	4.00	10.60	10.60	0.00	0.00	
36.00	6.00					
10000.00	INFINITO	-10.60				

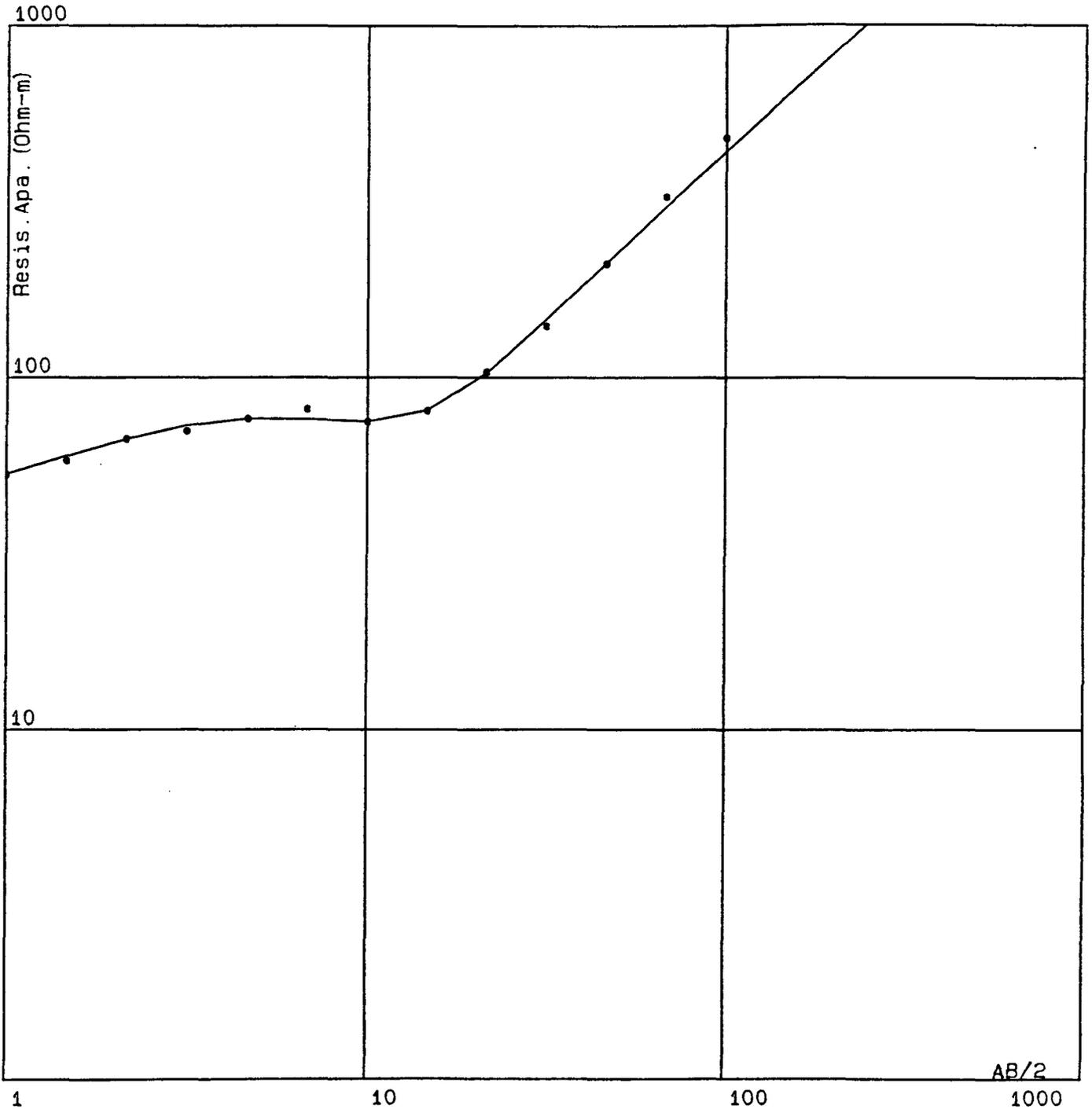
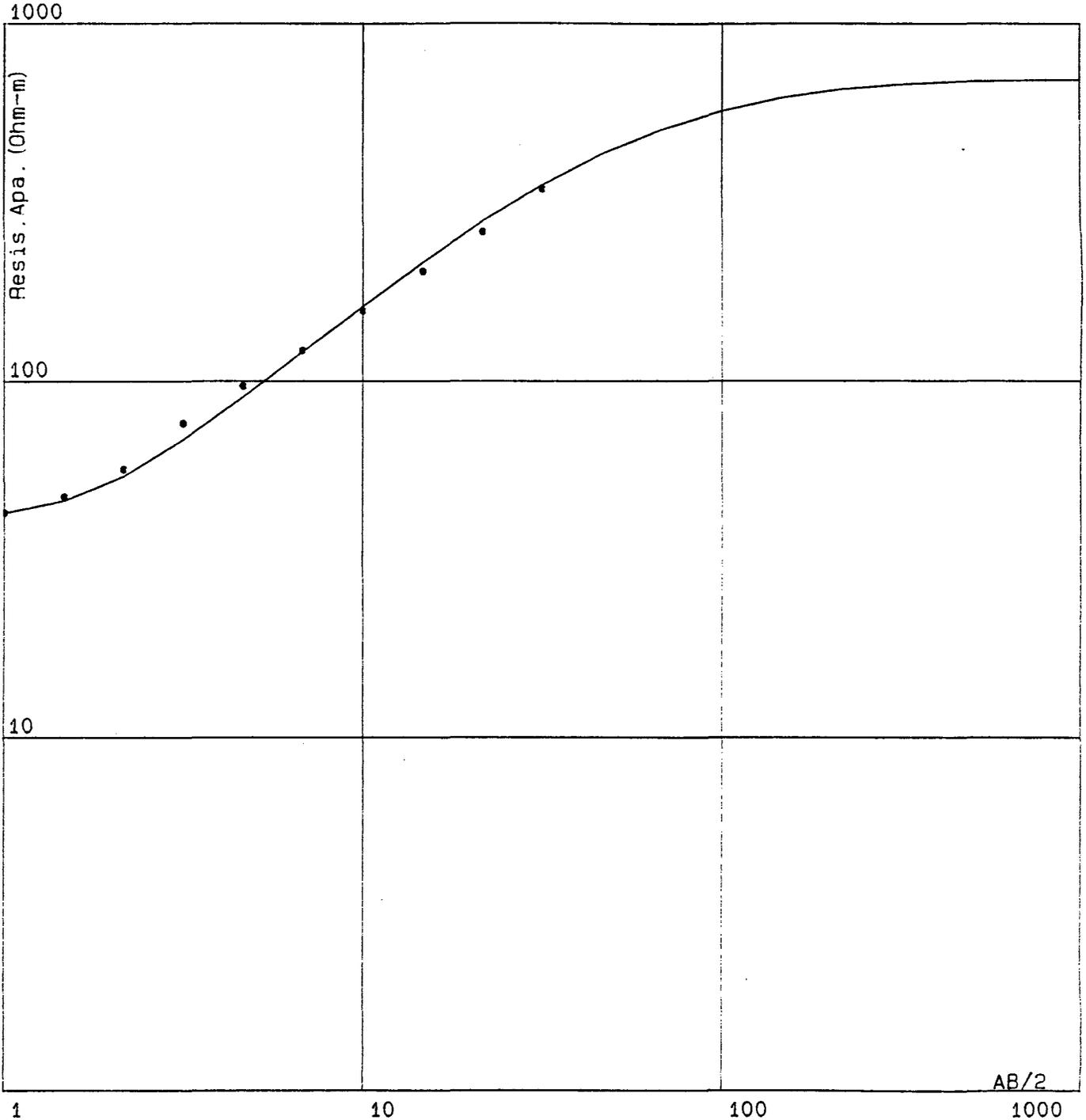


FIG.- 6.2.2.1-7B

GEOEXPLORACIONES S. A.

S . E . S - 3						PROYECTO CHOAPA
Resistiv.	Espesor	Cota Superf.	0.00	Norte	0.00	
40.00	1.50	Espesor Total	4.50	Este	0.00	
200.00	3.00	Cota del Piso	-4.50			
700.00	INFINITO					



AB/2

FIG.- 6.2.2.1-7C

GEOEXPLORACIONES S.A.

S . E . S - 4						PROYECTO CHOAPA
Resistiv.	Espesor	Cota Superf.	0.00	Norte	0.00	
45.00	0.50	Espesor Total	11.10	Este	0.00	
100.00	0.80	Cota del Piso	-11.10			
7.00	1.00					
150.00	INFINITO					
600.00						

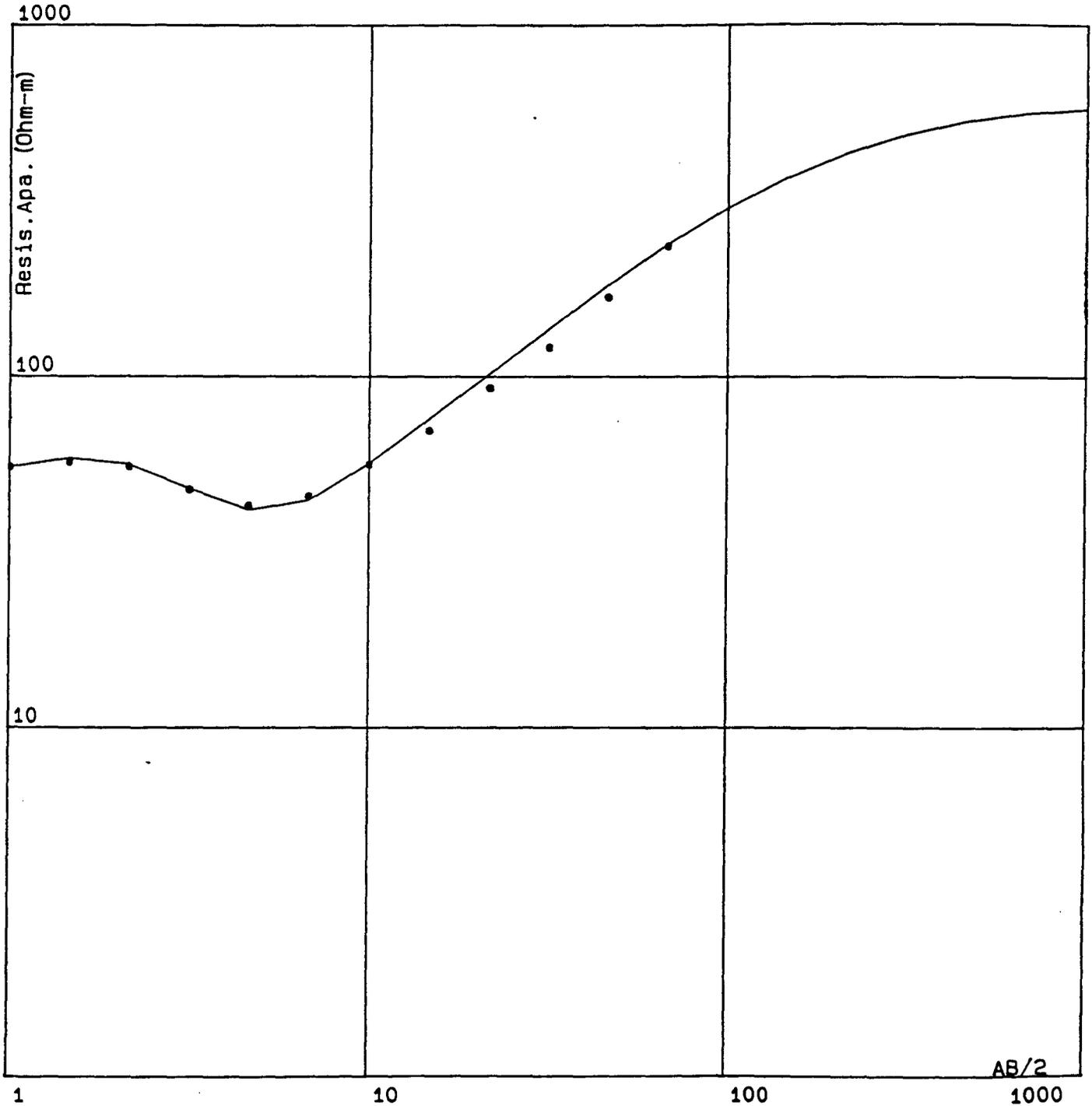


FIG.- 6.2.2.1-7D

GEOEXPLORACIONES S.A.

S. E. S-5						PROYECTO CHOAPA
Resistiv.	Espesor	Cota Superf.	0.00	Norte	0.00	
1550.00	2.20	Espesor Total	165.20	Este	0.00	
80.00	3.00	Cota del Piso	-165.20			
900.00	3.00					
750.00	3.00					
22.00	4.00					
250.00	150.00					
10000.00	INFINITO					

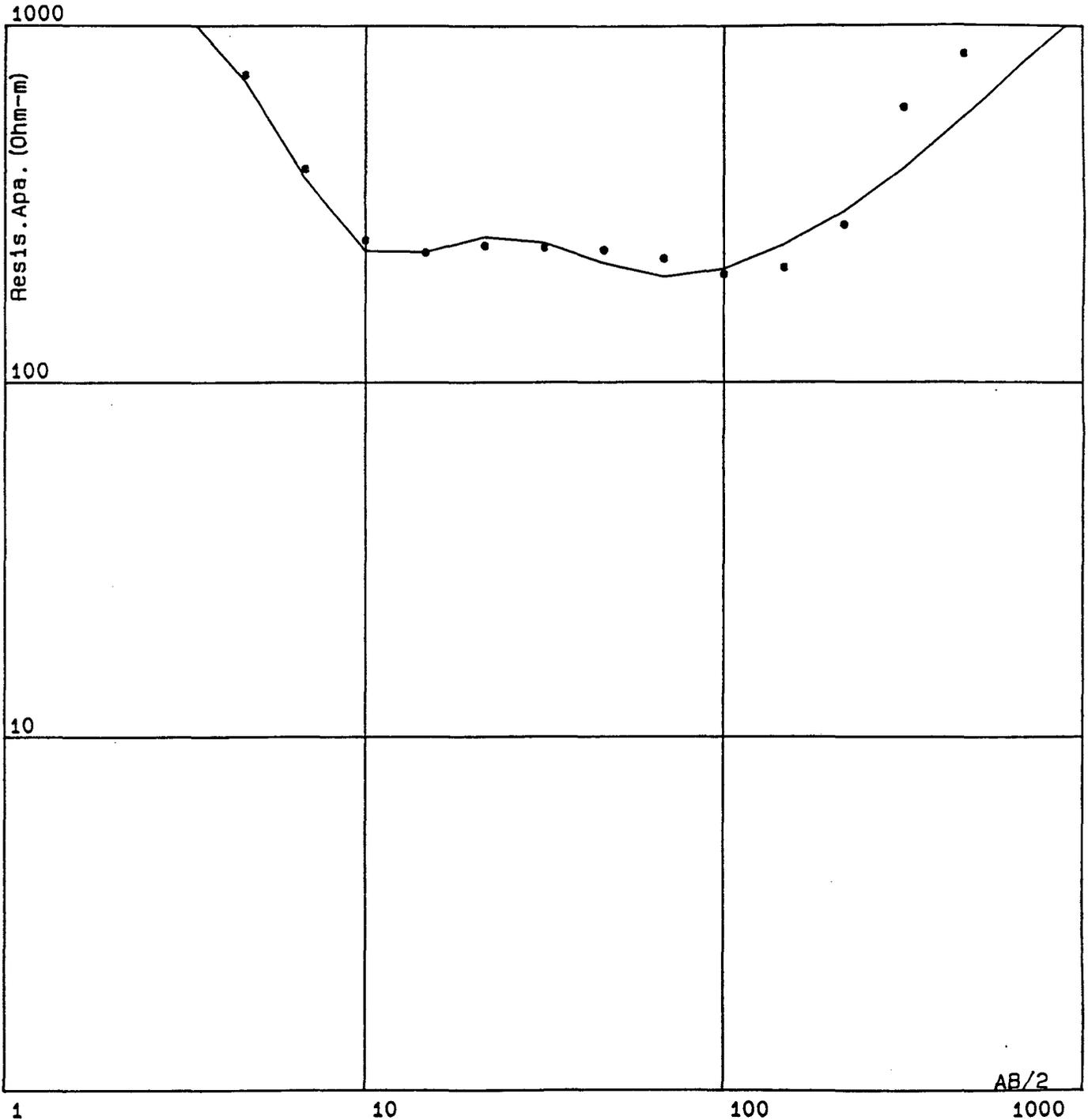


FIG.- 6.2.2.1-7E

GEOEXPLORACIONES S.A.

6.2.2.2 POZOS DE RECONOCIMIENTO**1. GENERALIDADES**

Para desarrollar el estudio se realizó una prospección del subsuelo a base de pozos, ubicados en las principales obras en estudio, éstas son:

- Embalse Las Astas
- Embalse Cerrillos
- Sifón Mincha
- Sifón Canelillo Illapel
- Sifón Choapa
- Sifón Salamanca
- Sifón Canelillo Atelcura

Además se efectuaron pozos de áridos en el Yacimiento ubicado en el Estero Camisas.

La ubicación de estas obras se encuentran en los planos del estudio, como también la ubicación de los pozos.

Los antecedentes en que se basa este estudio son los siguientes:

- Mapa geológico de Chile, del Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Visita a terreno del ingeniero civil Sr. Alvaro Huerta, especialista en mecánica de suelos, el cual registró los pozos y tomó muestras representativas.
- Registro de los pozos que se adjuntan en el Anexo 6.2.2.2-1.
- Resultados de ensayos efectuados a las muestras por laboratorio de INGENDESA que se adjuntan en el Anexo 6.2.2.2-2.
- Fotografías de los pozos que se adjuntan en el Anexo 6.2.2.2-3.

2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

El Embalse Las Astas se apoya en rocas intrusivas del Jurásico Superior-Terciario Inferior, las que en la superficie se encuentran maicillizadas y arcillizadas.

El Embalse Cerrillos está ubicado sobre rocas intrusivas del Jurásico Superior - Terciario Inferior, cubiertas con sedimentos fluviales del Cuaternario, correspondientes a gravas arenosas.

El sifón Mincha se apoya en rocas intrusivas del Paleozoico en el lado sur y rocas metamórficas también del Paleozoico en el lado Norte, en ambos lados se encuentran altamente meteorizadas. En la zona baja hay sedimentos fluviales del Cuaternario.

El Sifón Canelillo - Illapel está ubicado sobre rocas volcánicas del Cretácico Inferior. En el cauce del río hay sedimentos fluviales del Cuaternario correspondientes a arenas y gravas.

El Sifón Choapa se apoya en ambos lados en rocas intrusivas del Cretácico Superior - Terciario Inferior. En el lecho del río Illapel hay sedimentos fluviales del Cuaternario correspondientes a gravas y arenas limosas.

El Sifón Salamanca se apoya en rocas volcánicas del Cretácico Inferior, las que estan cubiertas por sedimentos fluviales del cuaternario, que corresponden a gravas y arenas limosas.

El Sifón Canelillo Atelcura está ubicado sobre rocas volcánicas del Paleozoico, y en el cauce de la quebrada hay sedimentos fluviales y aluviales del Cuaternario.

3. POZOS DE PROSPECCIÓN

En total se efectuaron 23 pozos de prospección de suelos distribuidos de la siguiente forma:

Embalse Las Astas	:	4 pozos
Embalse Cerrillos	:	4 pozos
Sifón Mincha	:	3 pozos
Sifón Canelillo Illapel	:	3 pozos
Sifón Choapa	:	3 pozos
Sifón Salamanca	:	3 pozos
Sifón Canelillo Atelcura	:	3 pozos

La profundidad de los pozos es de 3 m, excepto si se alcanza la roca o se encuentra napa freática.

En el anexo 6.2.2.2-1, se entregan los registros de los pozos con su clasificación visual, sin embargo a continuación se resumen las características del suelo que se encuentran en cada una de estas obras.

Embalse Las Astas. Pozos Pz As-1, Pz As-2, Pz As-3 y Pz As-4.

En los pozos del lado Poniente se encuentra Maicillo con bastante limo no plástico, de compacidad alta y origen residual. La napa es producto de filtraciones de un canal de riego.

En el lado oriente se encuentran gravas arenosas con arcillas de baja plasticidad, compactas, con bolones de hasta 15 pulgadas de tamaño máximo, de estructura abierta y origen fluvial.

Embalse Cerrillos. Pozos Pz Ce-1, Pz Ce-2, Pz Ce-3 y Pz Ce-4.

En el lado Sur se encuentra roca muy fracturada con meteorización en las juntas. En el lecho del río hay gravas arenosas limpias de estructura abierta y estratificada, sueltas y permeables.

En el pozo del lado Norte hay arenas y gravas limosas, de forma angular, origen aluvial, compacidad alta, no plásticas.

Sifón Mincha. Pozos Pz SM-1, Pz SM-2 y Pz SM-3.

En el lado sur hay maicillo correspondiente a arenas y gravas de cantos angulares con arcillas y limos producto de la meteorización del basamento rocoso, muy firme, de origen residual. En el lado Norte hay gravas de forma redondeada de compacidad alta y de origen fluvial.

En el lecho del río se encontraron arenas arcillosas y limosas de consistencia firme, de origen fluvial.

Sifón Canelillo Illapel. Pozos Pz SC-1, Pz SC-2 y Pz SC-3.

En el lado Norte hay roca sana superficial. En el lado sur hay roca fracturada y meteorizada correspondiente a gravas limosas de muy alta compacidad. En el lecho hay arenas finas limosas, no plásticas de compacidad alta.

Sifón Choapa. Pozos Pz SCh-1, Pz SCh-2 y Pz SCh-3

A ambos lados hay maicillo muy firme a una profundidad entre 2,20 y 3,0 m, de origen residual, bajo una sobrecarga de fluvial o aluvial firme. En el cauce del río hay gravas bien graduadas de compacidad baja, estructura abierta y origen fluvial, bajo arenas limosas de compacidad alta.

Sifón Salamanca. Pozos Pz SS-1, Pz SS-2 y Pz SS-3.

En el lado Norte hay gravas limosas de compacidad alta, estructura abierta y de origen fluvial, bajo arcillas arenosas de baja plasticidad, firmes.

En el lado sur hay arenas arcillosas con bloques de roca y bolones de origen aluvial, de compacidad alta y mal graduadas.

En el lecho del río hay gravas arenosas limpias de estructura abierta, compacidad media y origen fluvial.

Sifón Canelillo Atelcura. Pz SCA-1, Pz SCA-2 y Pz SCA-3

En el lado Poniente hay roca sana fracturada a 1,9 metros de profundidad, la cual subyace a un maicillo compacto correspondiente a arena arcillosa de origen residual.

En el lado Oriente hay escombros de falda correspondientes a gravas arcillosas, de estructura abierta y sueltas.

En el lecho de la quebrada hay bolones y bloques en una matriz de arena con algo de limo no plástico.

4. POZOS DE ÁRIDOS

Con el objeto de estudiar el yacimiento del Estero Camisas se realizaron tres pozos (Pz EC-1, Pz EC-2 y Pz EC-3) de 3,0 m de profundidad. A los que se le realizaron los siguientes ensayos:

- Granulometría Integral
- Densidad Real Saturado Superficie Seca
- Densidad Aparente Suelta
- Finos por lavado
- Absorción
- Materia Orgánica
- Índice de Plasticidad

Los resultados de estos ensayos se encuentran en el Anexo 6.2.2.2-2.

A N E X O N° 6.2.2.2-1

REGISTROS DE POZOS

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO: Pz As-1

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: 2.80 m

OBRA : Embalse Las Astas
 FECHA :30/09/94
 PROF.TOTAL :3.00 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.40		
DIDAD. HASTA (m)	0.40	3.00		
T. MAXIMO (")	2			
BOLONES (%)				
GRAVA (%)	2	3		
ARENA (%)	61	76		
FINO (%)	37	21		
COLOR	Café Claro	Blanco con Naranja		
GRADUACION	Mal Graduada	MAI Graduada		
PLASTICIDAD	Muy Baja	Baja		
FORMA PARTICULAS				
HUMEDAD	Seco	Est. Sólido		
CONSIST O COMPACID	Firme	Firme		
ESTRUCTURA	Homogénea	Homogénea		
COMPRESIBILIDAD	Baja	Baja		
ORIGEN	Residual	Residual		
MATERIA ORGANICA	Poca	Poca		
SIMBOLO DEL GRUPO	SM	SM		
DESCRIPCION	Limo con arena fina	Maicillo		

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz As-2

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: 1.05 m

OBRA : Embalse Las Astas
 FECHA :30/09/94
 PROF.TOTAL :2.70 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.19	0.65	2.70
DIDAD. HASTA (m)	0.19	0.65	2.70	
T. MAXIMO (°)				
BOLONES (%)				
GRAVA (%)				
ARENA (%)	30	74	87	
FINO (%)	70	26	13	
COLOR	Negro	Café	Amarillo con Blanco	
GRADUACION		Mal Graduada	Mal Graduada	
PLASTICIDAD		NP	NP	
FORMA PARTICULAS				
HUMEDAD				
CONSIST O COMPACID		Media	Alta	
ESTRUCTURA		Homogénea	Homogénea	
COMPRESIBILIDAD		Media	Baja	
ORIGEN		Residual	Residual	
MATERIA ORGANICA		Muchas	Escasa	
SIMBOLO DEL GRUPO		SM	SM	
DESCRIPCION	Capa Vegetal		Maicillo	Roca

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION

POZO : Pz Ce-1

PROYECTO : CHOAPA
UBICACION : IV REGION
PROF NAPA: --

OBRA : Embalse Cerrillos
FECHA : 30/09/94
PROF.TOTAL : 1.70 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.86		
DIDAD. HASTA (m)	0.86	1.70		
T. MAXIMO (")	2			
BOLONES (%)				
GRAVA (%)	25			
ARENA (%)	30			
FINO (%)	45			
COLOR	Café y Negro			
GRADUACION				
PLASTICIDAD	Baja			
FORMA PARTICULAS	Subangular			
HUMEDAD	Est. Sólido			
CONSIST O COMPACID	Firme			
ESTRUCTURA	Homogénea			
COMPRESIBILIDAD	Alta			
ORIGEN	Orgánico			
MATERIA ORGANICA	Abundante			
SIMBOLO DEL GRUPO	OL			
DESCRIPCION		Roca Fract. con meteo- rización en juntas		

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz Ce-2

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: --

OBRA :Embalse Cerrillos
 FECHA :30/09/94
 PROF.TOTAL :2.50 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00			
DIDAD. HASTA (m)	2.50			
T. MAXIMO (")	15			
BOLONES (%)	30			
GRAVA (%)	65			
ARENA (%)	34			
FINO (%)	1			
COLOR	Gris			
GRADUACION	Mal Graduada			
PLASTICIDAD				
FORMA PARTICULAS	Redond. Subredond.			
HUMEDAD				
CONSIST O COMPACID	Suelta			
ESTRUCTURA	Abierta Estratificada			
COMPRESIBILIDAD	Baja			
ORIGEN	Fluvial			
MATERIA ORGANICA	Nada			
SIMBOLO DEL GRUPO	GP			
DESCRIPCION	Lentes de arena fina a 1.0 m y a 1.3 m			

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz Ce-3

PROYECTO : CHOAPA
UBICACION : IV REGION
PROF NAPA: 0.00 m

OBRA : Embalse Cerrillos
FECHA : 01/10/94
PROF.TOTAL : 1.60 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00			
DIDAD. HASTA (m)	1.60			
T. MAXIMO (")				
BOLONES (%)				
GRAVA (%)				
ARENA (%)	48			
FINO (%)	52			
COLOR	Café			
GRADUACION	Mal Graduada			
PLASTICIDAD	Baja			
FORMA PARTICULAS				
HUMEDAD	Saturado			
CONSIST O COMPACID	Blanda			
ESTRUCTURA	Estratificada			
COMPRESIBILIDAD	Alta			
ORIGEN	Fluvial			
MATERIA ORGANICA	Bastante			
SIMBOLO DEL GRUPO	CL-ML			
DESCRIPCION				

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION

POZO : Pz Ce-4

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: --

OBRA :Embalse Cerrillos
 FECHA :01/10/94
 PROF.TOTAL :3.00 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	1.30	2.30	
DIDAD. HASTA (m)	1.30	2.30	3.00	
T. MAXIMO (")	6	6		
BOLONES (%)	2	7		
GRAVA (%)	2	20	40	
ARENA (%)	78	50	36	
FINO (%)	20	30	24	
COLOR	Café	Café	Café	
GRADUACION	Mal Graduada	Mal Graduada		
PLASTICIDAD	NP	NP	NP	
FORMA PARTICULAS	Subangular	Subangular	Angular	
HUMEDAD	Est. Sólido	Seco	Seco	
CONSIST O COMPACID	Alta	Alta	Alta	
ESTRUCTURA	Homogénea	Heterogénea	Homogénea	
COMPRESIBILIDAD	Baja	Baja	Baja	
ORIGEN	Aluvial	Aluvial	Aluvial	
MATERIA ORGANICA	Poca	Nada	Nada	
SIMBOLO DEL GRUPO	SM	SM	GM	
DESCRIPCION			Roca Descompuesta	

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SM-1

PROYECTO : CHOAPA
UBICACION : IV REGION
PROF NAPA: --

OBRA :Sifón Mincha
FECHA :29/09/94
PROF.TOTAL :3.00 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.40	0.80	
DIDAD. HASTA (m)	0.40	0.80	3.00	
T. MAXIMO (°)	1.5		12	
BOLONES (%)			80	
GRAVA (%)	3	4	40	
ARENA (%)	20	56	49	
FINO (%)	77	40	11	
COLOR	Café	Café Ladrillo	Ladrillo Gris	
GRADUACION				
PLASTICIDAD	Baja	Alta	Baja	
FORMA PARTICULAS	Subangular		Angular	
HUMEDAD	Seco	Seco	Seco	
CONSIST O COMPACID	Firme	Firme	Firme	
ESTRUCTURA	Homogénea	Homogénea	Homogénea	
COMPRESIBILIDAD	Baja	Alta	Nada	
ORIGEN	Aluvial	Residual	Residual	
MATERIA ORGANICA	Poca	Escasa	Nada	
SIMBOLO DEL GRUPO	CL	SC	GP-GM	
DESCRIPCION			Roca Descompuesta	

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SM-3

PROYECTO : CHOAPA
UBICACION : IV REGION
PROF NAPA: --

OBRA :Sifón Mincha
FECHA :29/09/94
PROF.TOTAL :3.00 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.18	0.48	1.90
DIDAD. HASTA (m)	0.18	0.48	1.90	3.00
T. MAXIMO (°)	2	4	8	8
BOLONES (%)		2	40	40
GRAVA (%)	5	10	70	70
ARENA (%)	20	30	20	25
FINO (%)	75	60	10	5
COLOR	Café	Café Claro	Café Blanco y Gris	Gris Café
GRADUACION			Mal Graduada	Mal Graduada
PLASTICIDAD	Media	Alta	NP	NP
FORMA PARTICULAS	Angular Subang.	Redondeada	Redondeada	Redondeada
HUMEDAD	Seco	Seco	Seco	Seco
CONSIST O COMPACID	Firme	Firme	Alta	Alta
ESTRUCTURA	Homogénea	Homogénea	Cerrada Heterogénea	Abierta Homogénea
COMPRESIBILIDAD	Media	Baja	Baja	Baja
ORIGEN	Aluvial	Fluvial	Fluvial	Fluvial
MATERIA ORGANICA	Abundante	Poca	Nada	Nada
SIMBOLO DEL GRUPO	OH	CH	GP-GC	GP
DESCRIPCION			Gravas Meteorizadas	

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SC-1

PROYECTO : CHOAPA
UBICACION : IV REGION
PROF NAPA: 0.10 m
 agua por riego

OBRA : Sifón Canelillo Illapel
FECHA : 01/10/94
PROF.TOTAL : 0.80 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.0	0.70		
DIDAD. HASTA (m)	0.70	0.80		
T. MAXIMO (°)	12			
BOLONES (%)	20			
GRAVA (%)	30			
ARENA (%)	40			
FINO (%)	30			
COLOR	Café			
GRADUACION	Mal Graduada			
PLASTICIDAD	Baja			
FORMA PARTICULAS	Angular			
HUMEDAD	Saturado			
CONSIST O COMPACID	Firme			
ESTRUCTURA	Heterogénea			
COMPRESIBILIDAD	Alta			
ORIGEN	Escombros de Falda			
MATERIA ORGANICA	Muchas			
SIMBOLO DEL GRUPO	SM			
DESCRIPCION	Escombros con materia orgánica	Roca		

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SC-2

PROYECTO : CHOAPA
UBICACION : IV REGION
PROF NAPA: 1.55 m

OBRA : Sifón Canelillo Illapel
FECHA : 01/10/94
PROF.TOTAL : 2.10 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00			
DIDAD. HASTA (m)	2.10			
T. MAXIMO (°)				
BOLONES (%)				
GRAVA (%)				
ARENA (%)	70			
FINO (%)	30			
COLOR	Gris			
GRADUACION	Mal Graduada			
PLASTICIDAD	NP			
FORMA PARTICULAS				
HUMEDAD				
CONSIST O COMPACID	Alta			
ESTRUCTURA	Homogénea			
COMPRESIBILIDAD	Media			
ORIGEN	Fluvial			
MATERIA ORGANICA	Muchas			
SIMBOLO DEL GRUPO	SM			
DESCRIPCION	Arena fina			

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SC-3

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: --

OBRA :Sifón Canelillo Illapel
 FECHA :01/10/94
 PROF.TOTAL :2.40 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.65	1.70	
DIDAD. HASTA (m)	0.65	1.70	2.40	
T. MAXIMO (")	2	8		
BOLONES (%)		50		
GRAVA (%)	25	50		
ARENA (%)	35	15		
FINO (%)	40	35		
COLOR	Café Claro	Amarillo Naranja		
GRADUACION	Mal Graduada	Mal Graduada		
PLASTICIDAD	NP	NP		
FORMA PARTICULAS	Subredond. subang.	Angular		
HUMEDAD	Seco	Seco		
CONSIST O COMPACID	Alta	Muy Alta		
ESTRUCTURA	Heterogénea	Homogénea		
COMPRESIBILIDAD	Media	Muy Baja		
ORIGEN	Aluvial	Residual		
MATERIA ORGANICA	Bastante	Nada		
SIMBOLO DEL GRUPO	SM	GM		
DESCRIPCION		Roca Meteorizada	Roca muy fracturada	

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz Sch-1

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: --

OBRA :Sifón Choapa
 FECHA :30/09/94
 PROF.TOTAL :3.00 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.55	2.20	
DIDAD. HASTA (m)	0.55	2.20	3.00	
T. MAXIMO (°)	4	12		
BOLONES (%)	3	15		
GRAVA (%)	6	55	30	
ARENA (%)	40	35	64	
FINO (%)	54	10	6	
COLOR	Café	Gris Café	Verde	
GRADUACION		Mal Graduada	Mal Graduada	
PLASTICIDAD	Alta	NP	NP	
FORMA PARTICULAS	Subredondeada	Subredondeada	Angular	
HUMEDAD	Seco			
CONSIST O COMPACID	Firme	Alta	Alta	
ESTRUCTURA	Heterogénea	Homogénea	Homogénea	
COMPRESIBILIDAD	Alta	Media a Baja	Muy Baja	
ORIGEN	Orgánico	Fluvial	Residual	
MATERIA ORGANICA	Muchas	Poca	Nada	
SIMBOLO DEL GRUPO	OH	GP-GC	SP-SC	
DESCRIPCION			Maicillo muy Firme	

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SCh-2

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: 1.50 m

OBRA :Sifón Choapa
 FECHA :30/09/94
 PROF.TOTAL :2.70 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.67	1.50	
DIDAD. HASTA (m)	0.67	1.50	2.70	
T. MAXIMO (")		0.5	12	
BOLONOS (%)			15	
GRAVA (%)	5	8	58	
ARENA (%)	55	72	38	
FINO (%)	40	20	4	
COLOR	Gris Naranja	Café	Café Gris	
GRADUACION	Mal Graduada	Mal Graduada	Bien Graduada	
PLASTICIDAD	NP	Baja		
FORMA PARTICULAS	Subredondeada	Subredondeada	Subredondeada	
HUMEDAD	Seco	Saturado Est. Sólido		
CONSIST O COMPACID	Alta	Alta	Baja	
ESTRUCTURA	Estratificada	Heterogénea	Abierta	
COMPRESIBILIDAD	Media a Alta	Baja	Baja	
ORIGEN	Fluvial	Fluvial	Fluvial	
MATERIA ORGANICA	Abundante	Pocas	Nada	
SIMBOLO DEL GRUPO	SM	SM	GW	
DESCRIPCION	Arena fina con lente vegetal a 0.12 m			

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SCh-3

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: --

OBRA :Sifón Choapa
 FECHA :01/10/94
 PROF.TOTAL :3.00 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.15	3.00	
DIDAD. HASTA (m)	0.15	3.00		
T. MAXIMO (")		6		
BOLONES (%)		2		
GRAVA (%)		5		
ARENA (%)		35		
FINO (%)		60		
COLOR		Café		
GRADUACION				
PLASTICIDAD		Media		
FORMA PARTICULAS		Redond. Subredond.		
HUMEDAD		Seco		
CONSIST O COMPACID		Muy Firme		
ESTRUCTURA		Homogénea		
COMPRESIBILIDAD		Media		
ORIGEN		Aluvial y residual		
MATERIA ORGANICA		Poca		
SIMBOLO DEL GRUPO		CL		
DESCRIPCION	Capa Vegetal		Maicillo	

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SS-2

PROYECTO : CHOAPA
UBICACION : IV REGION
PROF NAPA: 1.70 m

OBRA : Sifón Salamanca
FECHA : 01/10/94
PROF.TOTAL : 2.10 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.70		
DIDAD. HASTA (m)	0.70	2.10		
T. MAXIMO (°)	3	12		
BOLONES (%)		55		
GRAVA (%)	5	78		
ARENA (%)	55	20		
FINO (%)	40	2		
COLOR	Café	Gris		
GRADUACION	Mal Graduada	Mal Graduada		
PLASTICIDAD	NP	NP		
FORMA PARTICULAS	Redondeada	Redondeada		
HUMEDAD	Saturado Est. Sólido			
CONSIST O COMPACID	Alta	Media		
ESTRUCTURA	Cerrada	Abierta		
COMPRESIBILIDAD	Baja	Muy Baja		
ORIGEN	Fluvial	Fluvial		
MATERIA ORGANICA	Bastante	Nada		
SIMBOLO DEL GRUPO	SM	GP		
DESCRIPCION				

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO: Pz SS-3

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: --

OBRA :Sifón Salamanca
 FECHA :01/10/94
 PROF.TOTAL :2.10 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00			
DIDAD. HASTA (m)	2.10			
T. MAXIMO (")	30			
BOLONES (%)	50			
GRAVA (%)	20			
ARENA (%)	35			
FINO (%)	45			
COLOR	Café Claro			
GRADUACION	Mal Graduada			
PLASTICIDAD	Media			
FORMA PARTICULAS	Subredond. Subang.			
HUMEDAD				
CONSIST O COMPACID	Firme			
ESTRUCTURA	Heterogénea			
COMPRESIBILIDAD	Baja			
ORIGEN	Aluvial			
MATERIA ORGANICA	Nada			
SIMBOLO DEL GRUPO	SC			
DESCRIPCION				

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SCA-2

PROYECTO : CHOAPA
 UBICACION : IV REGION
 PROF NAPA: 0.77 m

OBRA :Sifón Canelillo – Atelcura
 FECHA :30/09/94
 PROF.TOTAL :1.00 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	1.00		
DIDAD. HASTA (m)	1.00			
T. MAXIMO (")	20			
BOLONES (%)	50			
GRAVA (%)	70			
ARENA (%)	24			
FINO (%)	6			
COLOR	Café Gris			
GRADUACION	Bien Graduada			
PLASTICIDAD	NP			
FORMA PARTICULAS	Subredond. Subangular			
HUMEDAD	Saturado			
CONSIST O COMPACID	Media			
ESTRUCTURA	Abierta			
COMPRESIBILIDAD	Baja			
ORIGEN	Fluvial y Escombros			
MATERIA ORGANICA	Escasa			
SIMBOLO DEL GRUPO	SW-SM			
DESCRIPCION		Bloque de roca		

REGISTRO DE POZOS DE EXPLORACION
POZO : Pz SCA-3

PROYECTO : CHOAPA
UBICACION : IV REGION
PROF NAPA: --

OBRA : Sifón Canelillo – Atelcura
FECHA : 30/09/94
PROF.TOTAL : 2.20 m

DESCRIPCION VISUAL

PROFUN- DESDE (m)	0.00	0.70		
DIDAD. HASTA (m)	0.70	2.20		
T. MAXIMO (")	5	12		
BOLONES (%)	5	35		
GRAVA (%)	32	77		
ARENA (%)	28	15		
FINO (%)	40	8		
COLOR	Café	Café Rojizo		
GRADUACION	Mal Graduada	Mal Graduada		
PLASTICIDAD	Baja	NP		
FORMA PARTICULAS	Angular	Angular		
HUMEDAD				
CONSIST O COMPACID	Baja	Suelto		
ESTRUCTURA	Homogénea	Abierta		
COMPRESIBILIDAD	Alta	Baja		
ORIGEN	Escombros de Falda	Escombros de Falda		
MATERIA ORGANICA	Abundante	Poca		
SIMBOLO DEL GRUPO	GC	GP-GC		
DESCRIPCION				

A N E X O N° 6.2.2.2-2

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LOS POZOS

ANEXO N° 6.2.2.2-2

CERTIFICADO DE ENSAYOS N° 1317

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría, límites de Atterberg.

PROCEDENCIA : POZO N° 1, COTA 0,00 – 0,40 m.

MUESTRA : N° Pz As – 1; M1

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz As – 1 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4		
3/4"	19,0		
3/8"	9,51	100	
N° 4	4,76	99	
N° 10	2,00	97	
N° 30	0,595	89	
N° 40	0,425	72	
N° 200	0,075	37	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	23,6	Nch – 1517
Límite Plástico	=	17,5	
Índice de plasticidad	=	6,1	

OBSERVACIONES:

INGENDESA**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 2 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 1, COTA 0,40 – 3,00 m.**

MUESTRA : **N° Pz As – 1; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm.	POZO N° Pz As – 1 MUESTRA N° 2	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4		
3/4"	19,0		
3/8"	9,51	100	
N° 4	4,76	97	
N° 10	2,00	88	
N° 30	0,595	61	
N° 40	0,425	52	
N° 200	0,075	21	

OBSERVACIONES:

INGENDESA**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 3 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 2, COTA 0,19 – 0,65 m.**

MUESTRA : **N° Pz As – 2 ; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz As – 2 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4		
3/4"	19,0		
3/8"	9,51	100	
N° 4	4,76	99	
N° 10	2,00	98	
N° 30	0,595	78	
N° 40	0,425	69	
N° 200	0,075	26	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS

Página N° 4 de 38

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría.

PROCEDENCIA : POZO N° 2, COTA 0,65 – 2,70 m.

MUESTRA : N° Pz As – 2; M2

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz As – 2 MUESTRA N° 2	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4		
3/4"	19,0		
3/8"	9,51	100	
N° 4	4,76	99	
N° 10	2,00	92	
N° 30	0,595	61	
N° 40	0,425	49	
N° 200	0,075	13	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS

Página N° 5 de 38

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría, límites de Atterberg.

PROCEDENCIA : POZO N° 3, COTA 0,25 – 0,95 m.

MUESTRA : N° Pz As – 3; M1

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz As – 3 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4	100	
3/4"	19,0	98	
3/8"	9,51	97	
N° 4	4,76	96	
N° 10	2,00	92	
N° 30	0,595	85	
N° 40	0,425	84	
N° 200	0,075	68	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	48,4	Nch – 1517
Límite Plástico	=	22,9	
Índice de plasticidad	=	25,5	

OBSERVACIONES:

INGENDESA**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 6 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 3, COTA 0,95 – 3,00 m.**

MUESTRA : **N° Pz As – 3; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz As – 3 MUESTRA N° 2	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1	100	
1"	25,4	98	
3/4"	19,0	98	
3/8"	9,51	73	
N° 4	4,76	69	
N° 10	2,00	65	
N° 30	0,595	50	
N° 40	0,425	44	
N° 200	0,075	12	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 7 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 4, COTA 0,28 – 1,58 m.**

MUESTRA : **N° Pz As – 4; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz As – 4 MUESTRA N° 1	NORMA
2 1/2"	63,5	100	Nch – 165
2"	50,8	97	
1 1/2"	38,1	82	
1"	25,4	68	
3/4"	19,0	57	
3/8"	9,51	40	
N° 4	4,76	31	
N° 10	2,00	28	
N° 30	0,595	20	
N° 40	0,425	16	
N° 200	0,075	7	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	33,5	Nch – 1517
Límite Plástico	=	26,2	
Índice de plasticidad	=	7,3	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 8 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg,**

PROCEDENCIA : **POZO N° 4, COTA 1,58 – 3,00 m.**

MUESTRA : **N° Pz As – 4; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz Az – 4 MUESTRA N° 2	NORMA
3"	76,2	100	Nch – 165
2 1/2"	63,5	90	
2"	50,8	86	
1 1/2"	38,1	78	
1"	25,4	68	
3/4"	19,0	61	
3/8"	9,51	50	
N° 4	4,76	44	
N° 10	2,00	41	
N° 30	0,595	30	
N° 40	0,425	26	
N° 200	0,075	16	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	40,9	Nch – 1517
Límite Plástico	=	25,0	
Índice de plasticidad	=	15,9	

OBSERVACIONES:

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría, límites de Atterberg.

PROCEDENCIA : POZO N° 5, COTA 0,00 – 0,86 m.

MUESTRA : N° Pz Ce – 1; M1

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz Ce – 1 MUESTRA N° 1	NORMA
2 1/2"	63,5	100	Nch – 165
2"	50,8	94	
1 1/2"	38,1	87	
1"	25,4	84	
3/4"	19,0	81	
3/8"	9,51	78	
N° 4	4,76	75	
N° 10	2,00	74	
N° 30	0,595	66	
N° 40	0,425	64	
N° 200	0,075	45	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	22,3	Nch – 1517
Límite Plástico	=	16,5	
Índice de plasticidad	=	5,8	

OBSERVACIONES:

INGENDESA**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 10 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 6, COTA 0,00 – 2,50 m.**

MUESTRA : **N° Pz Ce – 2; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz Ce – 2 MUESTRA N° 1	NORMA
3"	76,2	100	Nch – 165
2 1/2"	63,5	97	
2"	50,8	86	
1 1/2"	38,1	82	
1"	25,4	66	
3/4"	19,0	58	
3/8"	9,51	46	
N° 4	4,76	40	
N° 10	2,00	35	
N° 30	0,595	26	
N° 40	0,425	20	
N° 200	0,075	1	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 11 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 7, COTA 0,00 – 1,60 m.**

MUESTRA : **N° Pz Ce – 3; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz Ce – 3 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1	100	
1"	25,4	99	
3/4"	19,0	99	
3/8"	9,51	99	
N° 4	4,76	99	
N° 10	2,00	98	
N° 30	0,595	97	
N° 40	0,425	96	
N° 200	0,075	52	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	20,4	Nch – 1517
Límite Plástico	=	15,4	
Índice de plasticidad	=	5,0	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS

Página N° 12 de 38

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría, límites de Atterberg.

PROCEDENCIA : POZO N° 8, COTA 1,30 – 2,30 m.

MUESTRA : N° Pz Ce – 4; M1

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz CE – 4 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1	100	
1"	25,4	99	
3/4"	19,0	98	
3/8"	9,51	97	
N° 4	4,76	96	
N° 10	2,00	95	
N° 30	0,595	93	
N° 40	0,425	93	
N° 200	0,075	45	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	19,7	Nch – 1517
Límite Plástico	=	18,3	
Índice de plasticidad	=	1,4	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 13 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 8, COTA 2,30 – 3,00 m.**

MUESTRA : **N° Pz Ce – 4; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz Ce – 4 MUESTRA N° 2	NORMA
2 1/2"	63,5	100	Nch – 165
2"	50,8	97	
1 1/2"	38,1	95	
1"	25,4	87	
3/4"	19,0	82	
3/8"	9,51	70	
N° 4	4,76	60	
N° 10	2,00	54	
N° 30	0,595	48	
N° 40	0,425	47	
N° 200	0,075	24	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS

Página N° 14 de 38

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.
PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO -
PROYECTO CHOAPA - IV REGION.
ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría.
PROCEDENCIA : POZO N° 9, COTA 0,40 - 0,80 m.
MUESTRA : N° Pz SM - 1; M1
FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94
FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SM - 1 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch - 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4	100	
3/4"	19,0	99	
3/8"	9,51	96	
N° 4	4,76	88	
N° 10	2,00	74	
N° 30	0,595	55	
N° 40	0,425	51	
N° 200	0,075	38	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 15 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 9, COTA 0,80 – 3,00 m.**

MUESTRA : **N° Pz SM – 1; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SM – 1 MUESTRA N° 2	NORMA
2 1/2"	63,5	100	Nch – 165
2"	50,8	95	
1 1/2"	38,1	90	
1"	25,4	80	
3/4"	19,0	74	
3/8"	9,51	68	
N° 4	4,76	58	
N° 10	2,00	48	
N° 30	0,595	32	
N° 40	0,425	28	
N° 200	0,075	11	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS

Página N° 16 de 38

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría.

PROCEDENCIA : POZO N° 10, COTA 0,00 – 2,00 m.

MUESTRA : N° Pz SM – 2; M1

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SM – 2 MUESTRA N° 1	NORMA
2 1/2"	63,5		Nch – 165
2"	50,8	100	
1 1/2"	38,1	98	
1"	25,4	96	
3/4"	19,0	95	
3/8"	9,51	94	
N° 4	4,76	94	
N° 10	2,00	93	
N° 30	0,595	92	
N° 40	0,425	91	
N° 200	0,075	40	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 17 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO -
PROYECTO CHOAPA - IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg,**

PROCEDENCIA : **POZO N° 10, COTA 2,00 - 2,60 m.**

MUESTRA : **N° Pz SM - 2; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SM - 2 MUESTRA N° 2	NORMA
3"	76,2	100	Nch - 165
2 1/2"	63,5	93	
2"	50,8	89	
1 1/2"	38,1	88	
1"	25,4	83	
3/4"	19,0	77	
3/8"	9,51	71	
N° 4	4,76	67	
N° 10	2,00	62	
N° 30	0,595	52	
N° 40	0,425	49	
N° 200	0,075	26	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	24,8	Nch - 1517
Límite Plástico	=	16,2	
Índice de plasticidad	=	8,6	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS

Página N° 18 de 38

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría, límites de Atterberg.

PROCEDENCIA : POZO N° 11, COTA 0,18 – 0,48 m.

MUESTRA : N° Pz SM – 3; M1

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SM – 3 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4		
3/4"	19,0	100	
3/8"	9,51	99	
N° 4	4,76	98	
N° 10	2,00	94	
N° 30	0,595	87	
N° 40	0,425	85	
N° 200	0,075	72	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	53,3	Nch – 1517
Límite Plástico	=	23,8	
Índice de plasticidad	=	29,5	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 19 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 11, COTA 0,40 – 1,90 m.**

MUESTRA : **N° Pz SM – 3; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SM – 3 MUESTRA N° 2	NORMA
3"	76,2	100	Nch – 165
2 1/2"	63,5	93	
2"	50,8	83	
1 1/2"	38,1	74	
1"	25,4	62	
3/4"	19,0	52	
3/8"	9,51	35	
N° 4	4,76	22	
N° 10	2,00	20	
N° 30	0,595	18	
N° 40	0,425	16	
N° 200	0,075	12	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	24,4	Nch – 1517
Límite Plástico	=	16,3	
Índice de plasticidad	=	8,1	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 20 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 12, COTA 0,00 – 0,70 m.**

MUESTRA : **N° Pz SC – 1; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SC – 1 MUESTRA N° 1	NORMA
3"	76,2	100	Nch – 165
2 1/2"	63,5	90	
2"	50,8	90	
1 1/2"	38,1	87	
1"	25,4	80	
3/4"	19,0	75	
3/8"	9,51	69	
N° 4	4,76	63	
N° 10	2,00	61	
N° 30	0,595	53	
N° 40	0,425	50	
N° 200	0,075	29	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	17,4	Nch – 1517
Límite Plástico	=	14,9	
Índice de plasticidad	=	2,5	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS

Página N° 21 de 38

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.
PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO -
PROYECTO CHOAPA - IV REGION.
ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría.
PROCEDENCIA : POZO N° 13, COTA 0,00 - 2,10 m.
MUESTRA : N° Pz SC - 2; M1
FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94
FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SC - 2 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch - 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4		
3/4"	19,0		
3/8"	9,51		
N° 4	4,76		
N° 10	2,00	100	
N° 30	0,595	99	
N° 40	0,425	99	
N° 200	0,075	33	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 14, COTA 0,00 – 0,65 m.**

MUESTRA : **N° Pz SC – 3; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SC – 3 MUESTRA N° 1	NORMA
3"	76,2	100	Nch – 165
2 1/2"	63,5	86	
2"	50,8	82	
1 1/2"	38,1	78	
1"	25,4	75	
3/4"	19,0	74	
3/8"	9,51	73	
N° 4	4,76	72	
N° 10	2,00	71	
N° 30	0,595	68	
N° 40	0,425	67	
N° 200	0,075	48	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 23 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 14, COTA 0,65 – 1,70 m.**

MUESTRA : **N° Pz SC – 3; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SC – 3 MUESTRA N° 2	NORMA
2"	50,8	100	Nch – 165
1 1/2"	38,1	98	
1"	25,4	91	
3/4"	19,0	84	
3/8"	9,51	64	
N° 4	4,76	52	
N° 10	2,00	50	
N° 30	0,595	48	
N° 40	0,425	48	
N° 200	0,075	35	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	19,8	Nch – 1517
Límite Plástico	=	17,4	
Indice de plasticidad	=	2,4	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 24 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 15, COTA 0,55 – 2,20 m.**

MUESTRA : **N° Pz SCh – 1; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SCh – 1 MUESTRA N° 1	NORMA
3"	76,2	100	Nch – 165
2 1/2"	63,5	88	
2"	50,8	81	
1 1/2"	38,1	74	
1"	25,4	61	
3/4"	19,0	54	
3/8"	9,51	40	
N° 4	4,76	31	
N° 10	2,00	25	
N° 30	0,595	18	
N° 40	0,425	17	
N° 200	0,075	9	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	24,7	Nch – 1517
Límite Plástico	=	14,0	
Índice de plasticidad	=	10,7	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 25 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg,**

PROCEDENCIA : **POZO N° 15, COTA 2,20 – 3,00 m.**

MUESTRA : **N° Pz SCh – 1; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SCh – 1 MUESTRA N° 2	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4	100	
3/4"	19,0	98	
3/8"	9,51	88	
N° 4	4,76	70	
N° 10	2,00	50	
N° 30	0,595	24	
N° 40	0,425	19	
N° 200	0,075	7	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	25,9	Nch – 1517
Límite Plástico	=	17,2	
Índice de plasticidad	=	8,7	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 26 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 16, COTA 0,00 – 0,67 m.**

MUESTRA : **N° Pz Sch – 2; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz Sch – 2 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1	100	
1"	25,4	99	
3/4"	19,0	99	
3/8"	9,51	98	
N° 4	4,76	96	
N° 10	2,00	92	
N° 30	0,595	85	
N° 40	0,425	83	
N° 200	0,075	42	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 27 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 16, COTA 0,67 – 1,50 m.**

MUESTRA : **N° Pz Sch – 2; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz Sch – 2 MUESTRA N° 2	NORMA
2"	50,8	100	Nch – 165
1 1/2"	38,1	95	
1"	25,4	94	
3/4"	19,0	94	
3/8"	9,51	94	
N° 4	4,76	92	
N° 10	2,00	89	
N° 30	0,595	65	
N° 40	0,425	57	
N° 200	0,075	20	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	18,4	Nch – 1517
Límite Plástico	=	16,5	
Índice de plasticidad	=	1,9	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 16, COTA 1,50 – 2,70 m.**

MUESTRA : **N° Pz Sch – 2; M3**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz Sch – 2 MUESTRA N° 3	NORMA
2 1/2"	63,5	100	Nch – 165
2"	50,8	92	
1 1/2"	38,1	84	
1"	25,4	78	
3/4"	19,0	70	
3/8"	9,51	57	
N° 4	4,76	46	
N° 10	2,00	36	
N° 30	0,595	17	
N° 40	0,425	12	
N° 200	0,075	1	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 29 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 17, COTA 0,15 – 3,00 m.**

MUESTRA : **N° Pz Sch – 3; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz Sch – 3 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4		
3/4"	19,0	100	
3/8"	9,51	99	
N° 4	4,76	98	
N° 10	2,00	97	
N° 30	0,595	91	
N° 40	0,425	88	
N° 200	0,075	74	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	27,9	Nch – 1517
Límite Plástico	=	16,5	
Índice de plasticidad	=	11,4	

OBSERVACIONES:

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría, límites de Atterberg,

PROCEDENCIA : POZO N° 18, COTA 0,40 – 2,20 m.

MUESTRA : N° Pz SS – 1; M1

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SS – 1 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1		
1"	25,4		
3/4"	19,0		
3/8"	9,51	100	
N° 4	4,76	99	
N° 10	2,00	99	
N° 30	0,595	97	
N° 40	0,425	95	
N° 200	0,075	61	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	25,8	Nch – 1517
Límite Plástico	=	17,3	
Índice de plasticidad	=	8,5	

OBSERVACIONES:

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría.

PROCEDENCIA : POZO N° 18, COTA 2,20 – 2,70 m.

MUESTRA : N° Pz SS – 1; M2

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SS – 1 MUESTRA N° 2	NORMA
2 1/2"	63,5	100	Nch – 165
2"	50,8	92	
1 1/2"	38,1	86	
1"	25,4	77	
3/4"	19,0	72	
3/8"	9,51	60	
N° 4	4,76	52	
N° 10	2,00	45	
N° 30	0,595	37	
N° 40	0,425	33	
N° 200	0,075	16	

OBSERVACIONES:

INGENDESA**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 32 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 19, COTA 0,00 – 0,70 m.**

MUESTRA : **N° Pz SS – 2; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SS – 2 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8		Nch – 165
1 1/2"	38,1	100	
1"	25,4	98	
3/4"	19,0	98	
3/8"	9,51	97	
N° 4	4,76	96	
N° 10	2,00	96	
N° 30	0,595	92	
N° 40	0,425	90	
N° 200	0,075	40	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 33 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 19, COTA 0,70 – 2,10 m.**

MUESTRA : **N° Pz SS – 2; M2**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SS – 2 MUESTRA N° 2	NORMA
4"	101,6	100	Nch – 165
3"	76,2	90	
2 1/2"	63,5	83	
2"	50,8	56	
1 1/2"	38,1	40	
1"	25,4	28	
3/4"	19,0	25	
3/8"	9,51	20	
N° 4	4,76	17	
N° 10	2,00	15	
N° 30	0,595	12	
N° 40	0,425	10	
N° 200	0,075	2	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 34 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 20, COTA 0,00 – 2,10 m.**

MUESTRA : **N° Pz SS – 3; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SS – 3 MUESTRA N° 1	NORMA
2 1/2"	63,5	100	Nch – 165
2"	50,8	96	
1 1/2"	38,1	93	
1"	25,4	88	
3/4"	19,0	86	
3/8"	9,51	83	
N° 4	4,76	81	
N° 10	2,00	78	
N° 30	0,595	67	
N° 40	0,425	63	
N° 200	0,075	45	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	23,8	Nch – 1517
Límite Plástico	=	14,8	
Índice de plasticidad	=	9,0	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 35 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg,**

PROCEDENCIA : **POZO N° 21, COTA 0,50 – 1,90 m.**

MUESTRA : **N° Pz SCA – 1; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SCA – 1 MUESTRA N° 1	NORMA
2"	50,8	100	Nch – 165
1 1/2"	38,1	98	
1"	25,4	89	
3/4"	19,0	81	
3/8"	9,51	61	
N° 4	4,76	37	
N° 10	2,00	35	
N° 30	0,595	32	
N° 40	0,425	31	
N° 200	0,075	27	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	34,7	Nch – 1517
Límite Plástico	=	17,4	
Índice de plasticidad	=	17,3	

OBSERVACIONES:

INGENDESA**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 36 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 22, COTA 0,00 – 1,00 m.**

MUESTRA : **N° Pz SCA – 2; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SCA – 2 MUESTRA N° 1	NORMA
4"	101,6	100	Nch – 165
3"	76,2	93	
2 1/2"	63,5	78	
2"	50,8	72	
1 1/2"	38,1	56	
1"	25,4	45	
3/4"	19,0	41	
3/8"	9,51	33	
N° 4	4,76	26	
N° 10	2,00	23	
N° 30	0,595	18	
N° 40	0,425	14	
N° 200	0,075	6	

OBSERVACIONES:

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

Página N° 37 de 38

PETICIONARIO : **INGENIERIA DE APOYO.**

PROCEDENCIA : **ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.**

ENSAYOS SOLICITADOS : **Granulometría, límites de Atterberg.**

PROCEDENCIA : **POZO N° 23, COTA 0,00 – 0,70 m.**

MUESTRA : **N° Pz SCA – 3; M1**

FECHA DE RECEPCION : **04 / 10 / 94**

FECHA EMISION : **11 / 10 / 94**

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SCA – 3 MUESTRA N° 1	NORMA
3"	76,2	100	Nch – 165
2 1/2"	63,5	95	
2"	50,8	95	
1 1/2"	38,1	93	
1"	25,4	88	
3/4"	19,0	84	
3/8"	9,51	75	
N° 4	4,76	66	
N° 10	2,00	65	
N° 30	0,595	56	
N° 40	0,425	54	
N° 200	0,075	42	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	28,9	Nch – 1517
Límite Plástico	=	18,5	
Índice de plasticidad	=	10,4	

OBSERVACIONES:

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
PROYECTO CHOAPA – IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría, límites de Atterberg,

PROCEDENCIA : POZO N° 23, COTA 0,70 – 2,20 m.

MUESTRA : N° Pz SCA – 3; M2

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz SCA – 3 MUESTRA N° 2	NORMA
2 1/2"	63,5	100	Nch – 165
2"	50,8	87	
1 1/2"	38,1	67	
1"	25,4	49	
3/4"	19,0	43	
3/8"	9,51	32	
N° 4	4,76	24	
N° 10	2,00	18	
N° 30	0,595	14	
N° 40	0,425	13	
N° 200	0,075	9	

LIMITES DE ATTERBERG			NORMA
Límite Líquido	=	23,2	Nch – 1517
Límite Plástico	=	15,8	
Índice de plasticidad	=	7,4	

OBSERVACIONES:

ORLANDO HOFER PINEDA
JEFE GRUPO LABORATORIOS

CERTIFICADO DE ENSAYOS N° 1319

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.

PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO -
PROYECTO CHOAPA - IV REGION.

ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría y propiedades físicas
de los áridos.

PROCEDENCIA : POZO N° 24, COTA 0,50 - 3,00 m.

MUESTRA : POZO N° Pz EC - 1; M1

FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94

FECHA EMISION : 11 / 10 / 94

RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz EC - 1 MUESTRA N° 1	NORMA
36"	914,4		
24"	609,6	100	
12"	304,8	96	
6"	152,4	80	Nch - 165
3"	76,1	60	
1 1/2"	38,1	43	
3/4"	19,0	31	
N° 4	4,76	21	
N° 8	2,38	18	
N° 16	1,19	15	
N° 30	0,595	9	
N° 50	0,297	4	
N° 100	0,149	2	
N° 200	0,075	1	
Densidad real SSS (kg / dm ³)			
- < # 4		2,694	Nch - 1117
- # 4 - 3"		2,773	Nch - 1239

Densidad aparente suelta (kg / dm ³)			
- < # 4		1,654	Nch - 1116
- # 4 - 3"		1,786	
Material menor # 200 (%)			
- < # 4		4,24	Nch - 1223
- > 3"		0,53	
Absorción (%)			
- < # 4		1,44	Nch - 1117
- # 4 - 3"		0,48	Nch - 1239
- > 3"		---	
Indice de materia orgánica (N°)			
		3	Nch - 166
Indice de plasticidad, Atterberg			
- (< # 40)		NP	Nch - 1517

OBSERVACIONES:

INGENDESA

EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS

Página N° 2 de 3

PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.
 PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO –
 PROYECTO CHOAPA – IV REGION.
 ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría y propiedades físicas
 de los áridos.
 PROCEDENCIA : POZO N° 25, COTA 0,50 – 2,80 m.
 MUESTRA : POZO N° Pz EC – 2; M1
 FECHA DE RECEPCION : 04 / 10 / 94
 FECHA EMISION : 11 / 10 / 94
 RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz EC – 2 MUESTRA N° 1	NORMA
36"	914,4		
24"	609,6		
12"	304,8	100	
6"	152,4	90	Nch – 165
3"	76,1	71	
1 1/2"	38,1	54	
3/4"	19,0	41	
N° 4	4,76	27	
N° 8	2,38	23	
N° 16	1,19	18	
N° 30	0,595	8	
N° 50	0,297	2	
N° 100	0,149	1	
N° 200	0,075	0	
Densidad real SSS (kg / dm3)			
- < # 4		2,712	Nch – 1117
- # 4 – 3"		2,738	Nch – 1239
- > 3"		---	
Densidad aparente suelta (kg / dm3)			
- < # 4		1,630	Nch – 1116
- # 4 – 3"		1,812	
Material menor # 200 (%)			
- < # 4		1,64	Nch – 1223
- > 3"		0,50	
Absorción (%)			
- < # 4		1,56	Nch – 1117
- # 4 – 3"		0,98	Nch – 1239
- > 3"		---	
Indice de materia orgánica (N°)			
		0	Nch – 166
Indice de plasticidad, Atterberg			
- (< # 40)		NP	Nch – 1517

OBSERVACIONES:

OK

INGENDESA

**EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.
GRUPO LABORATORIOS**

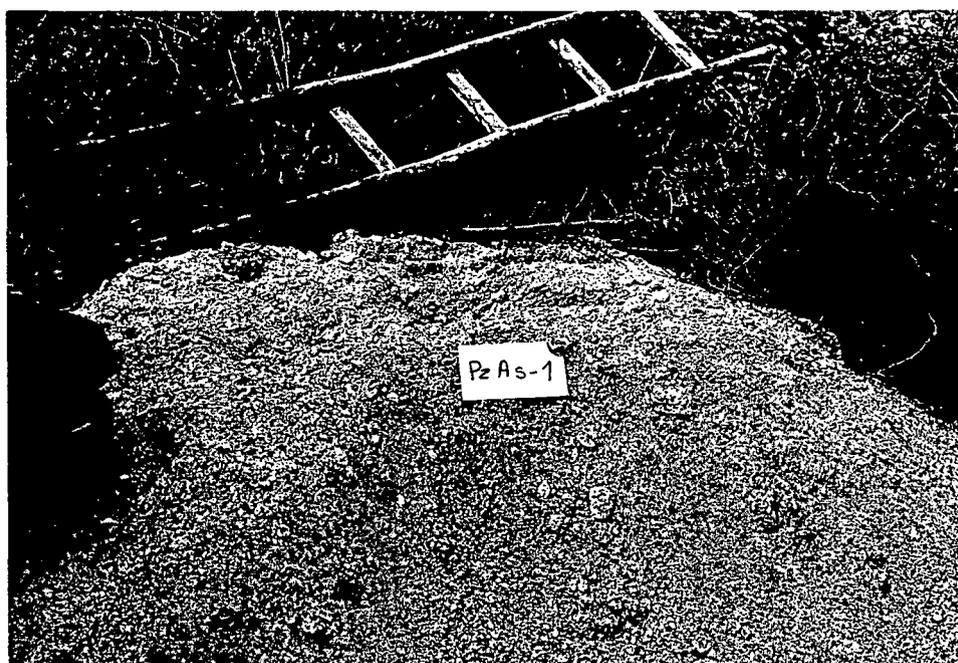
PETICIONARIO : INGENIERIA DE APOYO.
 PROCEDENCIA : ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO -
 PROYECTO CHOAPA - IV REGION.
 ENSAYOS SOLICITADOS : Granulometría y propiedades físicas
 de los áridos.
 PROCEDENCIA : POZO N° 26, COTA 0,50 - 3,00 m.
 MUESTRA : POZO N° Pz EC - 3; M1
 FECHA DE RECEPCION : 04/10/94
 FECHA EMISION : 11/10/94
 RESULTADOS :

GRANULOMETRIA (% QUE PASA)			
MALLA ASTM	mm	POZO N° Pz EC - 3 MUESTRA N° 1	NORMA
36"	914,4		
24"	609,6	100	
12"	304,8	96	
6"	152,4	82	Nch - 165
3"	76,1	61	
1 1/2"	38,1	48	
3/4"	19,0	40	
N° 4	4,76	29	
N° 8	2,38	26	
N° 16	1,19	19	
N° 30	0,595	8	
N° 50	0,297	3	
N° 100	0,149	2	
N° 200	0,075	1	
Densidad real SSS (kg / dm ³)			
- < # 4		2,751	Nch - 1117
- # 4 - 3"		2,738	Nch - 1239
- > 3"		---	
Densidad aparente suelta (kg / dm ³)			
- < # 4		1,642	Nch - 1116
- # 4 - 3"		1,754	
Material menor # 200 (%)			
- < # 4		3,64	Nch - 1223
- > 3"		0,40	
Absorción (%)			
- < # 4		0,84	Nch - 1117
- # 4 - 3"		1,62	Nch - 1239
- > 3"		---	
Indice de materia orgánica (N°)			
		2	Nch - 166
Indice de plasticidad, Atterberg			
- (< # 40)		NP	Nch - 1517

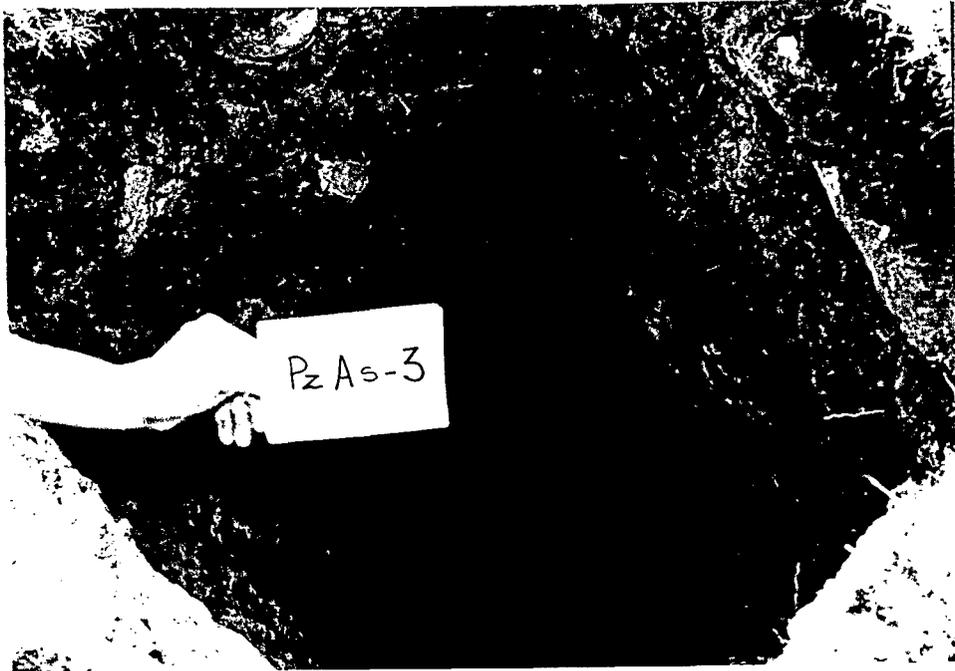
OBSERVACIONES:


INGENDESA
GRUPO
LABORATORIOS
 ORLANDO HOFER PINEDA
 JEFE GRUPO LABORATORIOS

A N E X O N° 6.2.2.2-3
FOTOGRAFIAS DE LOS POZOS

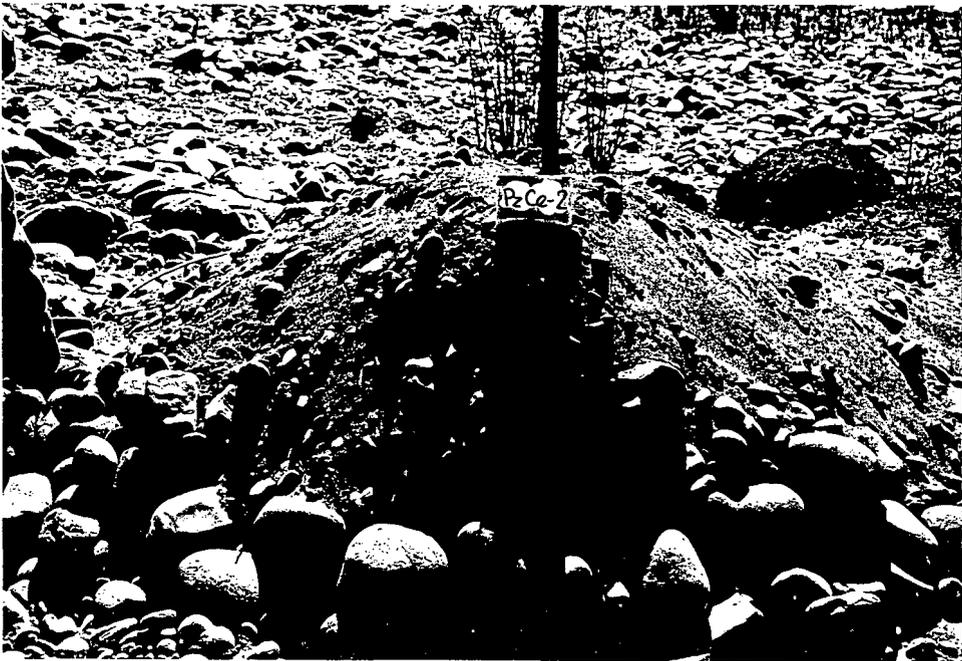


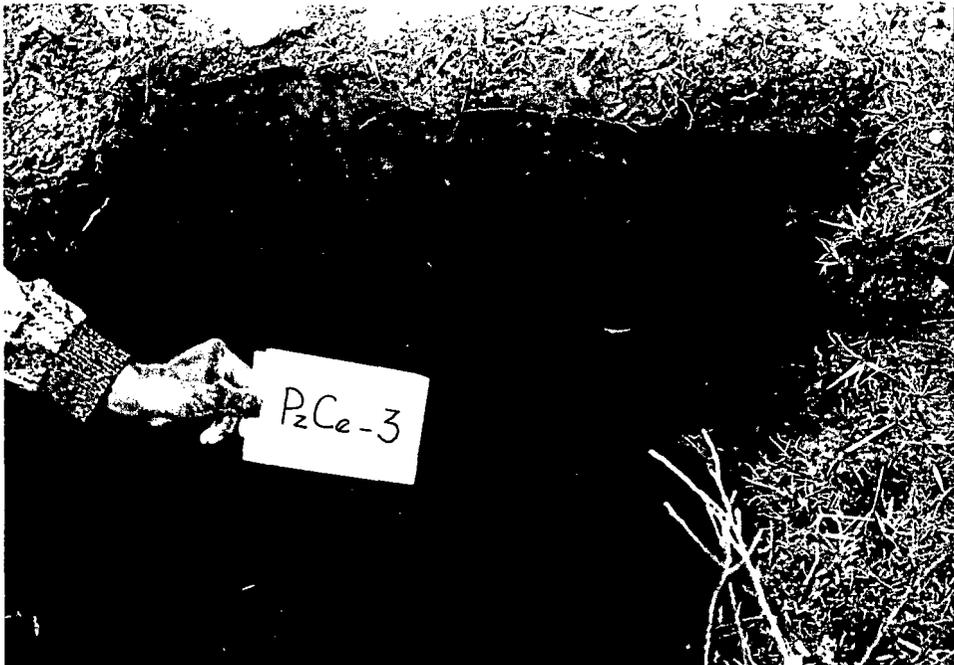


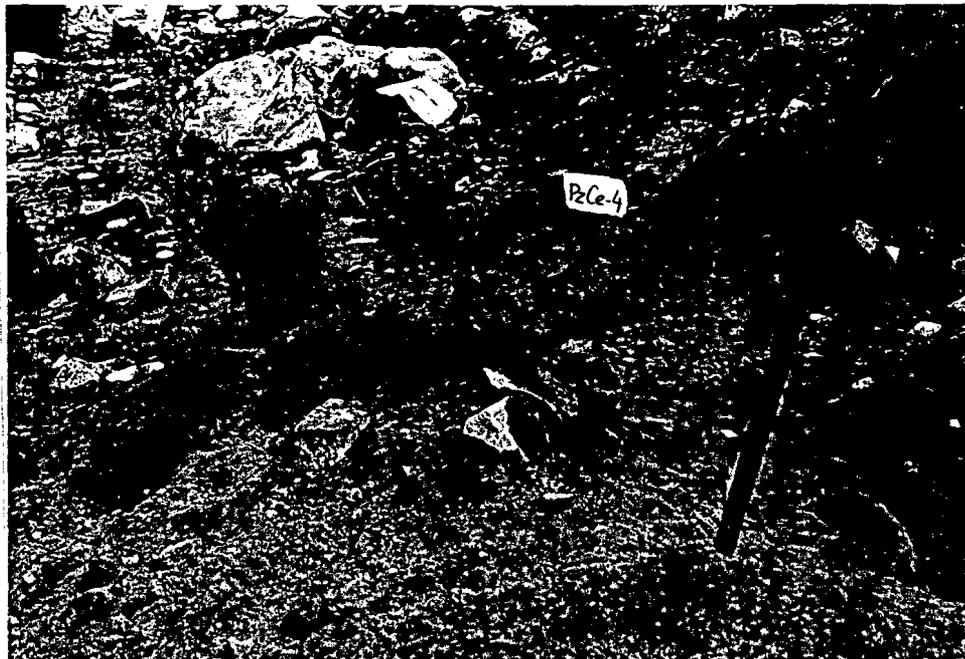
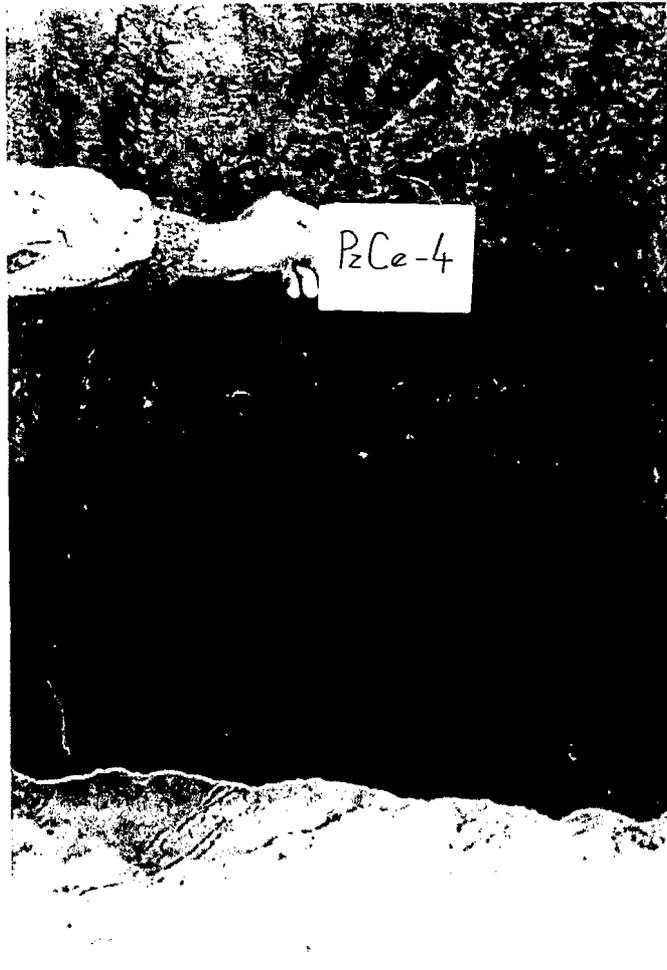


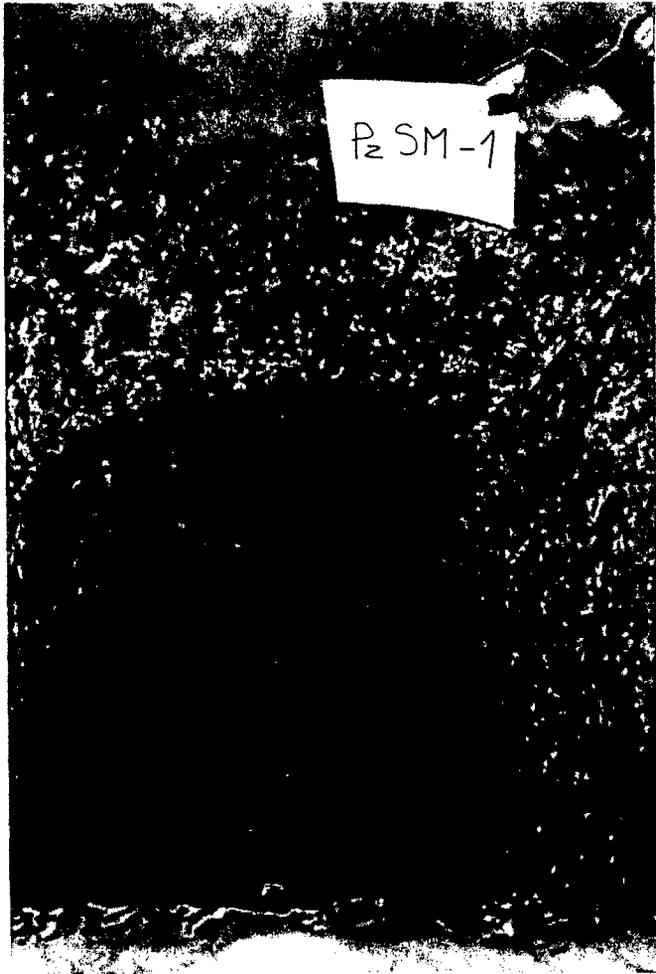




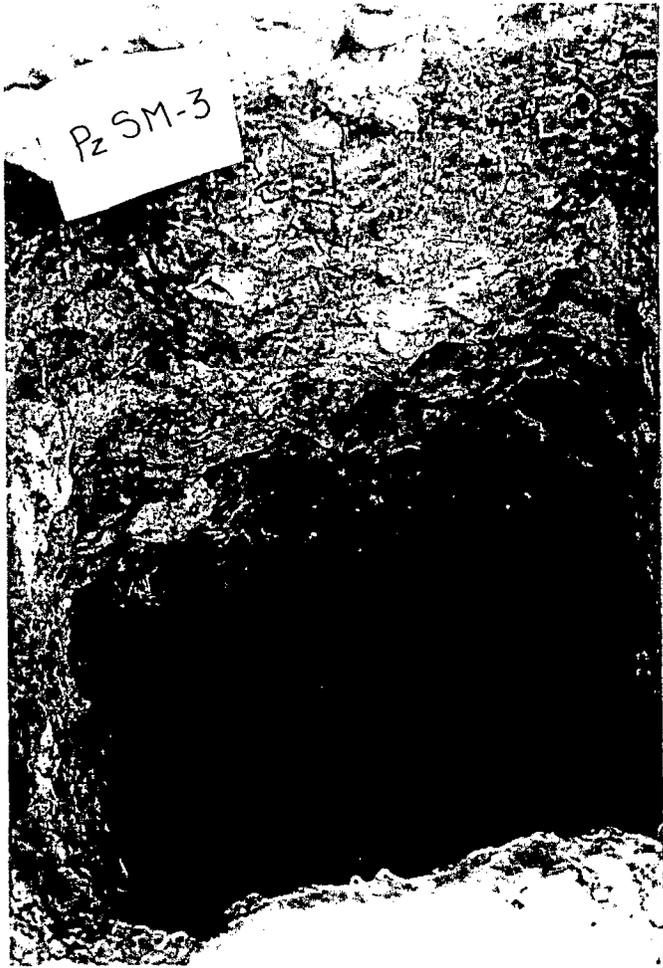


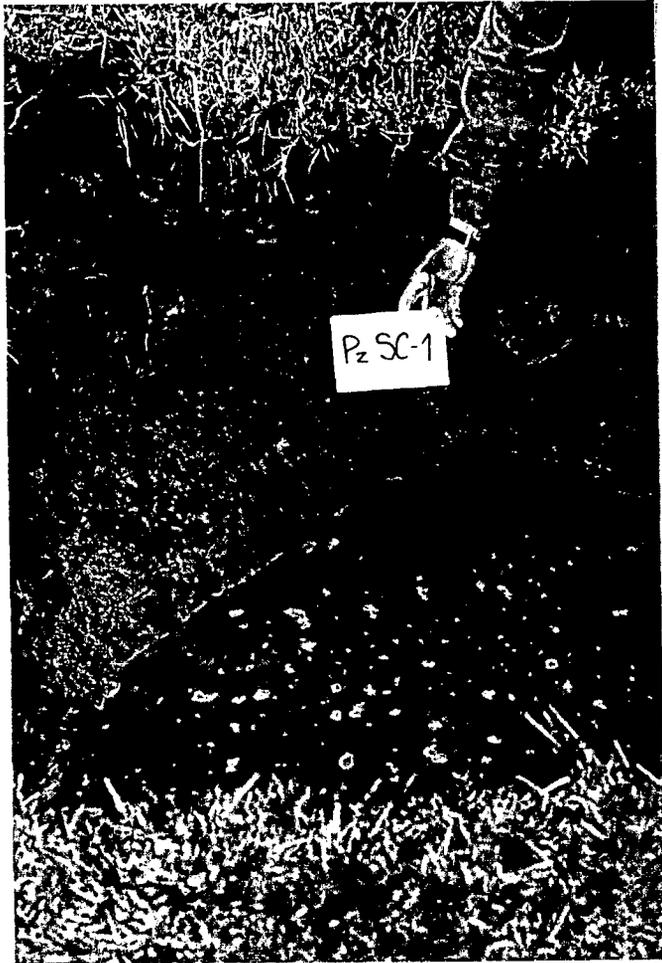


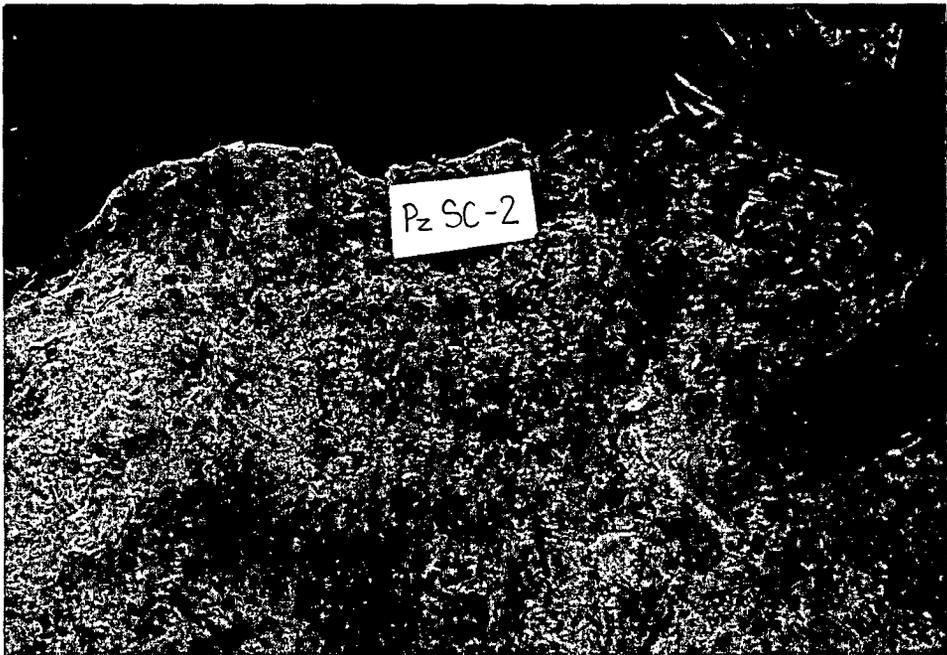










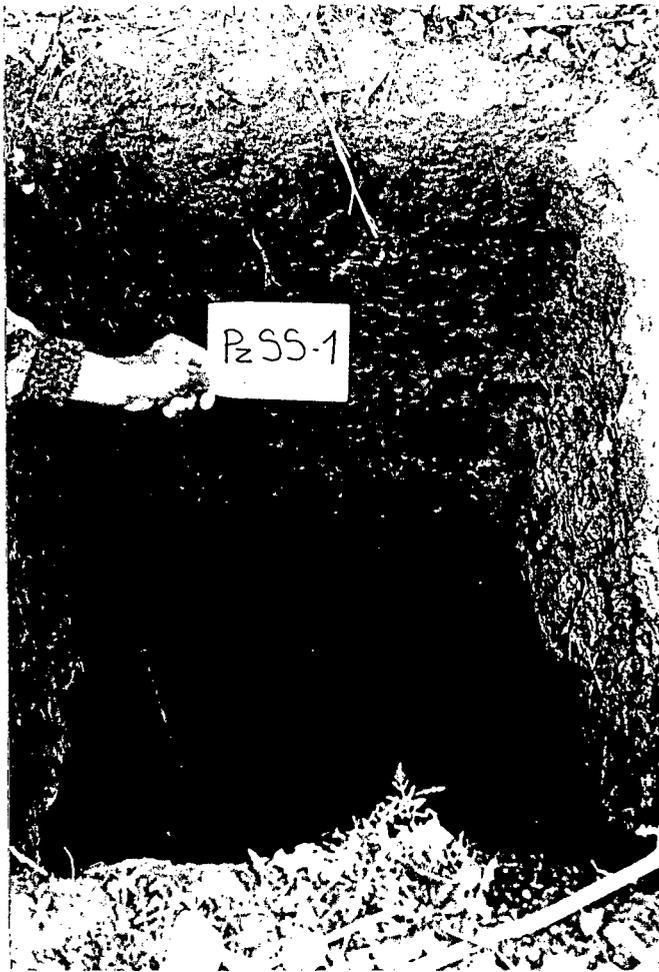


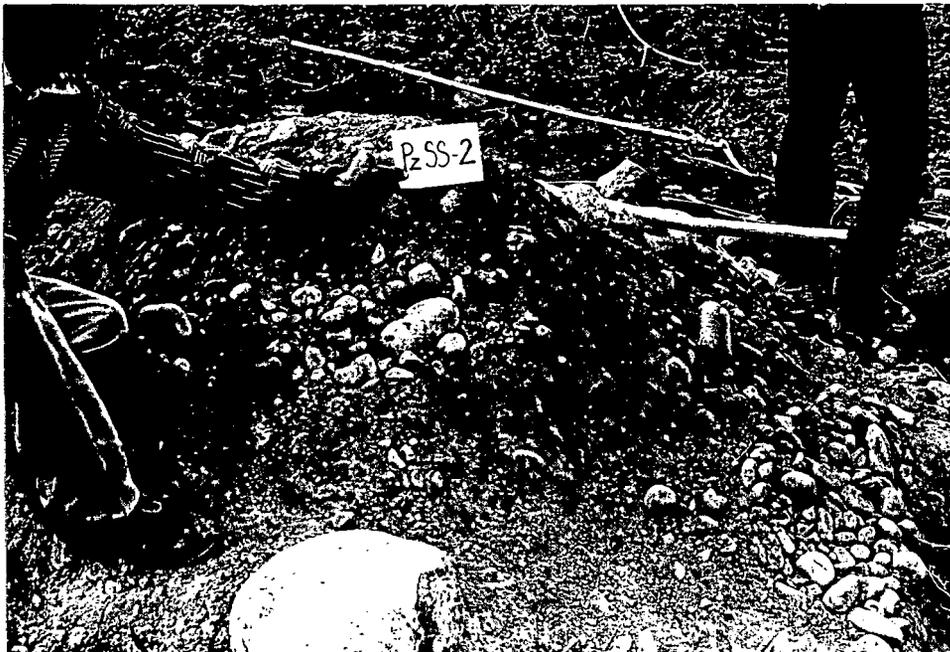




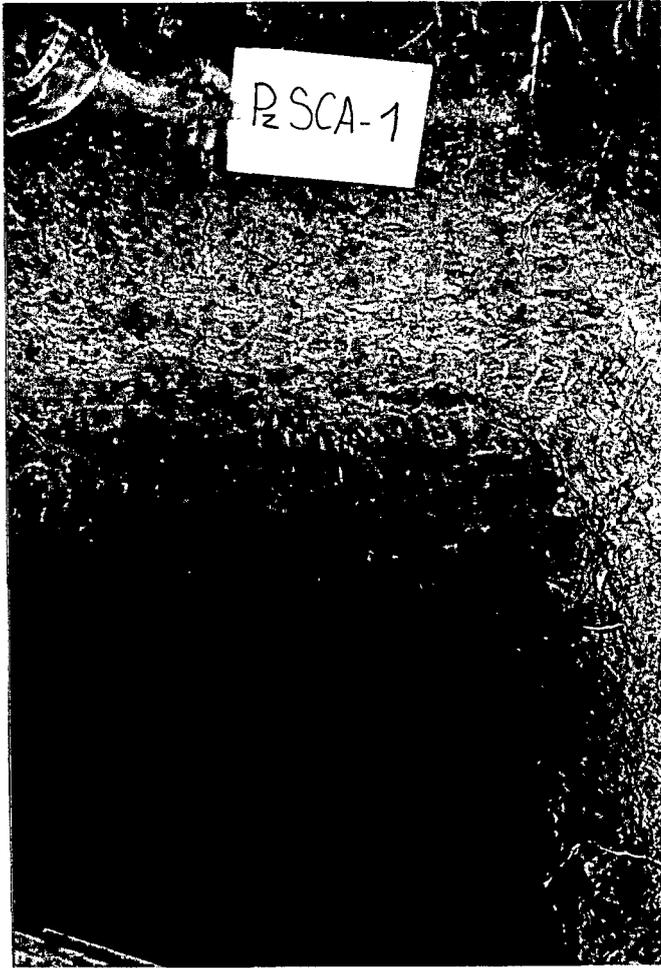




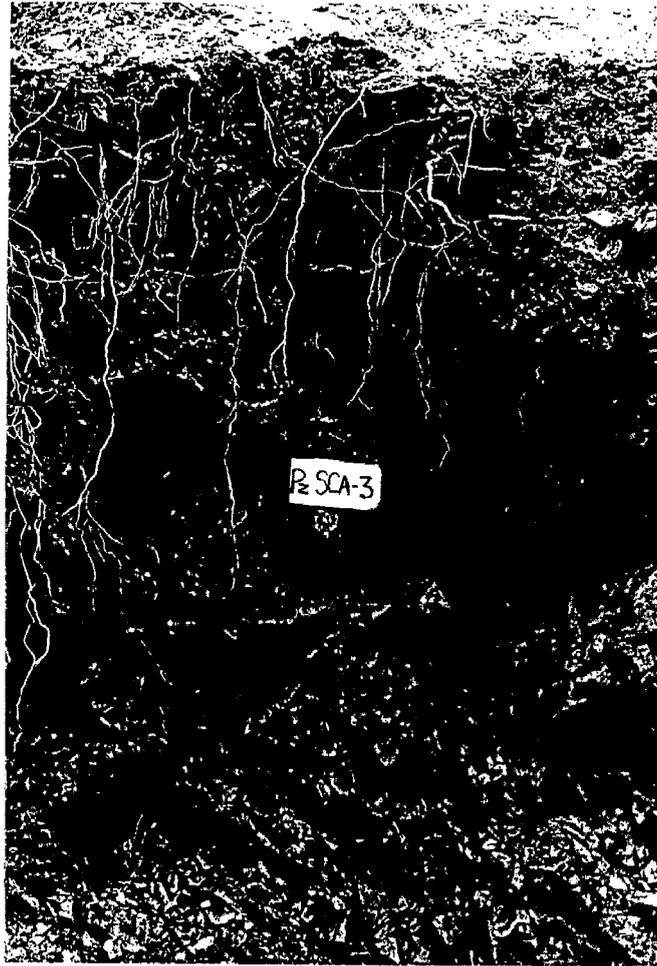


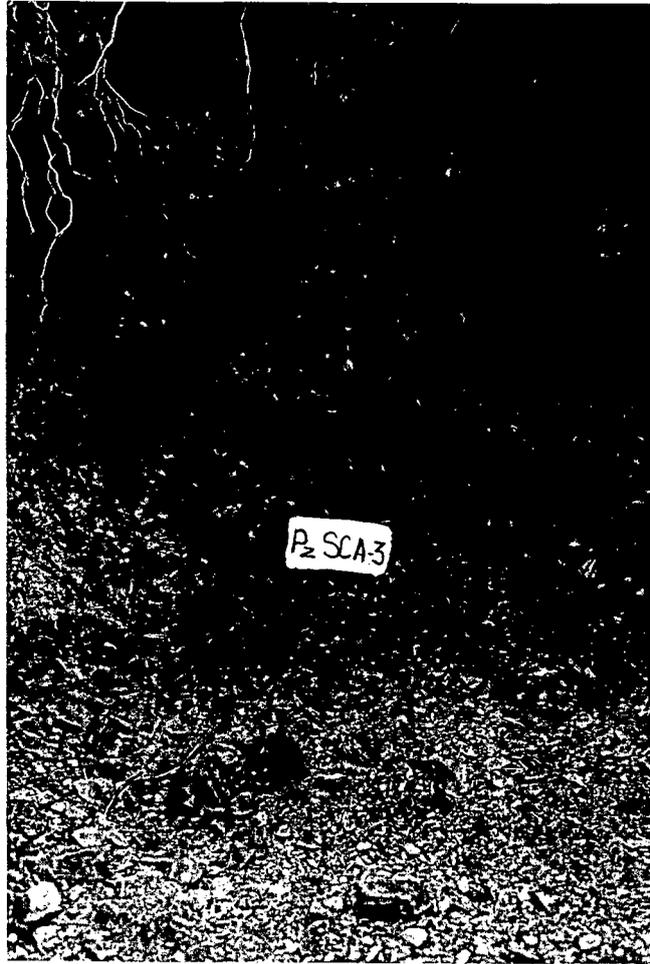












6.2.2.3 CONCLUSIONES**1. GENERALIDADES**

A continuación se entregan las características geotécnicas de los lugares de emplazamiento de presas, de sifones y de yacimientos, seleccionados en este Estudio Integral de Riego del valle del río Choapa.

Estas conclusiones geotécnicas se basan en el reconocimiento de la zona hecho por ingenieros especialistas y en el análisis de los antecedentes entregados por la exploración hecha a base de pozos, ensayos de laboratorio, perfiles geosísmicos y sondajes eléctricos.

2. CONCLUSIONES GEOTECNICAS DE LOS SITIOS DE PRESA**2.1 PRESA CANELILLO**

La angostura Canelillo, se encuentra en toda su extensión en roca de calidad geotécnica aceptable, y la duda de la existencia de un posible paleocauce en la ribera derecha fue descartada por los resultados entregados por los perfiles sísmicos hechos para tales fines.

Estos perfiles indican que la roca de buena calidad geotécnica ($V_p > 3000$ m/seg) está sobre la cota 225.0 m s.n.m. y el espesor de la sobrecarga no sobrepasa los 10.00 m.

Lo anterior permite concluir que Canelillo es una buena angostura para emplazar una presa gravitacional y no debería presentar imprevistos de importancia.

Para continuar con el desarrollo del proyecto será necesario hacer sondajes y ensayos que permitan cuantificar en forma objetiva la calidad geotécnica de la roca de fundación.

2.2 PRESA LAS ASTAS

El lugar de emplazamiento de la presa Las Astas es un ligero estrechamiento del valle del estero Limáhuida, que tiene como principal incógnita el espesor de los depósitos existentes sobre la roca fundamental.

En esta etapa del proyecto, para precisar la potencia de estos depósitos, así como las características de los suelos que lo

forman, se hicieron 4 pozos, 4 perfiles sísmicos y 2 sondajes eléctricos.

El análisis de estos resultados indica que en ambas ribera hay depósitos fluviales de baja densidad sobre suelos residuales o roca fuertemente meteorizada. Estos fluviales son de mayor potencia en la ribera oriente donde alcanzan hasta 10 m de espesor.

Es de hacer notar que los perfiles sísmicos indican que en esta misma ribera pueden encontrarse depósitos de gran espesor (sobre 30 m), formado ya sea por fluviales muy compactos o suelos residuales de alta consistencia.

Lo anterior implica que en esta semiangostura debe estudiarse en detalle las características de los depósitos existentes en la ribera derecha para despejar incógnitas y evitar imprevistos en etapas posteriores del proyecto.

Se recomienda, desde el punto de vista geotécnico, dar prioridad a los otros lugares de emplazamiento seleccionados y dejar la angostura Las Astas como un alternativa de última instancia.

2.3 PRESA CERRILLOS

La denominada angostura Cerrillos es un angostamiento de la Caja de Choapa, la cual en esa zona fue labrada en rocas intrusivas que en la actualidad están cubiertas por un depósito fluvial.

Para determinar la profundidad en la cual se encuentra la roca apta para fundar una presa gravitacional se hicieron 4 pozos, 6 perfiles sísmicos y 3 sondajes eléctricos verticales.

Esta exploración confirma la existencia de los depósitos fluviales en ambas riberas e indica que en la Sureste, éstos son de una potencia del orden de los 2 a 4 m en cambio en la ribera derecha o Norponiente estos depósitos podrían tener un espesor del orden de los 18 m.

Lo anterior hace concluir que desde el punto de vista geotécnico esta angostura es de buenas características. En etapas posteriores del diseño, se deberá seguir estudiándola determinando a base de sondajes la potencia de estos depósitos, así como las características de las rocas que las subyacen para evitar imprevistos de diseño.

2.4 PRESA CORRALES

La angostura Corrales en el estero Camisas, se caracteriza por estar en rocas intrusivas en toda su extensión y presentar buenas características geotécnicas y topográficas para emplazar en ella una presa gravitacional.

Para aclarar la posibles existencia de un paleocauce en la ribera derecha se hicieron dos perfiles sísmicos en el correspondiente portezuelo, los que indicaron la existencia de una delgada capa de depósito cuaternario sobre roca meteorizada de alta consistencia del orden de 15 m de espesor. Bajo los 20 m de profundidad se detectó una roca de buena calidad geoténica $V_p > 3800$ m/seg.

Despejada la incógnita del palrocauce, las exploraciones que sigan deberán tener por objetivo precisar en forma cuantitativa las características de la roca sobre las que se fundaría la presa.

3. CONCLUSIONES GEOTECNICAS DE LOS SITIOS DE SIFONES

Como se indicó en el punto 6.2.2.2, el suelo de fundación de cada uno de los 5 sifones proyectados se estudió con un pozo en la boca de entrada, uno en el centro y un tercero en la boca de salida.

El análisis de los antecedentes entregados por estos pozos hace concluir lo siguiente:

- Todos los sifones quedarán fundados en suelos de buenas características geotécnicas. Para los prediseños pueden usarse tensiones de contacto de hasta 3.00 kg/cm^2 .
- Debe considerarse en el diseño estructural de los sifones, en los cuales parte de ellos quedan fundados en roca y parte en suelo, las respectivas juntas de movimiento.

4. CONCLUSIONES SOBRE YACIMIENTOS DE ARIDOS

Como yacimientos de áridos para hormigón se han considerado los depósitos fluviales del río Choapa y los del estero Camisas.

Para los depósitos del Choapa no se estimó necesario en esta etapa hacer exploración, debido a que la inspección visual hecha en terreno indicó su factibilidad de uso. Para las etapas posteriores deberán hacerse los pozos y los ensayos que

permitan evaluar en forma cuantitativa las características de estos yacimientos.

Para precisar si los depósitos existentes en el estero Camisas eran factibles de usar como yacimiento de áridos, fue necesario hacer 3 pozos y los correspondientes ensayos de laboratorio.

El análisis de los antecedentes entregados por esta exploración inicial hace concluir que estos fluviales pueden ser usados como agregados para hormigón, pero debe considerarse un probable lavado de las arenas, una selección de los lugares donde el contenido de materia orgánica sea menor a 3 % y un chancado para obtener las gravas.