EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A. - ENDESA

CENTRAL HIDROELECTRICA ANTUCO

CENTRAL HIDROELECTRICA ANTUCO

1981

EMPRESA NACIONAL
DE ELECTRICIDAD S.A.

32375

Lago Laja y volcán Antuco

Central hidroeléctrica Antuco

La Empresa Nacional de Electricidad S.A. pone en servicio en el presente año una nueva central hidroeléctrica: la Central Antuco.

Es un proyecto más, convertido en realidad, que se suma al gran número de plantas hidro y termoeléctricas ya en funcionamiento y a la red de transmisión de energía que paulatinamente ha ido uniendo los centros productores y los de consumo de gran parte del país.

Es así como las centrales ya construidas por la ENDESA alcanzan una potencia instalada cercana a los dos millones de kW y una generación media anual de energía de 8.000 millones de kWh, cifras que para el presente año constituyen aproximadamente el 80% de los requerimientos del servicio público.

Los sistemas de transmisión que se han logrado conformar se extienden a través de todas las regiones del país, los que junto con integrar los centros generadores permiten su óptima utilización. El mayor y más importante es el llamado Sistema Interconectado, que cubre el área comprendida entre Chañaral y Chiloé, zona en la cual se concentra aproximadamente el 90% del consumo de energía.

Uno de los principales objetivos planteados desde el inicio del desarrollo eléctrico del país ha sido el Aprovechamiento Hidroeléctrico del río Laja, debido a la importancia de los recursos de la hoya hidrográfica del curso superior de este río y a la existencia del gran embalse natural que constituye el lago Laja.

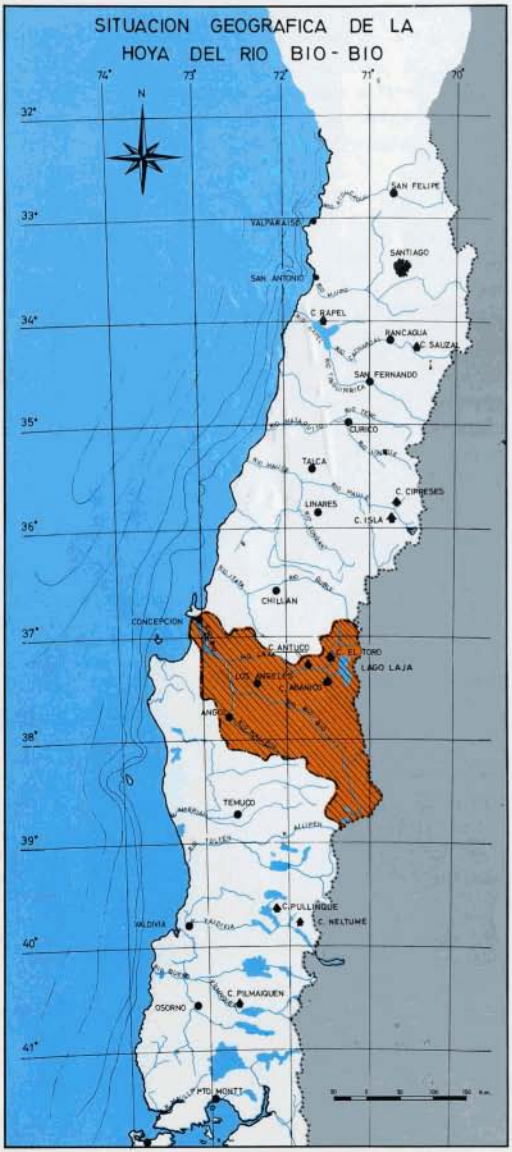
La central Antuco, junto con las centrales El Toro y Abanico, las Obras de Regulación del lago Laja y las de Captación Alto Polcura, conforman el conjunto de instalaciones que permiten este aprovechamiento. En ellas se concentra una potencia de 835.000 kW y una generación promedio anual de 3.800 millones de kWh, lo que representa el 40% del Sistema Interconectado.

CHILE - SISTEMA INTERCONECTADO

Sin embargo, la trascendencia de estas obras va más allá del hecho de considerar su potencia instalada y la energía que generan, pues al estar respaldadas por el lago Laja, de regulación interanual, permiten darle al Sistema Interconectado una seguridad de suministro adecuada a la importancia que tiene para el país. En efecto, la gran capacidad de embalse del lago Laja hace posible que estas centrales puedan entregar su energía aún en años de gran sequía.

Con la puesta en servicio de la central Antuco, de 300.000 kW de potencia y 1.800 millones de kWh de producción promedio anual de energía, la ENDESA pone término a una etapa importante de su Plan de Obras, la ejecución de instalaciones hidroeléctricas mayores en la hoya del río Laja.

Construcción Línea de Alta Tensión, Sistema Interconectado. Trabajo de Montaje


SITUACION GEOGRAFICA DE LA
HOYA DEL RIO BIO - BIO
N
74°
73°
72°
71°
70°
32°
33°
34°
35°
36°
37°
38°
39°
40°
41°
SAN FELIPE
VALPARAISO
SANTIAGO
SAN ANTONIO
C. RAPEL
RANCAGUA
C. SAUZAL
SAN FERNANDO
CURICO
TALCA
C. CIPRESES
LINARES
C. ISLA
CHILLAN
CONCEPCION
C. ANTUCO
TORO
LAGO LAJA
LOS ANGELES
C. AMANCO
ANGOL
TEMUCO
C. PULLINQUE
C. NELTUME
VALDIVIA
C. PILMAIQUEN
OSORNO
PTO. MONTT

HOYA HIDROGRAFICA DEL RIO BIO - BIO
RIO LAJA
LAGO LAJA

Aprovechamiento de la hoya del río Laja

En la zona centro-sur del país, entre los paralelos 37° y 39° de latitud sur, se encuentra ubicada la hoya hidrográfica del río Bío-Bío. En el sector noreste de ella se sitúa la correspondiente al río Laja, su afluente principal. El curso superior del río Laja ha sido estudiado en detalle por la ENDESA debido a la importancia de sus caudales utilizables.

El aprovechamiento de los recursos de la hoya alta del río Laja se basa fundamentalmente en la utilización del lago, que da origen al río Laja, como embalse de regulación. El lago Laja, situado a 1.360 m sobre el nivel del mar, es un depósito natural de grandes dimensiones que se formó al obstruirse el valle debido a la acumulación de lava proveniente de los volcanes Laja y Antuco. Su capacidad de embalse alcanza los 7.500 millones de metros cúbicos, de los cuales, con las obras construidas, son regulables aproximadamente 4.500 millones.

En orden cronológico, la primera obra que permitió el aprovechamiento de la hoya del río Laja con fines energéticos fue la central Abanico de 135.000 kW, cuyas primeras unidades se pusieron en servicio en el año 1948. Tiene un canal de 7 km de longitud y 112 m^3/s de capacidad y una caída bruta de 147 m. Con las Obras de Regulación Provisionales y posteriormente, a partir de 1963, con la construcción del Túnel de Vaciado, fue posible aprovechar gran parte de la capacidad de embalse del lago Laja para generar energía en Abanico, dando a esta central un alto factor de utilización.

A partir de 1973, con la puesta en servicio de la central El Toro, la central Abanico utiliza sólo aquellos recursos del lago que se filtran hacia el río Laja y el agua del curso superior de este río. Ello se debe a que, teniendo ambas centrales la posibilidad de generar con caudales provenientes del lago Laja, resulta de mayor conveniencia su utilización a través de la central El Toro, ya que su altura de caída es aproximadamente cuatro veces mayor.

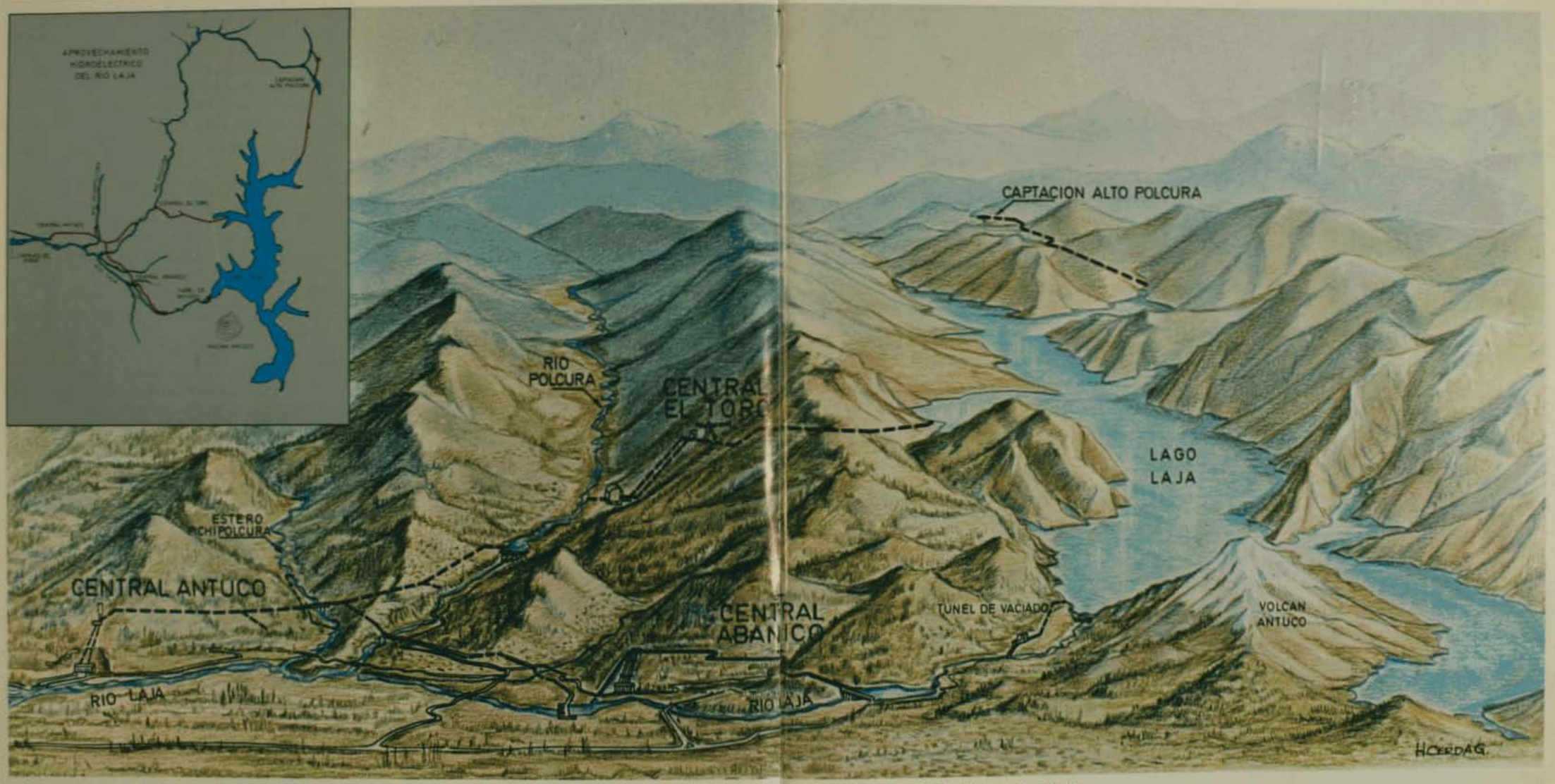
La central El Toro, de 400.000 kW de potencia y 1.660 millones de kWh de generación promedio anual, capta sus aguas directamente en el lago mediante una toma profunda situada a 60 m bajo su nivel máximo. Un túnel de 9 km de longitud y 97 m^3/s de capacidad conduce las aguas hasta la zona de caída. Dos túneles blindados de 1.450 m de longitud cada uno, permiten utilizar una altura de caída de aproximadamente 600 m, llevando los caudales disponibles hasta la caverna de máquinas. En ella están instaladas las cuatro unidades generadoras de 100 MW cada una. Posteriormente las aguas son restituidas al río Polcura.

Para incrementar el caudal afluente al lago Laja, en el año 1977 se terminó la construcción de la captación del Alto Polcura que permite desviar hacia el lago un promedio de 9,3 m^3/s. Esta obra está constituida por tres captaciones independientes unidas entre sí mediante unos 4 km de túneles. El caudal así captado se conduce hasta el lago Laja por un túnel de casi 9 km de longitud.

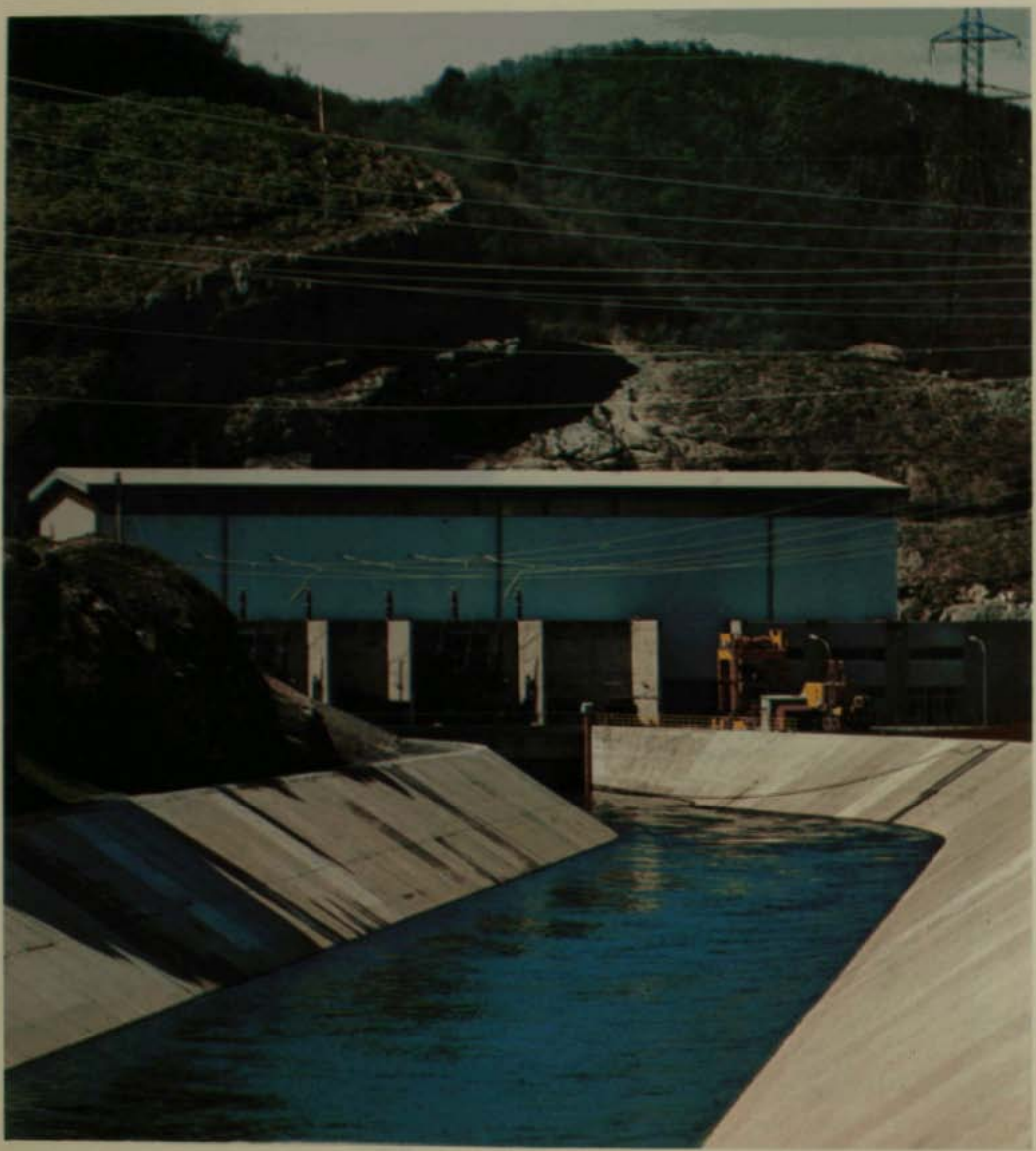
La central Antuco capta las aguas que descargan las centrales El Toro y Abanico, y los recursos de los ríos Polcura y Laja, incluidos sus afluentes Pichipolcura, Malalcura, Cipreses y El Toro. Aprovecha la caída que se produce entre la descarga de las centrales El Toro y Abanico, que están al mismo nivel, y la bocatoma de los primeros canales de riego. Con una altura de caída bruta de 207 m y un caudal máximo de 190 m^3/s, tiene una potencia instalada de 300.000 kW y su generación promedio de energía alcanza a 1.800 millones de kWh por año.

Por otra parte, el agua de la cuenca alta del río Laja también es aprovechada para asegurar el riego de la zona. Las obras construidas han permitido utilizar la gran capacidad de embalse del lago, regulando en forma total los caudales que le llegan, con lo cual es posible garantizar el suministro a los canales de riego durante el estiaje, aún en los años de hidrología más desfavorable.

Considerando la importancia de las obras, tanto para fines de energía como para riego, la ENDESA ha implementado un sistema de telecontrol de todas las instalaciones y el uso de un computador de procesos que permite optimizar la utilización de los recursos.



Aprovechamiento hidroeléctrico del río Laja



Casa de Máquinas y canal de evacuación

La central Antuco

Generalidades

La central Antuco es la última central del Aprovechamiento Hidroeléctrico del río Laja. Está ubicada inmediatamente aguas abajo de las centrales El Toro y Abanico.

Los recursos de agua con que cuenta la central Antuco provienen principalmente de las descargas de las centrales nombradas y del río Polcura, el cual tiene una cuenca hidrográfica extensa en la cordillera. El resto de los recursos son proporcionados por esteros y afluentes menores del río Laja.

Central Antuco

Caudales medios anuales utilizados

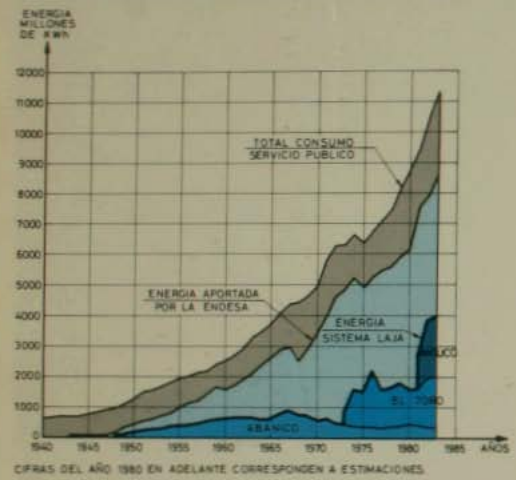
Fuente	Caudal promedio
Central El Toro (lago Laja)	39,6 m³/s (33,0%)
Río Polcura	36,7 m³/s (30,6%)
Central Abanico	
–Filtraciones del lago Laja	27,0 m³/s (22,5%)
–Río Laja, hoya intermedia	7,6 m³/s (6,3%)
Esteros Malalcura y El Toro	4,7 m³/s (3,9%)
Río Pichipolcura	4,4 m³/s (3,7%)
Totales	120,0 m³/s (100,0%)

La central Antuco tiene una importancia significativa para el abastecimiento eléctrico del país, pues la energía que genera representa una quinta parte de la demanda actual del Sistema Interconectado.

Debe destacarse además la cantidad de energía que puede proporcionar en forma segura para el abastecimiento del Sistema Interconectado, aún en los períodos de hidrología críticos. Esta energía firme tiene gran valor debido a que la generación en otras centrales hidroeléctricas varía considerablemente de un año a otro, y dentro de un mismo año, a causa de la irregularidad de las precipitaciones que caracteriza a la zona norte y central de Chile. Esta dependencia del clima se hace mínima en la central Antuco, ya que una parte importante de sus

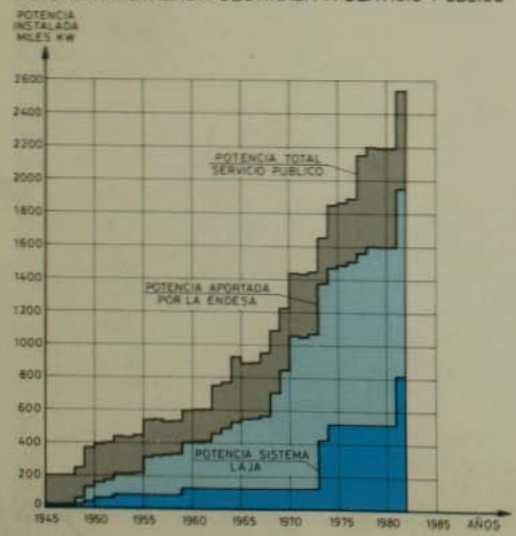
caudales provienen del lago Laja, cuyo gran volumen de regulación (4.500 millones de m³) garantiza la entrega de

ENERGIA ELECTRICA DESTINADA A SERVICIO PUBLICO



CIFRAS DEL AÑO 1980 EN ADELANTE CORRESPONDEN A ESTIMACIONES.

POTENCIA INSTALADA DESTINADA A SERVICIO PUBLICO



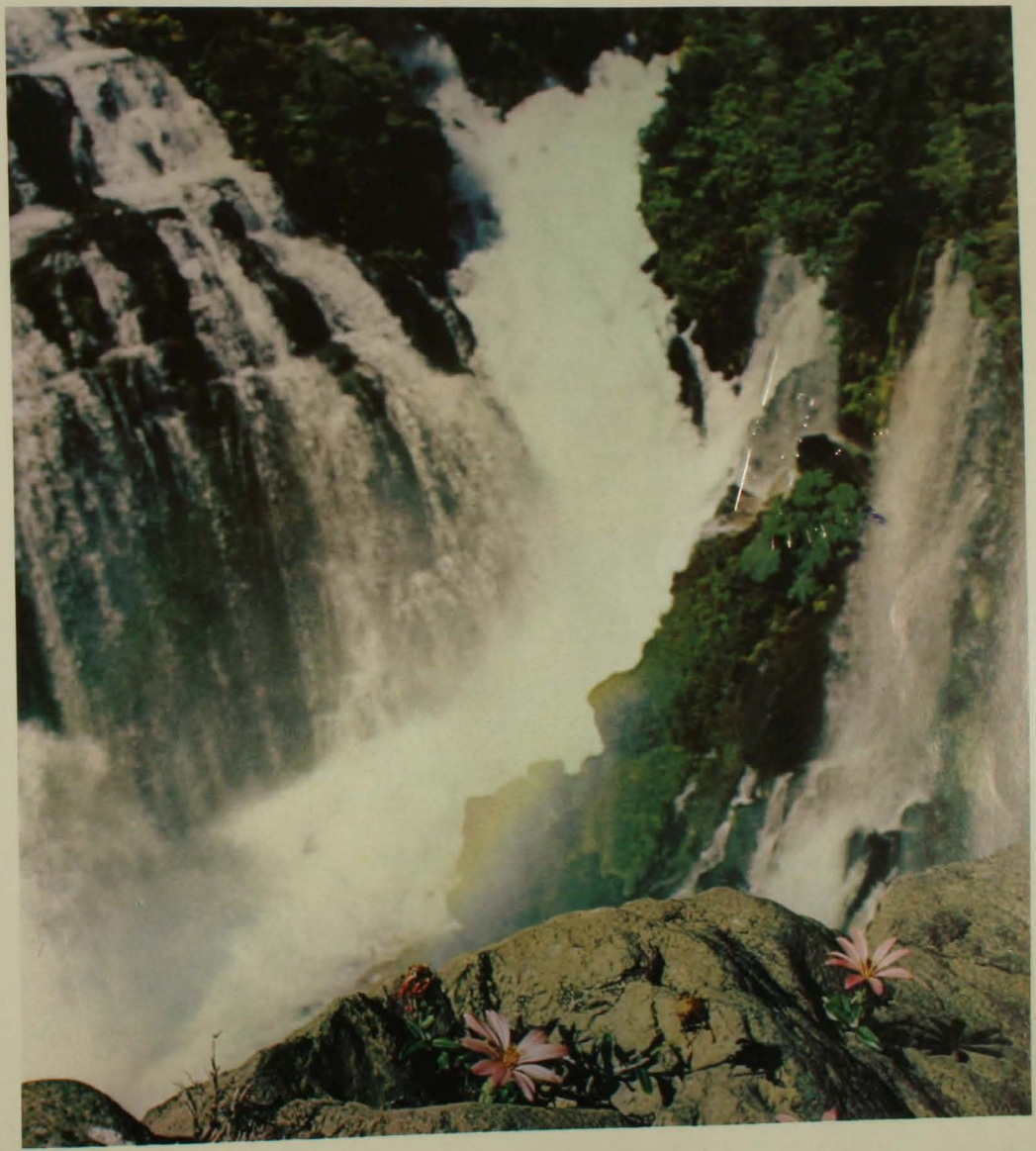
energía en forma segura y con independencia de las características hidrológicas del año de que se trate.

La central Antuco incrementa la energía firme que actualmente se produce en la zona del Laja en un 79%, es decir, la aumenta de 1.930 millones de kWh anuales a 3.460 millones de kWh anuales.

Por otra parte, en relación al Aprovechamiento Hidroeléctrico del río Laja, la central Antuco, por ser la última instalación del conjunto, actúa como elemento regulador de todo el Sistema de Centrales. En efecto, la concepción y diseño de la central permiten obtener una utilización óptima de los recursos del Laja, además de una operación de las centrales de gran flexibilidad que se ajusta en forma permanente a los requerimientos del Sistema Interconectado. Asimismo se logra que el funcionamiento del conjunto de centrales no produzca interferencias de ningún tipo con el regadío de la zona. En verano su funcionamiento deberá ser tal que aunque El Toro restituya sus caudales al río Polcura en forma variable, de acuerdo a las exigencias del consumo, Antuco deberá transformar, en su bocatoma Polcura, estas entregas variables en un caudal constante, con el objeto de evitar golpes de agua que pudieran producir daños en las bocatomas y canales de riego, ubicados aguas abajo de la descarga de la central Antuco.

En invierno en cambio, podrá la central Antuco variar en forma importante su generación, para lo cual su bocatoma Polcura actuará como embalse de sobrecarga. En esta época deberá funcionar de manera de utilizar en la mejor forma posible los recursos no regulados de los ríos Polcura y Laja, tratando de economizar al máximo los caudales embalsados en el lago Laja y extrayendo de él sólo los caudales mínimos necesarios para satisfacer las demandas al sistema Laja en un funcionamiento conjunto con la central El Toro.

En resumen, es posible indicar que la producción de energía de la central Antuco es altamente significativa, tanto por la magnitud de ella como por su gran confiabilidad. Así mismo, la concepción de las obras de la central asegura el óptimo aprovechamiento de los recursos de la hoya alta del río Laja. Ambos factores contribuyen decisivamente a la seguridad del abastecimiento eléctrico del país.



Nacimiento del río Laja (Ojos de Agua)

Características generales de la central Antuco

CARACTERISTICAS BASICAS

Potencia instalada	300.000	kW
Energía media anual	1.800	millones kWh
Caudal máximo	190	m³/s
Caída neta media	190	m
Caída bruta máxima	207	m

ADUCCION POLCURA

Bocatoma Polcura

Embalse

Volumen útil	1.000.000	m³

Obra de toma

Caudal de diseño de captación	160	m³/s
Caudal máximo de captación	190	m³/s
Profundidad pique de toma	24	m
Superficie de rejas	170	m²
2 compuertas de servicio	2,70 x 6,50	m
2 compuertas auxiliares	2,70 x 6,50	m
1 limpiarrejas		

Barrera móvil

Capacidad de evacuación de crecidas	2.000	m³/s
Longitud total	83,20	m
Altura	26,50	m
5 compuertas de sector	10,20 x 15,00	m
2 compuertas desripiadoras de sector	3,60 x 5,60	m
10 paños de compuertas auxiliares	10,20 x 2,80	m
3 paños de compuertas auxiliares	11,40 x 3,00	m
2 paños de compuertas auxiliares	3,60 x 5,60	m
2 grúas portal	20	toneladas

Barrera fija

Longitud muro vertedero	69	m
Altura	23	m

Túnel Polcura

Longitud	4.970	m
Diámetro	6,60	m
Presión interior máxima	40	m.c.a.

ADUCCION LAJA

Bocatoma Laja

Obra de toma

Caudal de captación	50	m³/s
2 compuertas de servicio	3,00 x 2,05	m
1 compuerta de emergencia	3,00 x 3,60	m

Barrera móvil

Capacidad de evacuación de crecidas	350	m³/s
Longitud	25	m
3 compuertas de sector	7,20 x 5,20	m
6 paños de compuertas auxiliares	7,20 x 2,00	m
1 grúa portal	10	ton

Canales

Sección rectangular abierta	226	m
Sección rectangular cubierta	872	m
Sección trapecial	2.524	m

Cruce estero El Toro

Longitud canoa de hormigón	118	m
Sección	7,90 x 4,50	m

Túnel Laja I

Longitud	1.802	m
Diámetro	5,70	m
Presión interior	Túnel acueducto	

Sifón Polcura

Longitud tubería de acero en puente	67,00	m
Espesor tubos	13-20	mm
Diámetro	3,30	m
Presión interior	65	m.c.a.

Cámara de Desaeración

Longitud	110	m
Diámetro	10,30	m
Presión interior	60	m.c.a.

Túnel Laja 2

Longitud	1.141	m
Diámetro	4,0	m
Presión interior	60	m.c.a.

Captación estero El Toro

Caudal medio	2,5	m³/s
Tipo de bocatoma	alta	montaña
Canal de aducción	160	m

Captación Malalcura

Caudal medio	2,2	m³/s
Tipo de bocatoma	convencional	mixta
Canal de aducción	650	m

ADUCCION COMUN

Túnel Común 1

Longitud	710	m
Diámetro	6,60	m
Presión interior	40	m.c.a.

Cruce río Pichipolcura

Longitud tubería de acero en puente	120	m
Diámetro	6,30	m
Espesor tubos	18-50	mm
Presión interior	43,0	m.c.a

Túnel Común 2

Longitud	6.915	m
Diámetro	7,10	m
Presión interior	80	m.c.a.

Captación Pichipolcura

Caudal medio	4,4	m³/s
Tipo de bocatoma	alta	montaña
Longitud túnel de aducción	1.750	m
Diámetro túnel de aducción	3,0	m

ZONA DE CAIDA

Chimenea de equilibrio

Profundidad	80	m
Diámetro	20	m
Diámetro tubo elevador	6,50	m

Caverna de válvulas

Altura	18	m
Ancho	11	m
Longitud	45	m
2 válvulas mariposa. Diámetro	5,0	m
1 puente grúa	60	ton

Blindajes de túneles en presión

Longitud	2 x 500	m
Diámetro	5	m
Espesor tubos	15-28	mm
Presión interior máxima	292	m.c.a.
Presión exterior máxima	160	m.c.a.

CASA DE MAQUINAS

Superficie edificada	1.650	m²
2 válvulas mariposa. Diámetro	4,0	m
2 turbinas Francis	208.000	CV c/u
Diámetros rodete: entrada	3,70	m
salida	3,15	m
Velocidad de rotación	250	r.p.m.
2 generadores	160	MVA c/u
Tensión de generación	13,8	kV
Factor de potencia	0,95	
2 tranformadores trifásicos 13,8/220kV	175	MVA
2 puentes grúa	200	ton c/u
2 compuertas de difusores	6,90 x 5,30	m
1 grúa portal	30	ton

CANAL DE EVACUACION

Longitud	646	m

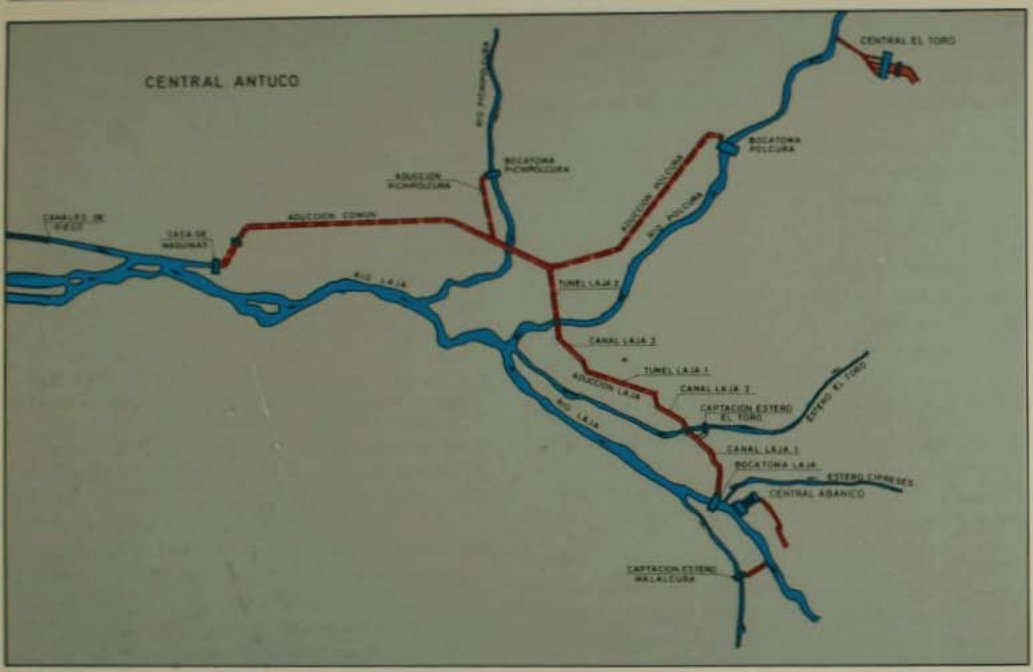
PATIO DE ALTA TENSION

Llegada 2 circuitos 220 kV de central Antuco
2 circuitos 220 kV de central El Toro
Salida 3 circuitos 220 kV a S/E Charrúa en 2 líneas
Barra principal en U y barra de transferencia

SISTEMA DE TRANSMISION

(Común a centrales El Toro y Antuco)

1 línea doble circuito 220 kV	68	km
1 línea simple circuito 220 kV	68	km



Descripción de las obras

Los caudales de la central Antuco se captan mediante bocatomas en los ríos Polcura y Laja, las que dan origen a las aducciones del mismo nombre. Estas al juntarse, forman la aducción Común, la cual conduce los caudales hasta la casa de máquinas.

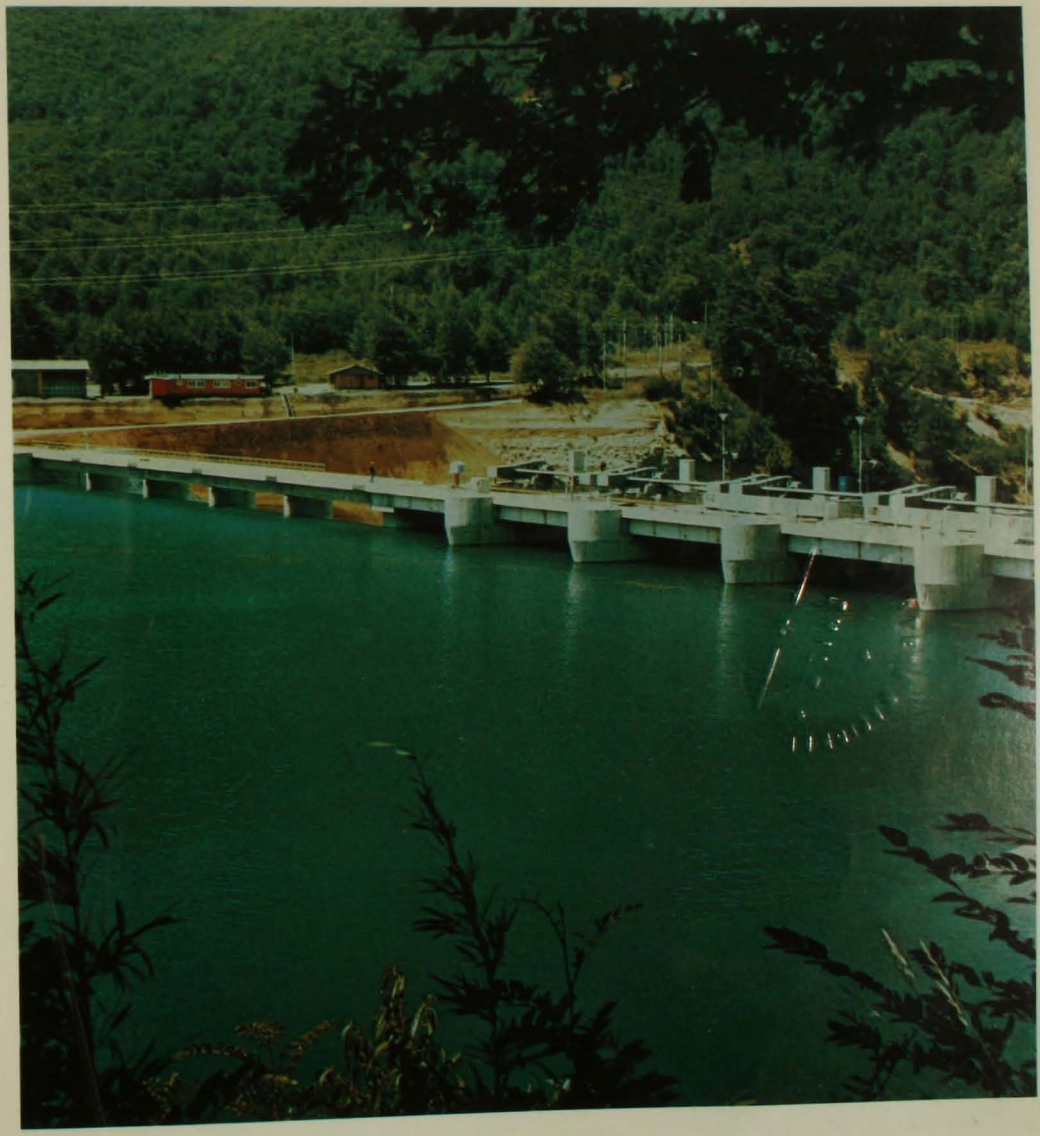
Aducción Polcura

Las aguas del río Polcura son captadas por medio de una obra de toma que se sitúa unos 3,6 km aguas abajo de la descarga de la central El Toro, lo que permite utilizar los caudales de esta central y los provenientes del río Polcura. La obra consiste en una estructura de toma lateral y una barrera mixta que intercepta las aguas del río, formando un embalse de 1.000.000 m³ de capacidad útil. Este embalse independiza el caudal que genera la central Antuco de las fluctuaciones horarias de la entrega de la central El Toro.

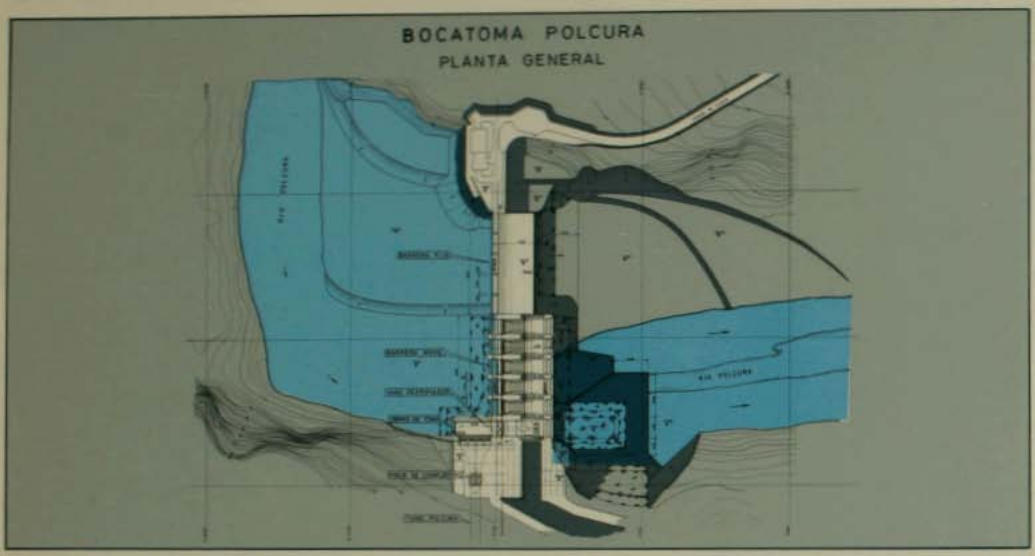
La barrera tiene una longitud total de 152 m, una altura máxima de 26,50 m y está formada por un muro vertedero de 69,00 m de longitud, cinco compuertas de sector de 10,20 m de ancho y 15 m de altura, que permiten evacuar las crecidas, y dos compuertas desripiadoras.

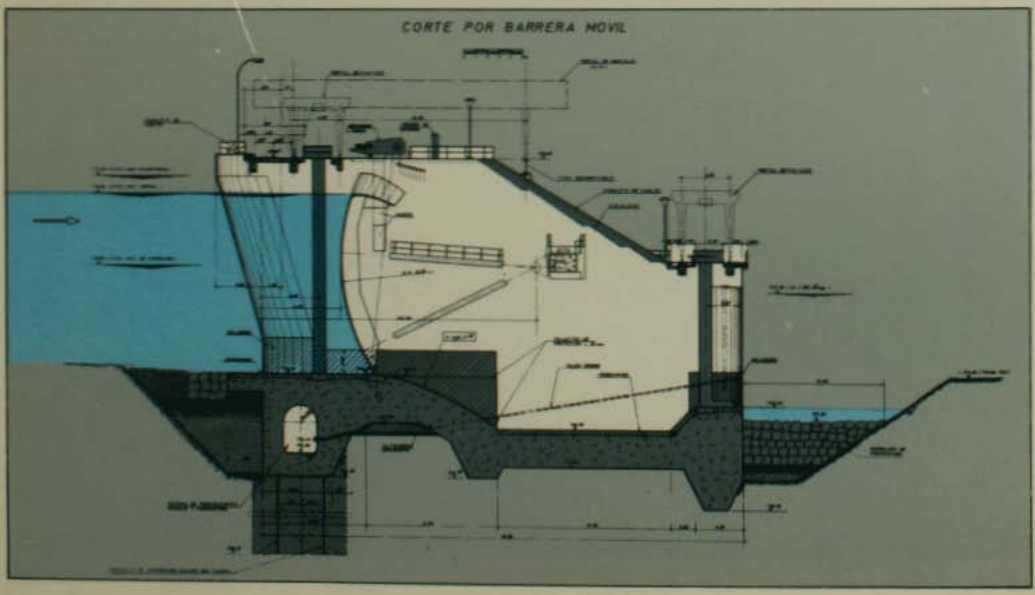
La obra de toma tiene una capacidad de diseño de 160 m³/s. Consiste en una sección de rejas sumergida y en un pique de 24 m de profundidad donde se alojan las compuertas de servicio y las auxiliares.

A continuación de la toma se desarrolla el túnel Polcura que atraviesa la cadena de cerros que separa los valles de los ríos Polcura y Pichipolcura. Su longitud alcanza los 4.970 m, su diámetro es de 6,60 m, es revestido en hormigón y trabaja permanentemente en presión.

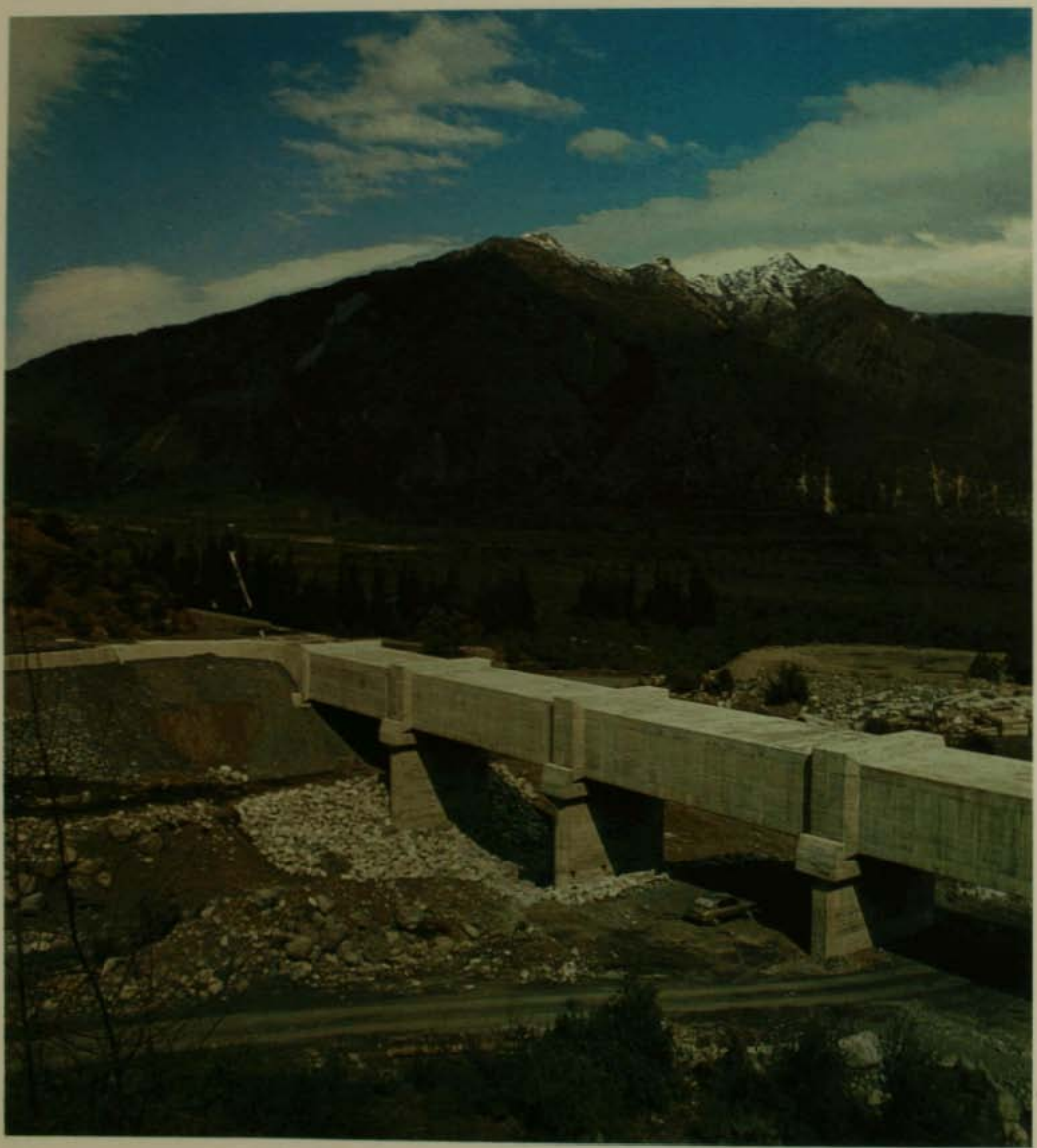


Bocatoma Polcura y embalse


BOCATOMA POLCURA
PLANTA GENERAL


CORTE POR BARRERA MÓVIL

Bocatoma Laja



Cruce estero El Toro

Aducción Laja

Los caudales del río Laja son captados por una bocatoma ubicada 450 m aguas abajo de la descarga de la central Abanico, lo que permite aprovechar las aguas utilizadas por esta central y las provenientes de los esteros Cipreses y Malalcura.

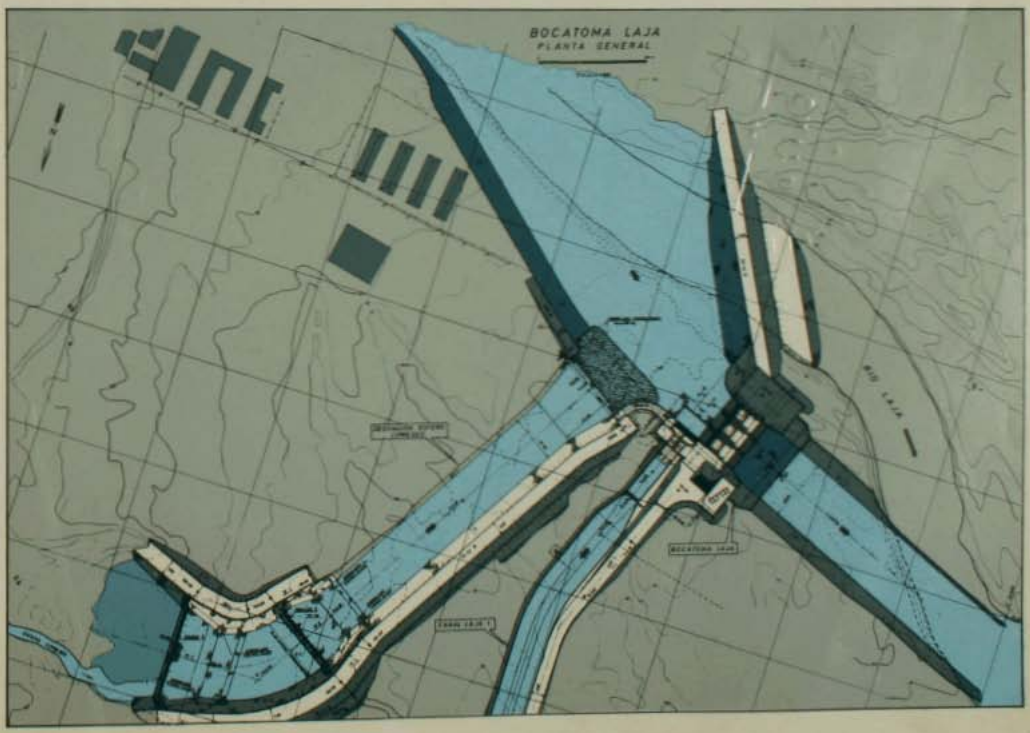
La barrera de la bocatoma Laja tiene una longitud total de 150 m, de los cuales 25 m corresponden a una barrera móvil con tres compuerta de sector y el resto está formado por un pretil de tierra.

Lateralmente a la barrera se sitúa la obra de toma, con una capacidad de diseño de 50 m^3/s.

A continuación de la bocatoma Laja se desarrolla la aducción del mismo nombre, constituida por una serie de canales, túneles y obras especiales. Su capacidad de conducción normal es de 50 m^3/s hasta recibir el aporte del estero El Toro. A partir de ese punto la capacidad aumenta a 56 m^3/s. La primera parte de la aducción tiene un escurrimiento a superficie libre y el resto de las obras es en presión.

Los canales de la aducción Laja son tres y tienen una longitud total de 3.622 m, de los cuales 2.524 m son de sección trapecial, 872 m son de sección rectangular cubierta y 226 m son de sección rectangular abierta.

Los túneles de la aducción Laja son dos, uno del tipo acueducto y otro en presión. El primero tiene una longitud de 1.802 m y un diámetro de 5,70 m y el segundo tiene una longitud de 1.141 m y un diámetro de



4,00 m. Este último termina en el punto de unión con la aducción Polcura.

Debido a que la aducción debe cruzar cauces naturales que interceptan su curso, se hizo necesaria la construcción de obras especiales.

Una de ellas corresponde al cruce del estero El Toro, puente acueducto construido en hormigón, con una longitud de 118 m.

La otra obra de cruce es el sifón Polcura, donde el régimen de escurrimiento a superficie libre de la aducción pasa a ser en presión. Este sifón, que tiene una longitud de 475 m, se desarrolla en forma subterránea, a excepción de la cámara de entrada y de una tubería de acero en puente que salva una luz de 67 m sobre el río Polcura. En el extremo de aguas abajo del sifón existe una cámara de desaeración de 110 m de longitud y 10,30 m de diámetro, que permite eliminar el aire que se incorpora al escurrimiento al entrar en presión. Lateralmente a la cámara de entrada al sifón Polcura se ha dispuesto un rápido de descarga de 430 m de longitud que forma parte de las obras de seguridad de la aducción.

La captación del estero El Toro, se efectúa 200 m aguas arriba del cruce de la aducción Laja sobre el estero. Esta se realiza mediante una bocatoma de alta montaña, desripiador con descarga automática y 160 m de canal de conducción cubierto.

Sifón Polcura; cámara de entrada

Aducción Común

La aducción Común se extiende desde el punto de encuentro de las aducciones Polcura y Laja hasta la zona de caída. Su trazado es enteramente en túnel revestido salvo al cruzar el río Pichipolcura lo que se realiza mediante una tubería en puente. El cruce por lo tanto, divide la aducción en dos tramos, el túnel Común 1 de 710 m de longitud y 6,60 m de diámetro y el túnel Común 2 de 6.915 m de longitud y 7,10 m de diámetro.

El cruce sobre el río Pichipolcura se realiza por medio de una tubería de acero en puente de 6,30 m de diámetro que atraviesa un cauce de 120 m de ancho.

El río Pichipolcura es captado mediante una bocatoma tipo alta montaña y canal desripiador con descarga automática. Los caudales son conducidos hasta la aducción Común por medio de un túnel a escurrimiento libre de 1.750 m de longitud y 3,00 m de diámetro.

Túnel Laja 2

Zona de caída

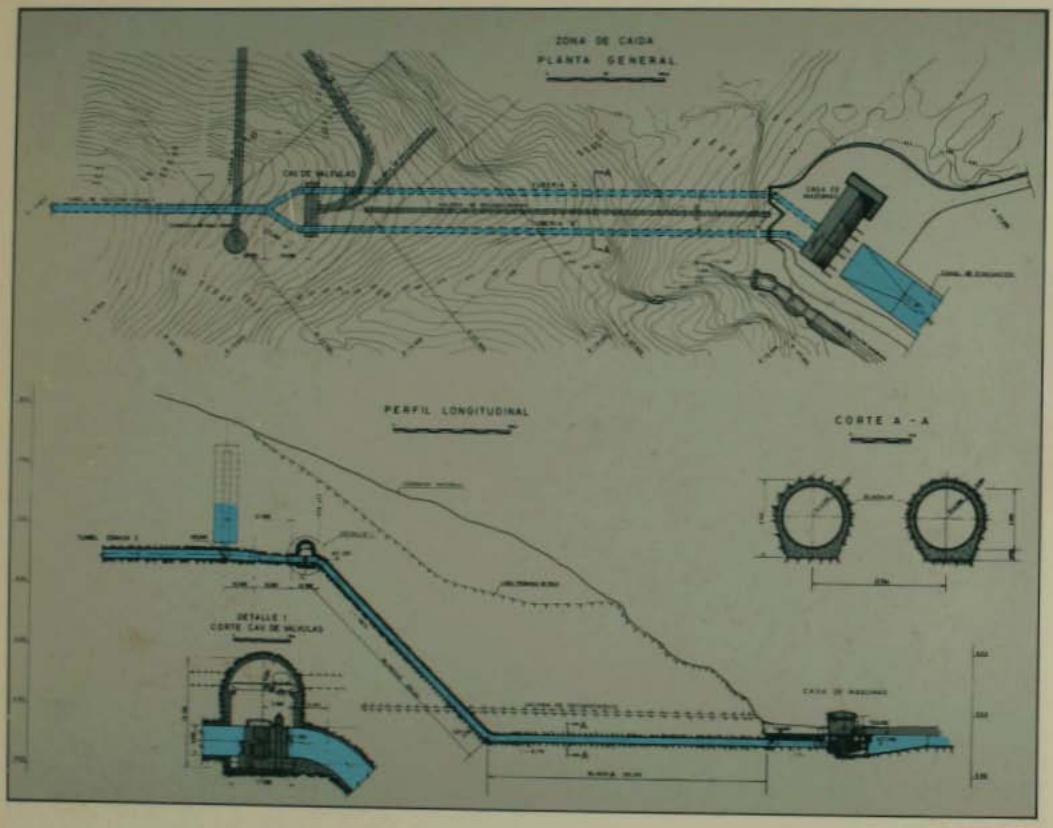
Al término de la aducción Común se ubica una chimenea de equilibrio, del tipo diferencial, constituida por un pique vertical de 80 m de profundidad y 20 m de diámetro, excavado en roca, revestido en hormigón, y un tubo interior elevador de 6,50 m de diámetro. Esta obra permite un adecuado funcionamiento hidráulico de la central, aportando o almacenando grandes volúmenes de agua durante las variaciones bruscas de carga. Además sirve de amortiguador de las ondas de presión que se producen en dichas operaciones.

Aguas abajo de la chimenea de equilibrio, el túnel de aducción se bifurca en dos túneles blindados en acero, de sección circular y 5 m de diámetro. Al término de esta bifurcación se ubica la caverna donde se encuentran las válvulas de protección de las tuberías que son de tipo mariposa. Esta caverna es de 45 m de largo y 11 m de ancho y en ella se ha dispuesto además un puente grúa y los equipos mecánicos y eléctricos de gobierno y control de las válvulas.

Entre la caverna de válvulas y la casa de máquinas de la central, se desarrollan dos tuberías de 5,00 m de diámetro y aproximadamente 500 m de longitud cada una, montadas al interior de sendos túneles y hormigonadas contra la roca. Los primeros 203 m de estos túneles tienen una inclinación de 45° y el resto es prácticamente horizontal.

Caverna de válvulas

Chimenea de equilibrio

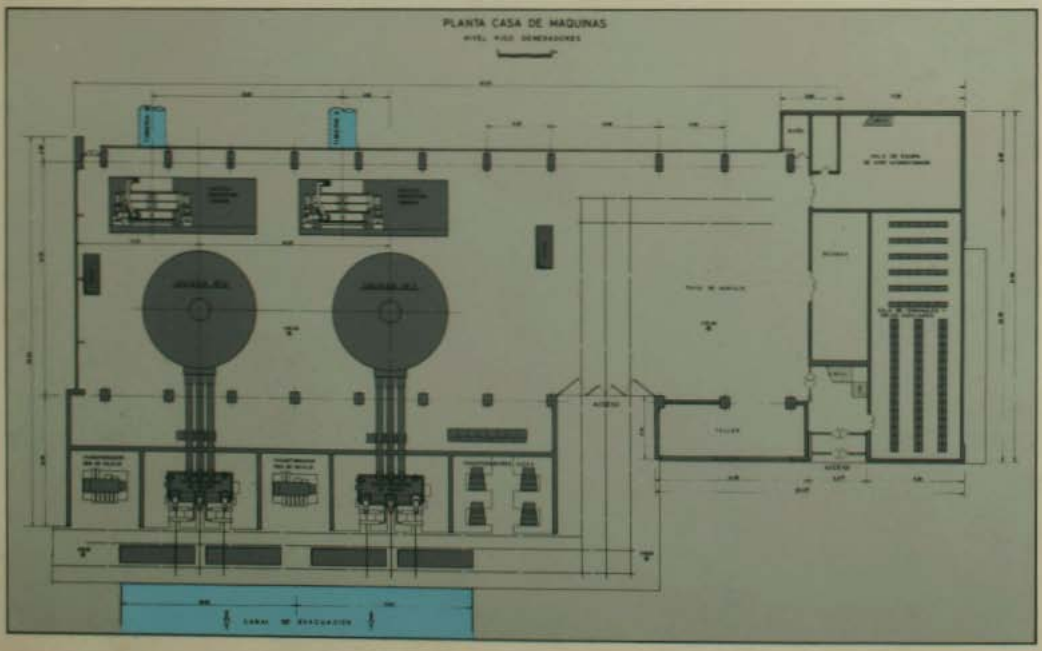

ZONA DE CAIDA
PLANTA GENERAL
PERFIL LONGITUDINAL
CORTE A - A
DETALLE 1
CORTE CAV. DE VALVULAS
CASA DE MAQUINAS

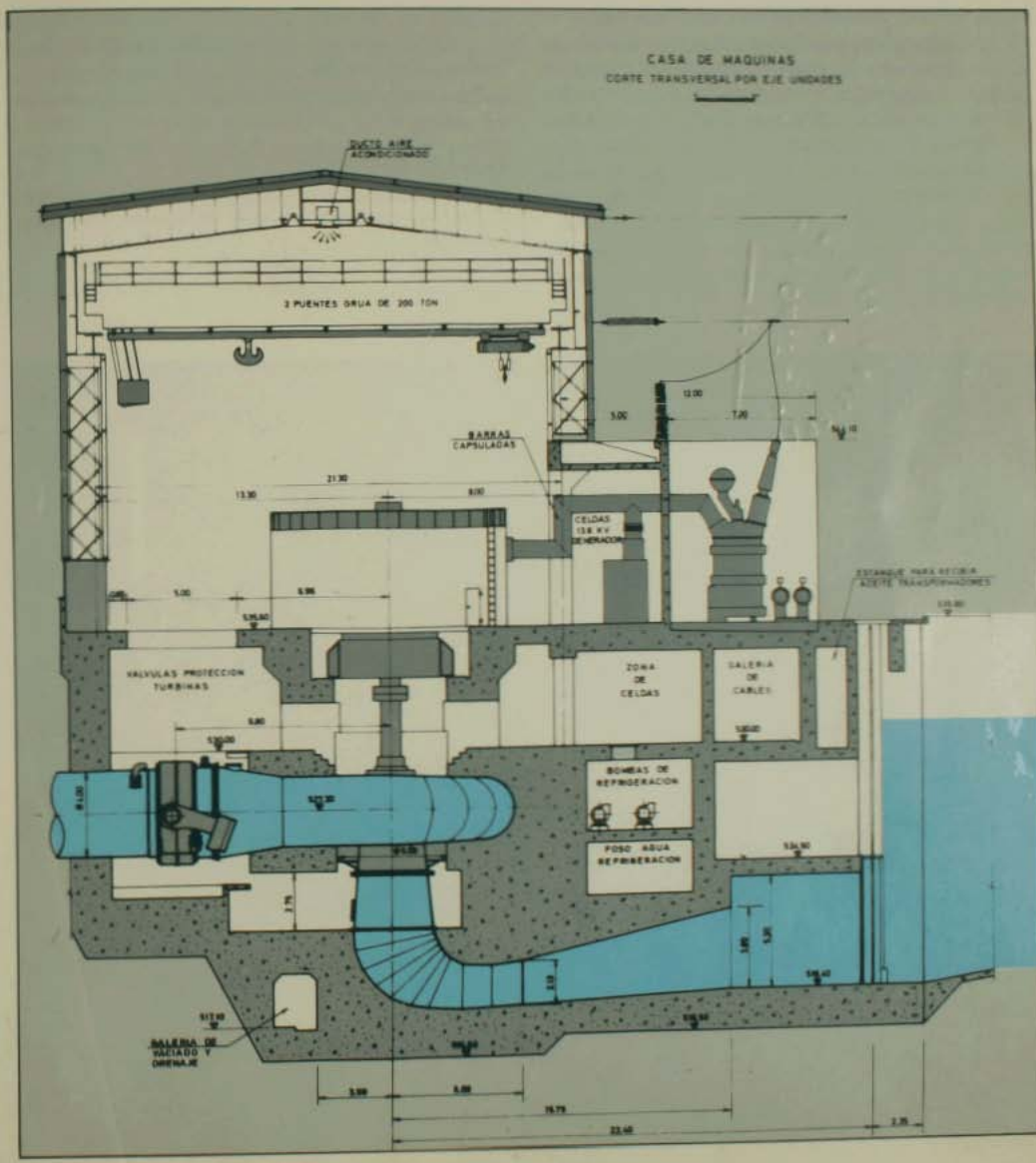
Casa de Máquinas - Vista interior

Casa de máquinas

La casa de máquinas está ubicada al exterior del cerro. Su estructura es mixta, de hormigón y acero, y tiene una superficie edificada de 1.650 m² donde se ubican los dos grupos generadores de 150 MW cada uno, junto con las instalaciones de comando directo, sistemas de control, protección y dos puentes grúa de 200 toneladas de capacidad cada uno. Adyacente a la estructura se ubica el edificio anexo, en el cual se sitúan las salas de relés de terminales, relés auxiliares, celdas y talleres.

Al exterior de la casa de máquinas se sitúan los dos transformadores trifásicos de 175 MVA cada uno desde los cuales se transmite la energía generada por la central hasta el patio de alta tensión.




CASA DE MAQUINAS
CORTE TRANSVERSAL POR EJE UNIDADES
DUCTO AIRE ACONDICIONADO
2 PUENTES GRUA DE 200 TON
BARRAS CAPSULADAS
CELDAS 138 KV GENERADOR
ESTANQUE PARA RECIBIR ACEITE TRANSFORMADORES
VALVULAS PROTECCION TURBINAS
ZONA DE CELDAS
GALERIA DE CABLES
BOMBAS DE REFRIGERACION
FOSO AGUA REFRIGERACION
GALERIA DE VACIADO Y DRENAJE

Patio de Alta Tensión y Sistema de Transmisión

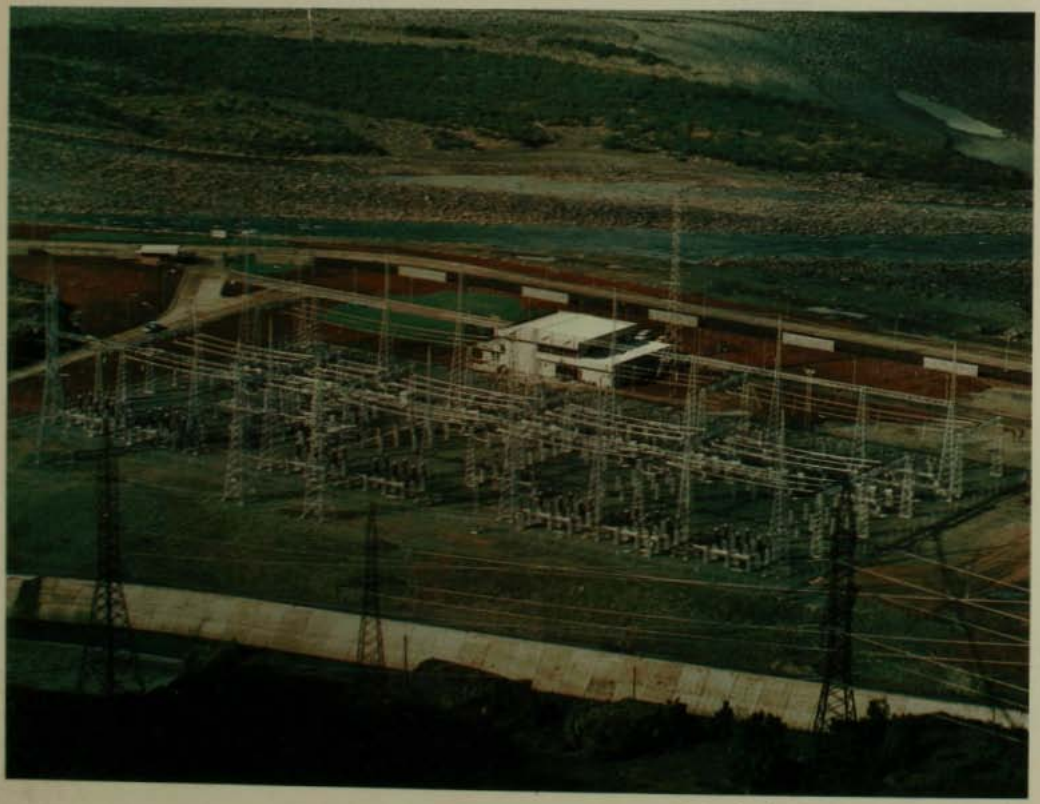
El patio de alta tensión está ubicado frente a la casa de máquinas sobre un relleno de 18.000 m². A él llegan los dos circuitos de 220 kV de la central Antuco y los dos circuitos, también de 220 kV, provenientes de la central El Toro. Este patio concentra por lo tanto la potencia de salida de ambas centrales. De él salen tres circuitos de 220 kV hacia la subestación Charrúa, dispuestos en dos líneas, una de doble circuito, que corresponde a la antigua línea El Toro-Charrúa, y otra de simple circuito recientemente construida. La longitud de cada una de estas líneas es de 68 km.

Edificio de mando

Los equipos generadores, las obras hidráulicas más importantes y el patio de alta tensión, son telecomandados desde un edificio de mando que se ubica junto al patio mismo.

Canal de evacuación

Los caudales utilizados por la central se restituyen al río Laja mediante un canal de sección trapecial de 646 m de longitud.



Patio de Alta Tensión y Edificio de Mando

Instalaciones mecánicas
En Bocatoma Polcura

La obra de toma se ha equipado con una sección de rejas de entrada de 170 m² de superficie y una máquina limpiarrejas dotada de un carro extractor de basuras que se desliza sobre la reja. Las compuertas de servicio son de 2,70 m de ancho y 6,50 m de altura y son accionadas con mecanismos de cremallera de 32 toneladas de capacidad.

La barrera móvil está equipada con cinco compuertas de segmento y dos compuertas desripiadoras. Cada compuerta de segmento tiene 10,20 m de ancho y 15,00 m de altura y es accionada por un mecanismo de huinche de 2 x 70 toneladas de capacidad. Las compuertas desripiadoras tienen 5,60 m de altura y 3,60 m de ancho y son accionadas mediante un mecanismo de cremallera de 2 x 29 toneladas de capacidad.

Bocatoma Polcura - Barrera móvil: compuertas de sector

Aguas arriba y aguas abajo de todas las compuertas de servicio se ha previsto la colocación de compuertas de emergencia que permiten aislarlas para inspección y eventuales reparaciones.

Como elementos auxiliares de maniobra existen dos grúas portal de 20 toneladas de capacidad cada una y se utilizan para accionar las compuertas de emergencia, tanto de la barrera móvil como de la toma.

Todas las compuertas de servicio, tanto de la toma como de la barrera son telecomandadas desde el edificio de mando de la central, pudiendo además ser comandadas localmente.

En Bocatoma Laja

La obra de toma está equipada con dos compuertas de servicio de 3,00 m de ancho y 2,05 m de altura, con sus respectivas compuertas de emergencia por aguas arriba, de 3,00 m de ancho y 3,60 m de altura.

La barrera móvil se ha equipado con tres compuertas de segmento evacuadoras de crecidas, de 7,20 m de ancho y 5,20 m de alto, accionadas por mecanismo de huinche con una capacidad de 2 x 32 toneladas cada una. Aguas arriba y aguas abajo de los segmentos está previsto el uso de compuertas de emergencia que permiten aislar el segmento para inspecciones y eventuales reparaciones.

Las compuertas de servicio, tanto de la toma como de la barrera, son telecomandadas desde el edificio de mando de la central pudiendo además ser comandadas localmente.

En Caverna de Válvulas

En la caverna de válvulas se alojan las dos válvulas de protección de tuberías. Estas son del tipo mariposa de 5,00 m de diámetro, se abren mediante un servomotor accionado por aceite a presión y cierran por medio de un contrapeso. Su operación normal se efectúa mediante control remoto desde el edificio de mando de la central, pero también poseen mando local.

Para el montaje y la mantención de las válvulas se ha instalado un puente grúa de 60 toneladas de capacidad, 10 m de luz y una vía de 45 m de longitud.

En Casa de Máquinas

El agua conducida por las tuberías de presión llega a las dos turbinas ubicadas en la casa de máquinas. Estas son tipo Francis de eje vertical y su potencia nominal es de 208.000 CV. El agua es guiada por un caracol de acero provisto de un distribuidor con 20 álabes móviles que regulan el paso del agua hacia el rodete. Su regulador de velocidad es del tipo cabezal eléctrico.

El control de las turbinas se realiza desde el edificio de mando, pero también puede efectuarse localmente en caso de necesidad.

Inmediatamente aguas arriba de las turbinas se han dispuesto sus válvulas de protección. Estas son tipo mariposa, de 4,00 m de diámetro, y su apertura y cierre son similares a las de las válvulas de protección de las tuberías.

Para el montaje y mantención de las unidades generadoras y las válvulas, se han previsto dos puentes grúa de 200 toneladas de capacidad cada uno, los que para levantar los elementos más pesados pueden operar en conjunto.

A la salida de los difusores existen dos compuertas de 6,90 m de luz y 5,30 m de alto, con el objeto de aislar las unidades. Las compuertas son accionadas por una grúa portal de 30 toneladas de capacidad.

Otras instalaciones mecánicas que cabe destacar son:

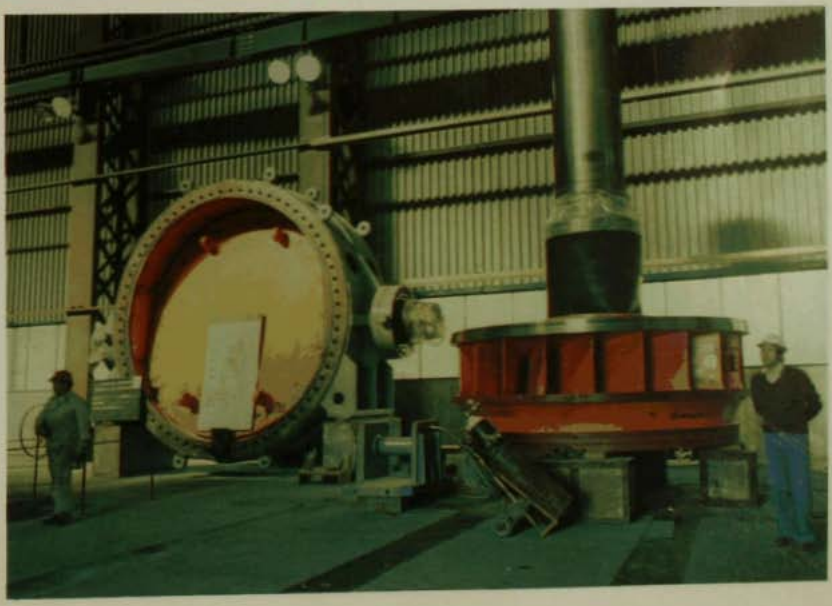
- los sistemas de refrigeración de las unidades y de los transformadores de poder;
- los sistemas de vaciado y drenaje, que tienen por objeto vaciar el agua del caracol y difusor de las unidades y en general las aguas que pueden drenar hacia el interior de la casa de máquinas. Ambos sistemas operan con bombas de pozo profundo de accionamiento automático a través de detectores de niveles;
- sistema de aire comprimido de servicio, de presurización y refrigeración de la casa de máquinas y de aire acondicionado del edificio anexo.

En el Edificio de Mando

Con el objeto de proteger los controles y elementos eléctricos y dar un ambiente adecuado al personal que

Caracol y distribuidor turbina

Rodete de la turbina y válvula de protección.



Montaje Generador

trabaja en el edificio, se han instalado dos unidades acondicionadoras de aire.

Instalaciones eléctricas

Equipos principales

El esquema eléctrico de la central Antuco consulta dos generadores de 160 MVA cada uno, tensión de generación 13,8 kV, conectados en bloque con sendos transformadores trifásicos de 13,8/220 kV, 175 MVA con circulación forzada de agua y aceite. Los generadores tienen frenado mecánico que sólo se aplica en el caso de operar las protecciones de la unidad.

Las unidades están conectadas mediante conductores aéreos de aluminio a las barras del patio de alta tensión de 220 kV. El patio tiene una barra principal doblada en U y barra de transferencia. A él llegan además los dos circuitos desde la central El Toro y desde él salen tres circuitos a la subestación Charrúa.

Telecomando y Telecontrol

El control de las unidades generadoras y de los servicios auxiliares de la casa de máquinas se realiza normalmente desde el edificio de mando de la central pero también puede efectuarse localmente en caso de necesidad. La partida y la detención de una unidad se realizan mediante órdenes únicas que inician programas de secuencias automáticas.

Desde el edificio de mando se telecontrolan además las válvulas de protección de tuberías y turbinas y las compuertas de las bocatomas Polcura y Laja.

Sala de Comando

En todos aquellos puntos del complejo en que se requiere conocer los niveles hidráulicos se han instalado detectores de nivel que transmiten la información correspondiente al edificio de mando mediante equipos de onda portadora sobre líneas de 13,8 kV.

Prevención y combate de incendio

En la central Antuco se ha instalado un sistema integral de prevención, detección y combate de incendio. En todos los recintos de la casa de máquinas y del edificio de mando que presentan riesgos de incendio se cuenta con detectores apropiados de tipo iónico o de humo, que envían una señal a un tablero centralizado instalado en la sala de comando.

En algunos casos específicos como por ejemplo en los transformadores y en la galería de cables se dará adicionalmente una orden automática de combate del incendio mediante lluvia de agua. Se completa la instalación mediante extractores de humo, puertas anti-incendio y alumbrado especial de las vías de escape.

Sistema de transmisión 220 kV

La central Antuco transmite su energía a través del sistema de transmisión proyectado para la central El Toro, que cuenta con una línea de 220 kV en doble circuito, y de una línea de 220 kV en simple circuito construida entre la central Antuco y la S/E Charrúa. De esta manera se dispone de tres circuitos de 220 kV para transmitir la energía de las centrales El Toro y Antuco hasta la S/E Charrúa.

Para lograr lo anterior, se ha seccionalizado la línea de 220 kV proveniente de la central El Toro, haciéndola pasar por el patio de alta tensión de la central Antuco. Desde el patio salen los tres circuitos nombrados.

Con la entrada de la central Antuco, el sistema de 220 kV (SUR), ha debido ampliarse además en las siguientes nuevas instalaciones:

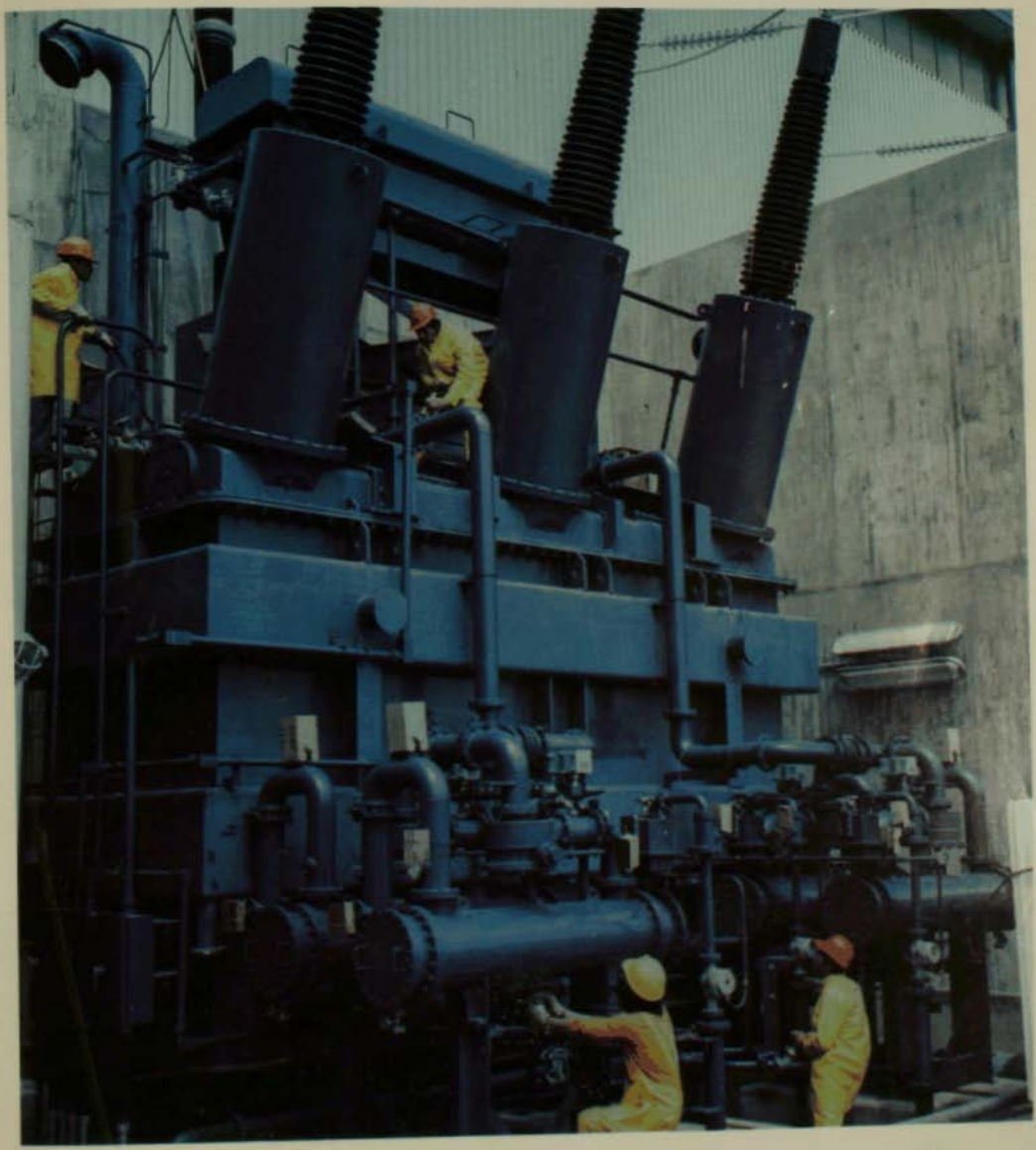
- Ampliación del patio de 220 kV de la S/E Charrúa.
- Instalación de banco de condensadores estáticos de 15 kV 60 MVr y su equipo de maniobra asociado en la S/E Charrúa.
- S/E Colbún-Seccionadora de 220 kV.
- Instalación de banco de condensadores estáticos de 15 kV 110 MVr y su equipo de maniobra asociado en la S/E Alto Jahuel.
- Ampliación del sistema de telecomunicaciones.

Esto permitirá obtener las siguientes mejoras y beneficios:

- Aumentar la capacidad de transmisión de energía entre el Patio de Alta de Antuco y Charrúa al disponerse en forma efectiva de tres circuitos de 220 kV.
- Aumentar la estabilidad eléctrica del sistema.
- Aumentar la potencia firme de transmisión de 180 MW a 300 MW entre las S/E Charrúa y Alto Jahuel.

Telecomunicaciones

La nueva configuración del sistema de transmisión ha obligado a ampliar y modernizar las instalaciones de telecomunicaciones existentes, lo que se ha efectuado en base a nuevos enlaces de microondas, UHF y onda portadora.



Instalación de transformadores

Proyecto de las obras

Toda central hidroeléctrica se caracteriza por la gran variedad de obras y equipamiento necesarios, lo que exige para su proyecto la participación de especialistas en diversas y muy complejas tecnologías. La central Antuco es destacable por la diversidad de obras y la magnitud de algunas de ellas.

Entre las obras civiles más notables se encuentran los túneles en presión; cavernas y piques de gran diámetro; túneles blindados en acero; presas de hormigón; bocatomas de tipo tradicional y de alta montaña; cruces de cauces naturales mediante puentes en tuberías de acero en presión o por medio de un acueducto elevado en hormigón; canales de sección trapecial, rectangular y cubiertos; rápidos de descarga superficiales o subterráneos con descarga al exterior; edificios en hormigón y mixtos; etc.

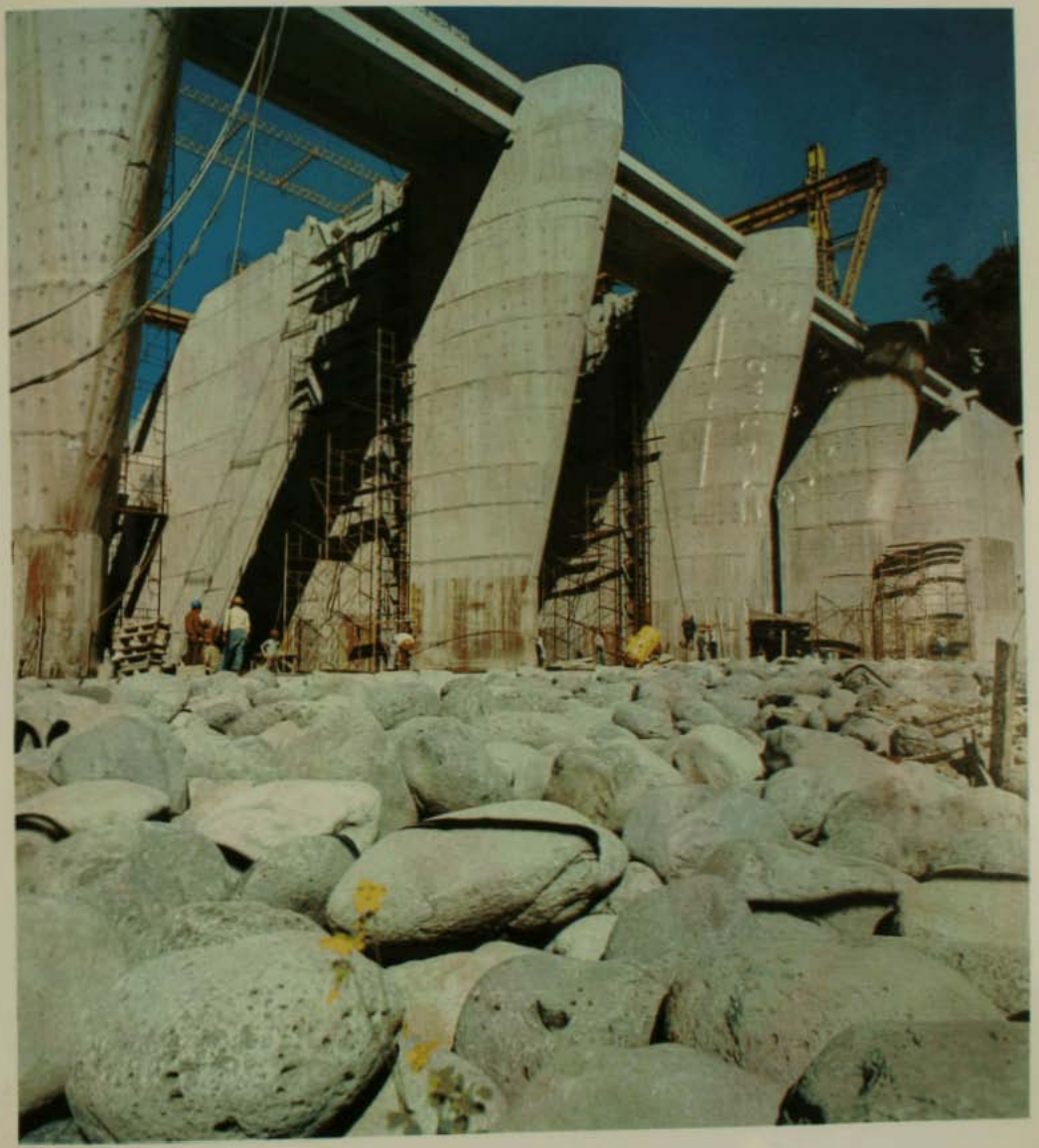
Esta gran variedad de obras, especialmente las de tipo subterráneo, ubicadas en roca de muy variada calidad geotécnica, exigió extensos programas de prospecciones en sondajes, perfiles geosísmicos, galerías de reconocimiento y pozos. El análisis de los resultados de las prospecciones, permitió definir la ubicación y el trazado de las obras, como asimismo sus características estructurales.

Mención especial merece la bocatoma Polcura. Para desarrollar su proyecto hidráulico fue necesario construir modelos de ensayo a escala reducida. El resultado de estos ensayos permitió definir las características hidráulicas de la obra y su forma de operación. Su proyecto estructural merece también especial atención, no sólo por la magnitud de la obra, sino también por el hecho de haber quedado fundada sobre material fluvial estratificado de gran espesor. Esto obligó a proyectar una "cortina" de inyección a base de lechada de cemento, con el objeto de homogeneizar el terreno y evitar vías preferenciales de filtraciones. Esta cortina junto con el sistema de drenaje constituyen elementos esenciales para asegurar la estabilidad de la barrera.

Por otra parte, el proyecto de los equipos ha sido también especialmente complejo, pues algunos de ellos son de magnitud notable a nivel internacional y, en su tipo, se trata de los de mayor envergadura del país. Entre éstos cabe destacar, las compuertas de la bocatoma Polcura, las válvulas de protección de tuberías y turbinas, las turbinas y generadores, los puentes grúa de casa de máquinas y los transformadores de poder. Cabe mencionar además, el proyecto del telecontrol y telemedida que permite poner al alcance de los operadores en el edificio de mando, todas las informaciones requeridas para la correcta operación de la central y al mismo tiempo, enviar las órdenes de comando a distancia de los equipos eléctricos y mecánicos.

La ingeniería básica y el diseño de detalle de las obras de la central Antuco fue realizado bajo la dirección y responsabilidad de la ENDESA, utilizando casi exclusivamente su planta profesional. Los estudios previos, diseños, especificaciones, adquisición de equipos, manejo de contratos y la supervisión de las obras significó el trabajo de un grupo de profesionales especializados en las diferentes materias durante casi una década.

Se contó con la colaboración de consultores nacionales y extranjeros para resolver materias de gran especialidad. Estos aportaron su experiencia y conocimientos a través de una labor conjunta con los profesionales de la ENDESA, produciéndose una efectiva transferencia tecnológica, además del servicio específico prestado.



Bocatoma Polcura en construcción

Túnel Común 2: llegada ventana de trabajo

Construcción de las obras

Generalidades

La construcción de la central Antuco se inició en 1974, inmediatamente después de terminada la central El Toro, destinándose los recursos materiales y humanos disponibles, a la ejecución de las obras de infraestructura, instalaciones de faena y preparación de frentes de trabajo.

Los avances durante los primeros años fueron poco significativos debido principalmente a que no se disponía de los recursos necesarios para la construcción.

Hasta 1977 las obras fueron planificadas y ejecutadas directamente por la ENDESA con su propio contingente de empleados y obreros. Pero a partir de ese año se traspasó la construcción de las obras a empresas contratistas privadas, excepto las obras civiles y los montajes electromecánicos de la casa de máquinas.

De igual forma se contrató también la operación de servicios generales tales como talleres, garage y maestranza, planta de áridos, mantención de caminos y campamentos.

Al respecto, cabe destacar la respuesta de los contratistas frente al desafío que significó la construcción de una central hidroeléctrica de la magnitud de Antuco. Ellos cumplieron, a satisfacción de la ENDESA, con el alto nivel tecnológico que se exige en la construcción de este tipo de obras, como también con las fechas y programas que se establecieron en los respectivos contratos.

Previo a la iniciación de las faenas se efectuó el estudio de la planificación general de la obra, de su programación y del control posterior de las distintas fases de la construcción. En esta forma se determinó la ubicación y capacidad de las diversas instalaciones de construcción y se asignaron los recursos, como mano de obra, equipos y materiales y los tiempos de ejecución de las distintas actividades.

La programación detallada de cada contrato y su permanente control computarizado, fueron herramientas de gran valor para conseguir el objetivo de que la puesta en servicio de la central se cumpliera conforme con lo que se había establecido en el Plan General de Obras de la ENDESA.

Características constructivas de las obras

La construcción de algunas obras presentaron especiales características que merecen destacarse.

Bocatoma Polcura

La construcción de la bocatoma Polcura se llevó a efecto en tres etapas:

Construcción de las fundaciones de la barrera fija y del canal de desviación del río Polcura.

Desviación del río por el canal de desviación, construcción de las obras civiles de la barrera móvil y de la toma y montaje de las compuertas de emergencia y de servicio de estas obras.

Devolución de las aguas del río Polcura a su cauce natural, haciéndolas pasar por los vanos ya construidos de la barrera móvil, construcción del vertedero de la barrera fija, el estribo izquierdo y el puente sobre la barrera.

Especial mención merecen el agotamiento de la napa subterránea para poder fundar las obras y la excavación en la ladera del estribo derecho para la construcción de la obra de toma.

El agotamiento de la napa se logró por bombeo a través de pozos profundos, debiendo disponerse del respaldo de una batería de grupos electrógenos de partida automática para suplir el abastecimiento eléctrico en casos de fallas, evitando así una subida brusca de la napa y con ella una alteración grave de las características de soporte del suelo.

La construcción de la obra de toma implicaba una excavación importante en la morrena del estribo derecho, de fuerte pendiente, que hacía peligrar su estabilidad. Por esta razón se decidió aplicar el sistema "Fouilles Bioge" (Fouilles blindées en béton) y que consistió en la excavación de una zanja perimetral envolvente de las obras definitivas.

Una vez lograda la cota de fundación de las obras, la zanja se rellenó con hormigón, constituyéndose así un soporte en forma de "horquilla" altamente estable. El sistema de soporte se complementó con atiesadores metálicos interiores que se fueron colocando a medida que se progresaba con la excavación del núcleo contenido dentro de la "horquilla".

Túnel Común 2; hormigonado del revestimiento con moldaje metálico

Túneles Polcura y Común

Las excavaciones subterráneas de las ventanas de acceso a los túneles y algunos cientos de metros de los túneles mismos fueron ejecutados con los equipos sobrantes de la construcción de túneles de la central El Toro.

Dada la mayor sección de los túneles de la central Antuco, se decidió la adquisición de equipos de mayor capacidad. Este equipamiento quedó compuesto por jumbos tipo Gantry de 10 perforadoras pesadas de brazo hidráulico, locomotoras de 25 toneladas, carros mineros de acarreo de 8 m^3, cambio California para el cambio de carros y pala excavadora Conway.

El sostenimiento de la roca durante las excavaciones consistió principalmente en marcos metálicos, hormigón proyectado y cáncamos de diversos tipos.

Para los hormigones subterráneos el contratista diseñó un tren hormigonador con molde metálico telescópico de 81 m de longitud, colocadora neumática Pressweld en chassis para correr sobre vía férrea.

Las inyecciones de relleno de clave se fueron efectuando siguiendo el avance del hormigonado del arco. Se inyectó mortero de cemento por medio de bomba de pistón y la mezcla fue preparada en mezcladoras de alta turbulencia.

Tuberías

El suministro de los blindajes de los túneles en presión y las tuberías para los cruces Pichipolcura y Polcura, fue contratado comprendiendo los siguientes trabajos:

Suministro de planchas de acero.
Fabricación de los tubos en la obra.
Montaje de los blindajes y tuberías.
Pintura de protección.

Para realizar lo anterior, el contratista debió montar una fábrica de tubos a pie de obra y trasladar en vehículos especiales hasta los respectivos sitios de montaje, tubos de hasta 6,30 m de diámetro y 9,00 m de largo. Su montaje requirió la aplicación de variadas técnicas, pues

Casa de Máquinas - Trabajos de enfierradura Unidad N° 2

existen tuberías al interior de túneles horizontales, de túneles inclinados y tuberías en puente, sumando todas alrededor de 4.000 toneladas.

Zona de caída

La zona de caída comprendió la construcción subterránea de la chimenea de equilibrio, caverna de válvulas, bifurcación y las tuberías inclinadas y horizontales.

La excavación de la chimenea de equilibrio se inició una vez que se tuvo acceso, a través del túnel de aducción, a su zona inferior, excavando en forma ascendente un pique piloto central de 2 m de diámetro. El ensanche hasta la sección de excavación definitiva (21 m) se ejecutó en forma descendente procediéndose de inmediato a la colocación del sostenimiento de las paredes de roca consistente en cáncamos y hormigón proyectado.

El revestimiento de hormigón de las paredes del depósito exterior y del tubo elevador se ejecutó en forma continua con molde deslizante en toda la altura.

La caverna de válvulas se atacó en las siguientes etapas: Excavación de la bóveda y sostenimiento con hormigón proyectado y cáncamos, excavación del núcleo hasta cota de piso, revestimiento de paredes con hormigón, montaje de válvulas y mecanismos, remate de hormigones de anclaje de tuberías.

La excavación de las tuberías se inició en los dos tramos horizontales simultáneamente, a sección completa, hasta alcanzar el codo de arranque de los tramos inclinados.

Los tramos inclinados se excavaron en dos etapas: un pique inclinado piloto en la base de la sección, excavado ascendiendo, y el ensanche a sección completa descendiendo desde la caverna de válvulas.

Paralelamente con el ensanche se aplicó un sostenimiento de cáncamos y hormigón proyectado.

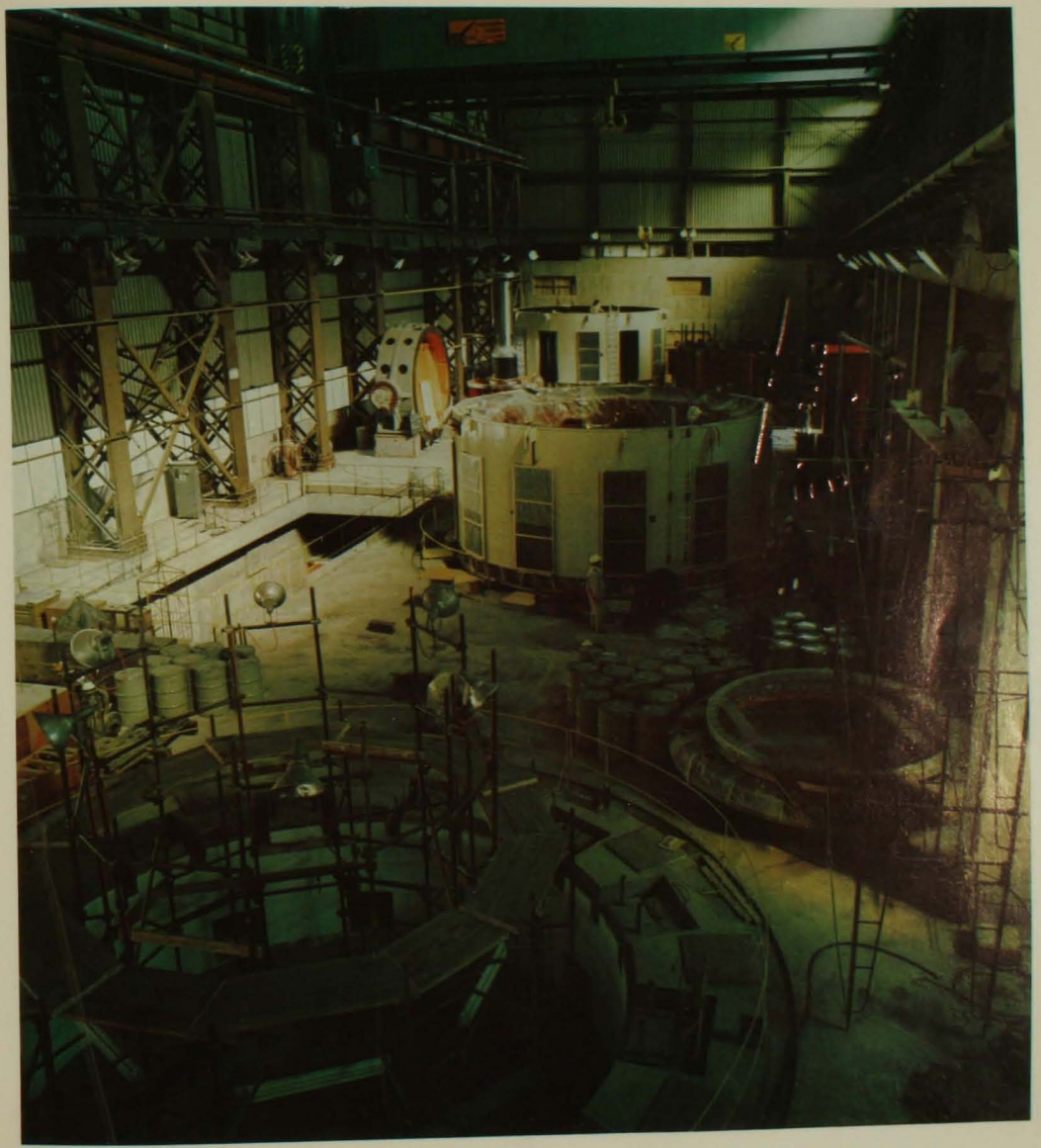
Excavada la tubería se procedió al montaje de los blindajes de acero, en tubos de 5 m de diámetro y 9 m de longitud. Su acceso se efectuó desde caverna de válvulas para la instalación en el inclinado y desde el exterior para los tramos horizontales.

Paralelamente con el montaje, se hormigonó el espacio entre el blindaje y la roca con hormigón fluido.

Inmediatamente después del hormigonado, se efectuaron las inyecciones de relleno, de consolidación de la roca circundante y del contacto blindaje-hormigón y finalmente la pintura interna de protección del blindaje.

Casa de máquinas y evacuación

La ejecución de estas obras se desarrolló con los métodos y equipos clásicos.



Montajes en Casa de Máquinas

Cruce estero El Toro en construcción

Los cortes del contorno de las excavaciones fueron realizados siguiendo los métodos de voladura controlada (pre-splitting y smooth blasting) lográndose cortes regulares, planos y sin daños a la roca circundante.

El material proveniente de las excavaciones de la casa de máquinas y del canal de evacuación se utilizó como relleno para formar la plataforma donde se ubicaría el patio de alta tensión y el edificio de mando.

Para las faenas de primeros hormigones en casa de máquinas y el montaje de la superestructura metálica se instaló una grúa torre trasladable. Esta, junto con otros equipos de izamiento, como motogrúas y bomba Schwing, permitieron en forma segura alcanzar los niveles más altos de la estructura.

Los segundos hormigones de difusores, turbinas y generadores, fueron ejecutados desde el interior de casa de máquinas con la ayuda de un puente grúa auxiliar de 10 toneladas instalado para estos efectos. Posteriormente, y para el traslado de los componentes electromecánicos pesados, se contó con los dos puentes grúa definitivos de 200 toneladas cada uno.

Aducción Laja

Programada originalmente para ser construida en 33 meses, sus obras civiles se completaron con 6,5 meses de adelanto, anticipando el ingreso de beneficios de la generación del caudal aportado a la central.

Permitieron este adelanto la diversidad de frentes de trabajo y los altos rendimientos y avances logrados en la construcción.

Las excavaciones de los túneles Laja 1 y Laja 2 se llevó a cabo con equipo sobre neumáticos y jumbo de perforadoras neumáticas livianas.

La cámara de desaeración, por sus dimensiones, 110 m de longitud y 12 m de diámetro de excavación, y ubicación centrada respecto al túnel Laja 2, fue necesario construirla en etapas procediéndose a la excavación y hormigonado de la bóveda en primer término, para posteriormente excavar el núcleo y ejecutar su revestimiento.

Las obras exteriores correspondientes a bocatomas, canales trapeciales y cubiertos y el rápido de descarga, fueron ejecutadas con métodos y equipos clásicos.

Información sobre la construcción

Edificaciones de campamentos, oficinas, casinos, bodegas, talleres y otros	103.000 m²
Construcción y mejoramiento de caminos	38 km
Líneas de transmisión 23 kV para la construcción	75 km
Capacidad total de plantas de hormigón	225 m³/hora

Volúmenes de obra

Excavaciones abiertas en material común	1.100.000 m³
Excavaciones abiertas en roca	100.000 m³
Excavaciones subterráneas en roca	800.000 m³
Hormigón al exterior	191.000 m³
Hormigón subterráneo	285.000 m³
Rellenos	650.000 m³
Enrocados	25.000 m³
Longitud de túneles	20 km

Materiales utilizados

Cemento	3.800.000 sacos
Acero en diversas formas y tipos	12.000 ton
Madera	2.000.000 pulgadas
Explosivos	1.400.000 kg
Personal ocupado	4.500.000 hombres-día

Presupuesto y Financiamiento

La inversión total excluyendo los gastos financieros, necesaria para ejecutar las obras e instalaciones de la central Antuco y su sistema de transmisión asociado, asciende al equivalente de 504 millones de dólares en moneda de enero de 1981. De este monto, cerca de una quinta parte corresponde a adquisiciones en el exterior.

El presupuesto de la central se desglosa en el cuadro siguiente, expresado en moneda de enero de 1981:

	Miles US$ equivalentes		
	M.E.	M.N.	Total
Ingeniería y Administración	1.776	45.777	47.553
Dirección de Obras. Inspección y Servicios Generales		63.375	63.375
Construcción de Obras Civiles	20.097	277.751	297.848
Equipamiento de la Central	79.201	16.251	95.452
Totales	101.074	403.154	504.228

Nota: Los gastos financieros alcanzan a miles de US$ 124.927.

Para la ejecución del proyecto Antuco la ENDESA ha contado con las siguientes fuentes principales de financiamiento:

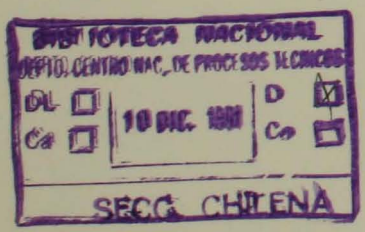
i)Recursos propios provenientes de la venta de energía.

ii) Un préstamo de US$ 75.300.000 otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo (Préstamo 267/OC-CH).

iii) Préstamo del Bank fur Arbeit und Wirtschaft A.G. (BAWAG) por aproximadamente A.S. 182.070.000 (chelines austríacos) destinado a la adquisición y montaje de las compuertas de bocatoma Polcura y de las tuberías y blindajes de toda la central.

iv) Préstamos financieros sindicados, entre los que se destacan los siguientes bancos como agentes:

- Citicorp International Ltd.
- The Bank of Tokyo
- Citibank N.A.
- Grindlay Brandts Limited de Inglaterra
- Banque de Societé Financière Européenne de Francia



Asesorías, Contratistas y Proveedores

Asesorías

Con el objeto de resolver problemas específicos para los cuales no existía en el país experiencia suficiente, la ENDESA recurrió a la asesoría de empresas extranjeras. De la misma manera, en materias que la ENDESA no cuenta con personal especializado o no posee los recursos correspondientes, se contrataron los servicios de empresas nacionales.

A continuación se indican los principales asesores contratados:

- Instituto de Investigaciones Geológicas (Chile)
- A.B. Elecktrish Malmletning (ABEM) (Suecia)
- Juan Karzulovic (Chile)
- MAGMA-Geólogos Consultores (Chile)
- Electrowatt (Suiza)
- Instituto Nacional de Hidráulica (Chile)
- Escuela Técnica Superior de Graz (Austria)
- Departamento Obras Hidráulicas, Escuela de Ingeniería, Universidad Católica de Chile (Chile)
- CONMETAL (Chile)
- Raúl Camposano (Chile)
- Luis Erazo N. y Asociados (Chile)
- Alfa-VF (Chile)
- IFARLE (Chile)
- Marta Viveros de Arnello (Chile)
- Universidad ETH de Zurich (Suiza)
- Escuela Politécnica Federal de Lausanne (Suiza)
- Hoehmann, Sánchez y Stagno, Ingeniería de Proyectos (Chile)
- IDEPE-Ingeniería y Desarrollo de Proyectos (Chile)
- Iván Rojo A. (Chile)
- Electricité de France (EDF) (Francia)
- CIE-Consultores en Ingeniería Eléctrica Ltda. (Chile)
- INSER-Ingeniería Industrial y Servicios Ltda. (Chile)
- PROYELMEX (Chile)
- INTERSEL Ltda. (Chile)
- CIE-Consultores en Ingeniería Eléctrica Ltda. (Chile)
- Jacobs Associates - Construction Engineers (EE.UU.)

Contratistas

Obra	*Empresa*
Bocatoma Polcura 2.ª etapa	Figalem Ingeniería S.A.
Bocatoma Polcura 3.ª etapa	Consorcio DELTA-BROTEC Ltda.
Túneles Polcura, Común y Pichipolcura	Consorcio DELTA-BROTEC Ltda. y E.P. Celliti
Zona de caída	Consorcio BROTEC Ltda. y E.P. Celliti
Patio de alta tensión, edificio de mando y canal de evacuación	Ingeniería y Construcción SIGDO KOPPERS S.A.
Aducción Laja	Consorcio Fe Grande Ltda.
Bocatoma Pichipolcura	Consorcio Fe Grande Ltda.
Captación estero Malalcura	Consorcio Fe Grande Ltda.
Montaje compuertas bocatoma Polcura	Vöest-Alpine-Austria
Montaje y pintado blindajes y tuberías de la central Antuco	Vöest-Alpine-Austria
Limpieza zona inundación bocatoma Polcura	Héctor Sierra C.
Camino a sifón Polcura	Empresa Constructora EMCO Ltda.
Camino a bocatoma Pichipolcura	Empresa Constructora Mario Millán Ltda.
Planta de Áridos	Canteras Lonco
Talleres generales	INGEMEC-Suc.

Proveedores

Equipo mecánico	*Fabricante*	*País*
Bocatoma Polcura		
Rejas de la toma	Maser Ltda.	Chile
Limpiarrejas	H. Bieri A.G.	Suiza
Compuertas de toma	Zanini S.A.	Brasil
Mecanismos compuertas	Zanini S.A.	Brasil
Compuertas de segmento de la barrera	Vöest-Alpine A.G.	Austria
Mecanismos para compuertas de segmento	Thyssen Kloenne A.G.	Alemania
Compuertas desripiadoras	Vöest-Alpine A.G.	Austria
Compuertas de emergencia	Edyce/Metalúrgica Cerrillos Concepción S.A.	Chile
Grúas portal de maniobra	Alcoma S.A.	Francia
Bocatoma Laja		
Rejas de la toma	Metalúrgica Cerrillos Concepción S.A.	Chile
Compuertas de toma	Metalúrgica Cerrillos Concepción S.A.	Chile
Compuertas de sector de la barrera	Inamar S.A.	Chile
Compuertas de emergencia	Inamar S.A.	Chile
Grúa portal de maniobras	Confab S.A.	Brasil
Caverna de Válvulas		
Válvulas de mariposa	Marubeni Corp./Hitachi Ltd.	Japón
Puente grúa	Metalúrgica Cerrillos Concepción S.A.	Chile
Casa de Máquinas		
Turbinas	Marubeni Corp./Hitachi Ltd.	Japón
Válvulas de mariposa	Marubeni Corp./Hitachi Ltd.	Japón
Bombas de refrigeración	KSB A.G.	Alemania Federal
Bombas de drenaje	Layne Bowler Inc.	EE. UU.
Bombas de vaciado	Layne Bowler Inc.	EE. UU.
Motocompresores aire de servicio	Demag Pokorny	Alemania Federal
Puentes grúa	G.B. Sanders and Zoon	Holanda
Compuertas de salida difusores	Inamar S.A.	Chile
Grúa portal difusores	Torque S.A.	Brasil
Equipo de presurización casa de máquinas	Hitachi Line y otros	Brasil
Equipo de aire acondicionado edificio anexo	Hitachi Line y otros	Brasil
Equipo aire acondicionado edificio de mando	Carrier Int. Corp.	EE. UU.

Equipo mecánico	*Fabricante*	*País*
Grupos Electrógenos de Emergencia		
Edificio de mando	Heinkel El. Agg. GmbH & Co.	Alemania Federal
Caverna de válvulas	Conex Diesel-Electro GmbH	Alemania Federal
Bocatoma Laja	Conex Diesel-Electro GmbH	Alemania Federal
Bocatoma Polcura	Conex Diesel-Electro GmbH	Alemania Federal
Captaciones		
Compuertas desripiadoras automáticas	Maser Ltda.	Chile

Equipo eléctrico		
Generadores y equipo de excitación	Marubeni Corp./Hitachi Ltd.	Japón
Barras capsuladas	Balfour Beatty Power Construction Ltd.	Inglaterra
Equipo maniobra 13,8 kV y reactor	Brown Boveri	Suiza
Transformadores reguladores 13,8 kV	Rhona S.A.I.C.	Chile
Transformadores de poder	Marubeni Corp./Hitachi Ltd.	Japón
Pararrayos 220 kV	Brown Boveri	Suiza
Desconectadores 220 kV	Brush Power Equipment	Inglaterra
Interruptores 220 kV y planta de aire comprimido	Brown Boveri	Suiza
Transformadores de corriente 220 kV	Electrotécnica Balteau S.A.	México
Transformadores de tensión de 220 kV (inductivos)	Electrotécnica Balteau S.A.	México
Transformadores de tensión de 220 kV (capacitivos)	E. Haefely et Cie.	Suiza
Trampas de onda y condensadores de acoplamiento 220 kV	E. Haefely et Cie.	Suiza
	Siemens A.G.	Alemania
Cables de poder de 13,8 kV	Sumitomo Shoji Kaisha Ltd.	Japón
Cables de poder de 400 V	Madeco	Chile
Cables de control	Madeco	Chile
	Cocesa	Chile
Transformadores de servicios auxiliares 13,8/0,4 kV	Rhona S.A.I.C.	Chile
Equipo de maniobra 400 V	Gould/Ite Imperial Corp.	EE. UU.
Equipos de maniobra 125 Vcc y 48 Vcc	Gould/Ite Imperial Corp.	EE. UU.
Baterías 125 Vcc y 48 Vcc	Tungstone Battery Ltd.	Inglaterra
Cargadores de baterías	Air Ltda.	Chile
Relés de distancia	Reyrolle Prot. Ltd.	Inglaterra
	Siemens A.G.	Alemania
Relés de protección	General Electric Co.	España
Relés auxiliares	Sprecher & Schuh Ltd.	Suiza

Equipo eléctrico	*Fabricante*	*País*
Instrumentos de tablero	Gossen GmbH	Alemania
Equipos detectores de nivel	Hartmann & Braun A.G.	Alemania
	F. Rittmeyer	Suiza
Equipos de telecontrol	Quindar Products Ltd.	Canada
Equipos de comunicaciones por onda portadora	Italtel Societá Italiana Telecom.	Italia
Alarmas	Rochester Instrument Systems Inc.	EE. UU.
Cables aluminio patio de alta tensión	Kaiser Aluminium Int. Inc.	EE. UU.
Fittings y conectores	A. Salvi & Co.	Italia
220 kV	F. Wirschitz GmbH	Alemania
Equipo detección incendios	Cerberus Ltd.	Suiza
Equipos fijos extinción incendio	Total Ex.GmbH	Alemania
Equipos portátiles extinción incendios	General/United Exp. Corp.	EE. UU.
Luminarias fluorescentes	Luminotecnia Ltda.	Chile
	Omicron S.A.	
Luminarias de mercurio y sodio	Famela-Somela	Chile
	Philips Chilena S.A.	Chile
Postes para luminarias	Compac S.A.	Chile
Equipos televisión en circuito cerrado	Philips	Holanda
Tableros, bastidores, pupitre y bandejas de cables	Bash S.A.I.C.	Chile
Bandejas para cables	Pizarreño S.A.	Chile

Equipo Civil		
Estructuras metálicas patio de alta tensión	Maser Ltda.	Chile
Blindajes túneles en presión	Vöest-Alpine A.G.	Austria
Tuberías cruces Polcura y Pichipolcura	Vöest-Alpine A.G.	Austria

Foto Portada:
Zona de Casa de Máquinas

ENDESA
Empresa Nacional
de Electricidad S.A.

Santa Rosa 76
Casilla 1392
Teléfonos: 2226070
2229080
Telex 40491 NDESA CL
Correos y Telégrafos
Telex 94291 ENDESA KV
Transradio
Santiago de Chile

PRODUCCION OFFSET SERVICE - 229011 - SANTIAGO-CHILE