EMPRESA DEL AREA SOCIAL

El Toro

CENTRAL HIDROELECTRICA Y SISTEMA DE TRANSMISION

EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A. ENDESA

BIBLIOTECA NACIONAL
0041260

BIBLIOTECA NACIONAL DE CHILE
Sección Chilena
Ubicación 10(03-70).
Año Ed. 1995 Copia
Registro Seaco. 156397
Registro Notis. AAK5205

	Pag.
Aprovechamiento hidroeléctrico del río Laja	9
Aporte nacional de la central El Toro	12
Costo y financiamiento de las obras	16
Funcionamiento del Sistema El Toro	17
Características generales de la central El Toro	18
Descripción de las obras	20
Generalidades	20
Bocatoma	22
Túnel de aducción	23
Chimenea de equilibrio	24
Túnel entre chimenea de equilibrio y tuberías	24
Caverna de válvulas	24
Tuberías	25
Casa de máquinas	25
Obras de evacuación	27
Obras exteriores en la zona de caverna de máquinas	27
Patio de alta tensión	27
Edificio de mando	27
Población	31
Caminos de acceso	31
Instalaciones mecánicas	33
En bocatoma	33
En casa de válvulas	33
En casa de máquinas	34
En el edificio de mando	34
Grupos electrógenos de emergencia	34
Instalaciones eléctricas	36
Sistema de transmisión de 220 kV	43
Generalidades	44
Configuración eléctrica del Sistema de 220 kV	44
Ampliación de las subestaciones Charrúa y Alto Jahuel	48
Aspectos técnicos generales	48
Subestación Alto Jahuel	48
Subestación Charrúa	49
Faenas de Construcción	50
Generalidades	50
Construcción de las obras	51
Bocatoma	51
Túnel de aducción	51
Chimenea de equilibrio	52
Caverna de válvulas y tuberías de presión	52
Caverna de máquinas	52
Obras exteriores de la caverna de máquinas, edificio de mando y patio de alta tensión	55
Líneas de transmisión de 220 kV	55
Asesorías	56
Proveedores	58

El Toro

CENTRAL HIDROELECTRICA Y SISTEMA DE TRANSMISION

EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A.

ENDESA

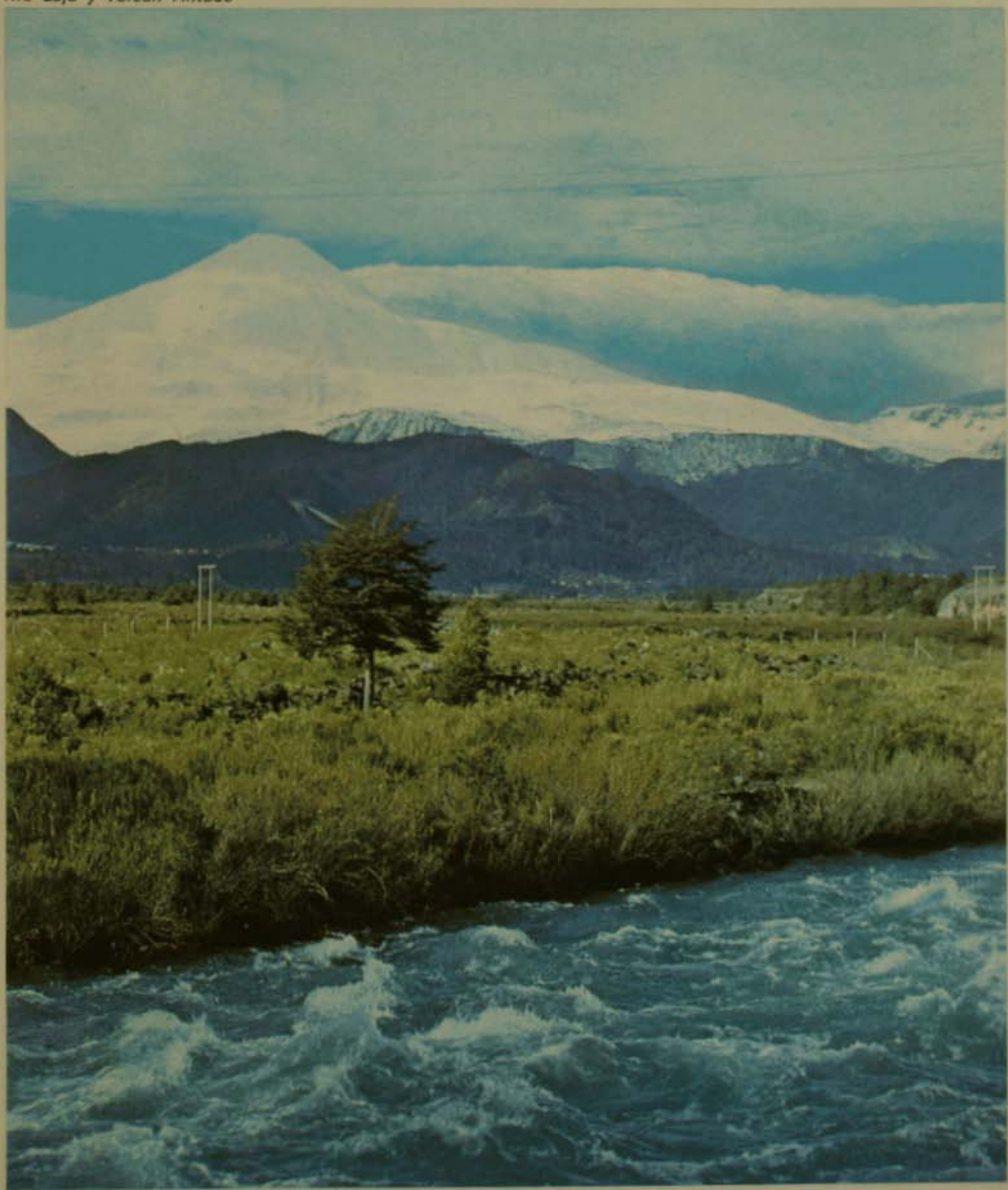
156397

La puesta en servicio de la central El Toro constituye una importante realización más dentro del Plan de Electrificación del país, que fue formulado por la Corporación de Fomento de la Producción en la década del 40 y que lleva a cabo la ENDESA.

Ese Plan fijó para su realización tres grandes etapas. La primera consistía en el desarrollo aislado de las posibilidades generadoras de cada una de las siete regiones en que se dividió al país; la segunda estipulaba la interconexión de los diversos sistemas regionales, y la tercera consideraba la instalación de grandes centrales generadoras con bajos costos de producción y operaciones centralizadas, de manera de obtener la máxima eficiencia y economía del conjunto. Las dos primeras etapas han sido ya cumplidas, encontrándose en pleno desarrollo la tercera.

Superada ya la fase en que se pretendía recuperar el déficit de arrastre en la producción de energía eléctrica, ahora se trata de satisfacer una demanda siempre creciente poniendo a disposición de la comunidad energía abundante para posibilitar así una mayor producción de bienes y servicios. Hoy, al poner en servicio una nueva instalación de la magnitud de la central El Toro, la ENDESA permite que el país cuente con uno de los factores fundamentales para estimular la prosperidad y el bienestar de la población, aparte de ventajas adicionales, tales como haber dado ocupación a numerosos trabajadores de distintos niveles e impulsado la fabricación de múltiples equipos y piezas en la industria nacional.

Rio Laja y volcán Antuco



Montaje del rodete de una turbina

CARLOS TAPIA

El Toro

CENTRAL HIDROELECTRICA Y SISTEMA DE TRANSMISION

Introducción

El "Plan de Electrificación del País", conforme a los rasgos geográficos del territorio, a la ubicación de los consumos y a las características de las diversas hoyas hidrográficas, ha dividido el territorio nacional en siete "Regiones Geográficas", que a su vez para obtener una adecuada visión más simplificada de la configuración eléctrica del país pueden agruparse en 3 zonas: Norte, Central y Sur.

La zona norte, correspondiente a la primera región geográfica, se extiende al norte de Caldera, es desértica, con escasísimas fuentes hidráulicas y sin recursos de combustibles, con pocos y aislados centros de consumo y grandes establecimientos mineros. Por ello los consumos zonales están servidos por sistemas eléctricos aislados basados principalmente en generación térmica, fuente que se prevé seguirá siendo allí la fundamental en la producción de energía.

La zona sur, que comprende las regiones geográficas 6a. y 7a. (Chiloé, Aysén y Magallanes), tiene muy escasa población, la que está situada en centros dispersos y de poco desarrollo. Los recursos hidroeléctricos son abundantes, así como también los de carbón y gas natural y, en menor escala, los del petróleo. Dada la relativa pequeña importancia de los consumos y su aislamiento, el sistema eléctrico está configurado por instalaciones aisladas, predominantemente térmicas.

La zona central, situada entre las dos anteriores, reúne a cerca del 90% de la población y representa la mayor parte de la actividad económica del país.

Esta zona posee abundantes recursos hidroeléctricos, bien situados cerca

MAPA ELECTRICO DE LA 3ª y 4ª REGIONES GEOGRAFICAS

de los principales centros de consumo y también cuenta con recursos carboníferos suficientes. La abundancia y características de los primeros, han permitido aplicar soluciones ampliamente ventajosas en relación a los segundos. Por esta razón, el sistema eléctrico en esta zona es predominantemente hidráulico.

En una primera etapa se desarrollarón en ella los recursos ubicados cerca de las zonas de mayores consumos y de un tamaño proporcionado a las demandas y al tamaño del sistema eléctrico existente (centrales Sauzal, Abanico, Pilmaiquén). En una segunda etapa se inició la interconexión de esos sistemas aislados, creándose así el llamado "Sistema Interconectado", el cual es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y centros de consumo, unidos eléctricamente entre sí, de modo que la energía puede desplazarse dentro de él, con vista a un mejor aprovechamiento de las características y recursos de cada central en concordancia con las necesidades del consumo.

Si bien los recursos utilizados eran en esta segunda etapa los más económicos en cada zona (Cipreses, Isla, Pullinque), el criterio ya no fue regionalista, pues se contaba con la posibilidad de transmitir la energía dentro de un sistema bastante amplio, habiéndose incorporado en los proyectos algunos embalses de regulación de importancia, tales como las lagunas La Invernada y del Maule.

En la tercera etapa del desarrollo eléctrico de la zona central del país —que es la que se vive— el crecimiento sostenido de la demanda en alrededor del 8% por año, exige la instalación de centrales generadoras de gran magnitud, las que deben caracterizarse por disponer de importantes reservas de agua para contar oportunamente con el respaldo para satisfacer los períodos críticos de abastecimiento. Tal es el caso de Rapel, de El Toro y Antuco en el Laja, y de la central Colbún.

Paralelamente con la instalación de estas fuentes hidroeléctricas, se ha programado la construcción de centrales térmicas, necesarias para garantizar la operación del Sistema Interconectado, especialmente en los períodos de escasez de recursos hidráulicos. Además, la intercalación de centrales térmicas, origina una política menos exigente en el orden financiero debido a la menor inversión inicial que exige este tipo de centrales con respecto a las hidráulicas.

Dentro del área del Sistema Interconectado, los recursos hidráulicos económicamente más atractivos están en las hoyas de los ríos Rapel, Maule y Bío-Bío, donde se cuenta con instalaciones de tamaño medio realizadas durante las dos primeras etapas del plan de electrificación (Sauzal y Sauzalito, Cipreses e Isla y Abanico) y donde se están realizando las obras de gran envergadura de la tercera etapa. La necesidad de abastecer el creciente déficit de potencia durante las horas de mayor demanda, en especial, el que se producía en la 3a. región geográfica, determinaron la decisión de construir en su oportunidad la central Rapel.

Los estudios realizados indicaban que con posterioridad a la puesta en marcha de la central Rapel, los déficit de potencia y energía del Sistema Interconectado se producirían principalmente en la 4a. región geográfica. Consecuente con ésto se decidió que la central que siguiera a Rapel debía encontrarse cerca de esa zona.

Para decidir la instalación más con-

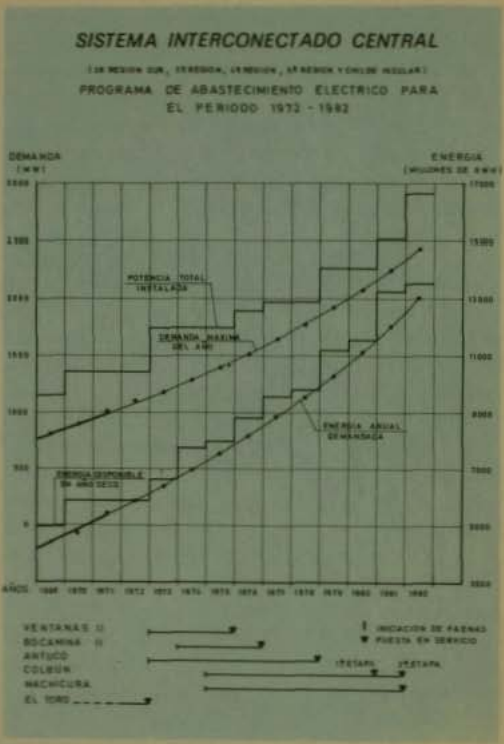
veniente, se realizaron diversos estudios comparativos entre las posibles alternativas hidráulicas y térmicas.

Entre las alternativas hidráulicas, se eligieron las centrales Maule, en la hoya del río del mismo nombre y El Toro en la del río Laja, bien situadas con respecto a los centros principales de consumo. Estas centrales se eligieron debido a su ubicación, al bajo costo de la potencia instalable, a su capacidad apropiada a la dimensión del sistema y al hecho de contar con accesos fáciles y obras complementarias ya realizadas por la ENDESA para centrales ya construidas en las mismas regiones.

De las posibilidades termoeléctricas se eligió la alternativa consistente en una central a vapor-carbón ubicada en la zona de Coronel, junto a las minas de Lota-Schwager. Esta es la instalación más favorable entre las posibles, ya que por una parte está ubicada en la región que a la fecha de puesta en servicio sería la deficitaria de potencia, y por otra puede utilizar carbón de menor calidad y costo, cuyo transporte no se justifica comercialmente.

Los estudios comparativos realizados fueron ampliamente favorables a la central El Toro y recomendaron su puesta en servicio en 1970, pero ante la imposibilidad de ajustarse a esa fecha se decidió finalmente la istalación, como etapas previas, de una 5a. unidad (de 70 MW) en Rapel, y de una central térmica de 125 MW en Bocamina. La puesta en servicio de la central El Toro se programó entonces para el primer semestre de 1973.

El abastecimiento eléctrico posterior de la zona servida por el Sistema Interconectado que se ha programado



hasta el año 1982, se logrará mediante la construcción de las Centrales Térmicas Ventanas II, Bocamina II y las Centrales Hidroeléctricas Antuco, Colbún y Machicura.

Aprovechamiento hidroeléctrico del río Laja

La central El Toro está ubicada en la provincia de Ñuble, 80 Km. al este de la ciudad de Los Angeles y 10 Km. al Norte de la Central Abanico actualmente en funcionamiento. La central El Toro es un elemento fundamental en el aprovechamiento hidroeléctrico del río Laja.

Dicho aprovechamiento consiste en la utilización con fines energéticos de los caudales provenientes de la hoya hidrográfica del lago Laja y del curso superior del río del mismo nombre en la zona comprendida entre su nacimiento y las bocatomas de los primeros canales de regadío, ubicadas frente al pueblo de Antuco.

El Lago Laja es un inmenso embalse natural originado por las sucesivas erupciones de los volcanes Laja y Antuco que represaron las aguas del río Laja. Recibe los aportes de una hoya hidrográfica de 975 Km^2 de superficie y puede almacenar un volumen de agua de cerca de 8.000 millones de m^3.

La utilización de los recursos hidrológicos del curso superior del río Laja, constituye en realidad un aprovechamiento conjunto para energía y regadío, ya que una vez finalizadas las obras que se proyectan, se dispondrá de una potencia instalada de 838.000 kW, con una generación semejante a los 3.800 millones de kWh anuales, haciendo además posible el regadío de 48.000 há. actualmente sin riego y mejorando el riego de unas 60.000 há., manteniendo la seguridad de riego de 90.000 há. actualmente regadas con el Laja.

La futura central Antuco, cuya construcción ya se ha iniciado, completará junto con Abanico y El Toro el aprovechamiento de los recursos del Laja para los fines de generación eléctrica.

La central Abanico de 136.000 kW de potencia, cuyas unidades iniciales se pusieron en servicio en 1948 (durante la 1a. etapa del Plan de Electrificación), fue el primer desarrollo hidroeléctrico en la zona. Con un canal de 7.100 m. de longitud utiliza una caída de 147 m., con un caudal máximo de 112 m^3/s provenientes del lago Laja y de los aportes superficiales de la hoya superior del río Laja.

El Túnel de Vaciado del lago Laja, que comenzó a funcionar a comienzos de 1963, ha permitido utilizar el enorme volumen de regulación del lago Laja y entregar aguas para la central Abanico y para las necesidades del regadío de la zona.

La central El Toro, con su potencia de 400.000 kW, es la segunda instalación, cronológicamente, en la zona del Laja, y la de mayor importancia dentro de este aprovechamiento.

Como complemento de las obras propias de la central El Toro, la ENDESA realiza en la actualidad la construcción de las obras de captación y desviación del Alto Polcura. Este proyecto consulta la construcción de un sistema de tres captaciones separadas, ubicadas en la parte superior de la hoya hidrográfica del río Polcura y constituidas por dos embalses y una bocatoma de alta montaña que se conectan entre sí mediante 4,2 Km. de túneles. Los caudales así captados, que alcanzan a un valor medio anual de 9,25 m^3/s, son finalmente desviados hasta el lago Laja por medio de un túnel de 8,7 Km. de longitud.

La central Antuco, de 300.000 kW de potencia instalada y 1.800 millones de kWh de generación media anual, consti-

Lago Laja

tuirá la última fase del aprovechamiento hidroeléctrico del río Laja. Utilizará los recursos hidráulicos de la hoya superior de los ríos Polcura y Laja, y el desnivel existente entre las descargas de las centrales Abanico y El Toro y un punto del río Laja ubicado aguas arriba de los canales de regadío Zañartu y Collao, siendo la altura de caída utilizable de 210 m. Las aguas captadas en los ríos Laja y Polcura serán conducidas por medio de dos aducciones independientes hasta un cierto punto en que se juntarán, dando origen a la Aducción Común, la que llevará los caudales hasta la zona de caída, ubicada aproximadamente 20 Km. aguas abajo de la central Abanico.

Aporte nacional de la Central El Toro

El Sistema hidroeléctrico del río Laja tiene una importancia fundamental dentro del esquema eléctrico del país. En efecto, a la fecha de puesta en servicio de la central Antuco (1979), este sistema tendrá una potencia instalada que equivaldrá a aproximadamente el 37% de la capacidad disponible para servicio público en el Sistema Interconectado (Coquimbo-Chiloé).

Particularmente, la central El Toro, de 400 MW, representa prácticamente el 50% de la potencia instalada en el esquema del río Laja y cerca del 23% de la potencia total instalada para servicio público dentro del Sistema Interconectado.

La importancia de la central El Toro dentro del Sistema eléctrico se ve incrementada si se considera el enorme volumen de regulación del lago Laja (4.000 millones de m^3), el cual es 4 veces superior al volumen de regulación disponible por el conjunto de las otras centrales hidroeléctricas del Sistema Interconectado. Ello garantiza la entrega de energía en forma segura y con independencia de las características hidrológicas del año de que se trate.

El aporte de la central El Toro al país no está limitado sólo a la entrega de abundante energía con un alto grado de seguridad; durante su etapa de construcción ha sido de variada índole y gran importancia.

Siguiendo una política ya tradicional de la ENDESA el proyecto y las obras fueron realizados por ingenieros, técnicos y obreros chilenos. En el proyecto se recurrió a la asesoría de firmas extranjeras sólo para resolver aquellos problemas en que se carecía de la experiencia suficiente en el país. En esta forma, el proyecto de la central El Toro permitió continuar la preparación de personal técnico altamente calificado y enriquecer la experiencia de la ingeniería nacional.

La construcción de las obras significó llegar a tener una planta de 370 empleados y 1.300 obreros, totalizando la mano de obra empleada alrededor de 2.500.000 hombres-día. Estas cifras son de importancia no sólo por el hecho de haberle dado las posibilidades de un trabajo adecuado a cientos de trabajadores sino que también por el positivo impacto regional que ello significa. En efecto, gran parte de las remuneraciones recibidas por este personal han ido a tonificar la economía regional, en las provincias de Ñuble y Bío-Bío. Este impacto es apreciable, por ejemplo, en la ciudad de Los Angeles, donde la presencia de la ENDESA desde que se iniciaron las obras del aprovechamiento hidroeléctrico del río Laja fue reconocida y apreciada por todos los sectores de la comunidad.

Para este contingente de trabajadores se construyeron las poblaciones de Rayenco y El Notro, que en su conjunto albergaron a cerca de 8.000 habitantes. Fue necesario dotarlas de todos los servicios básicos además de pulperías, locales sindicales y de reuniones, teatro, iglesia, escuela pública para alumnos y un hospital.

La obra de acción social realizada por la ENDESA entre los habitantes de estas poblaciones se extendió también a la zona vecina a la central. Los beneficios regionales, y por consecuencia para el país, se incrementaron también con la construcción de caminos y puentes y con

la apertura de la zona del lago Laja hacia el turismo.

Fue base fundamental en los diseños el empleo de materiales y equipos que racional y económicamente puedan fabricarse en el país. La política, también tradicional, de la Empresa en estas materias contribuyó a dar auge a las industrias del ramo, a impulsar la fabricación de equipos y materiales que antes se importaban y a incrementar la experiencia en la manufactura de aquellos que se producían en escala reducida.

El impacto de esta política se advierte, además del examen de la lista de equipos que se indica al final de este folleto, a través de las siguientes cifras: el consumo de cemento alcanzó a alrededor de 90.000 toneladas, se utilizaron 4.900 toneladas de fierro redondo de construcción, 1.400.000 pulgadas de madera, 30 millones de litros de combustibles, etc.

En lo que respecta a los equipos y maquinarias que no se fabrican en el país, ha sido práctica permanente de la ENDESA una rigurosa selección, adquiriéndolos separadamente a fabricantes a través de propuestas públicas, consiguiendo así ventajas de la especialización de ellos y costos más bajos. Esto exigió de los técnicos de la ENDESA un trabajo de alta especialización, cuyo efecto ha sido contar con equipos de gran calidad, ahorrando importantes cantidades de divisas.

Las cifras citadas de producción de la central, el elemento humano que intervino directa o indirectamente en la construcción, y el alto consumo de materiales proporcionados por el mercado nacional, ilustran la magnitud de la obra realizada y su significación en la economía del país.

Costo y financiamiento de las obras

La inversión total en las obras propias de la central se estimó a Mayo de 1973 en E° 11.000.000.000 más US$ 34.000.000. Por otro lado, el costo del sistema de transmisión asociado a la central El Toro, asciende a E° 2.400.000.000 más US$ 14.600.000 considerando a la misma fecha.

La inversión en moneda nacional ha sido financiada mediante la reinversión de las entradas propias de la ENDESA por venta de energía, más los aportes que la CORFO realiza al presupuesto de la ENDESA para la ejecución del plan de electrificación del país.

La adquisición de los materiales, equipos y servicios importados, se financiaron mediante un crédito por US$ 60.000.000 otorgado a la Corporación de Fomento de la Producción y a la ENDESA, por el Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo (Crédito 479-CH). Parte de este préstamo, aproximadamente US$ 21.000.000, se destinó a las adquisiciones en el extranjero de la central El Toro. El saldo ha sido utilizado para el financiamiento de la construcción de las obras de la Captación Alto Polcura, para la línea de Transmisión desde El Toro al sistema troncal, para la ampliación de éste, y para otras obras y equipos varios.

Funcionamiento del sistema El Toro

Las centrales El Toro y Abanico aprovechan las aguas del lago Laja, cuyo caudal afluente medio anual es, según las estadísticas existentes, de 67,3 m^3/s, incluido el aporte de las Obras de la Captación Alto Polcura. Como ambas centrales descargan a cotas similares en los ríos Polcura y Laja, respectivamente, es necesario operarlas de manera que se obtenga el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles. Dado que la altura de caída de El Toro es aproximadamente cuatro veces mayor que la de Abanico, conviene entregar a la primera la mayor parte del caudal utilizable.

Por otra parte, como es frecuente en lagos formados por erupciones volcánicas, el Laja tiene un desagüe superficial y otro subterráneo de modo que parte del caudal afluente se pierde por filtraciones que se producen a través de la barrera permeable que lo formó y que afloran en el río Laja. Estas filtraciones corresponden a un gasto medio anual de 27,2 m^3/s, las cuales sólo pueden ser aprovechadas por Abanico. Esta central utiliza además los recursos hidráulicos de la hoya intermedia entre el lago y su bocatoma, ascendentes a 6,9 m^3/s, y las entregas de agua mínimas desde el lago a través del Túnel de Vaciado cuando se necesita usar el total de su potencia instalada. Dichas entregas corresponden a un caudal medio anual de 0,5 m^3/s.

Basados en las condiciones anteriores, los caudales medios anuales disponibles por las centrales Abanico y El Toro alcanzan a 34.6 y 39.6 $m^3/seg.$, respectivamente. Del total del caudal utilizable en la central El Toro, 13,7 m^3/s no son regulables para los fines de generación hidroeléctrica, debido a que este caudal debe ajustarse a la distribución exigida por las condiciones de regadío. El saldo de 25,9 m^3/s es regulable por la ENDESA y puede distribuirse en forma tal que se ajuste a las demandas del Sistema Interconectado.

La central El Toro tendrá una generación media anual de 1.660 millones de kWh, de los cuales el 48,4%, puede ser generado en invierno. A su vez, la central Abanico tendrá en el futuro una generación media anual de 347 millones de kWh en circunstancias que antes de la puesta en marcha de la central El Toro esta cifra alcanzaba a 650 millones de kWh. En consecuencia el aporte neto de energía de la central El Toro al Sistema Interconectado será de 1.357 millones de kWh.

Desde el punto de vista de potencia, la central El Toro con sus 400 MW funcionará con un factor de planta de 0,48, pero si se avalúa solamente la energía neta ganada con respecto a la que actualmente genera la central Abanico utilizando el caudal total del lago Laja, este factor de planta baja a 0,39.

La central Abanico que hasta antes de la puesta en marcha de la central El Toro funcionaba con un factor de planta medio de 0,56 se reduce a 0,30 con ella en operación. De este modo Abanico pasará a ser una central cuyo aprovechamiento se ajustará fundamentalmente a los caudales disponibles de filtraciones del lago y constituirá una reserva de valiosa utilidad.

Características Generales de la Central El Toro

1.	**Datos Generales**		
	Potencia máxima para nivel mínimo del lago	400	MW
	Energía media anual ganada	1.357	GWh
	Caudal máximo	97	m^3/s
	Caída neta media	540	m
2.	**Bocatoma**		
2.1	Túnel de comunicación al lago		
	Longitud	230	m
	Sección	26	m^2
2.2	Pique y caverna de compuertas		
	Profundidad del pique	82	m
	Sección del pique	37	m^2
	1 compuerta de servicio	3,10 x 6,50	m
	1 compuerta de emergencia	3,10 x 6,50	m
	Puente grúa	50	ton
	Pique de rejas		
	Profundidad	93	m
	Sección	37	m^2
	1 Reja (sección bruta)	54	m^2
3.	**Túnel de Aducción**		
3.1	Sección con hormigón		
	Longitud	9.050	m
	Sección útil (D = 5,70 m y D = 4,30 m)	26 y 15	m^2
3.2	Sección con blindaje		
	Longitud	37	m
	Sección útil (D = 4,30 m)	15	m^2
4.	**Chimenea de Equilibrio**		
4.1	Túneles de comunicación entre cámara inferior y aducción		
	Longitud total	69	m
4.2	Cámara Inferior		
	Longitud	170	m
	Sección (D = 7,50 m)	44	m^2
4.3	Pique		
	Profundidad	91	m
	Sección (D = 6,75 m)	36	m^2
4.4	Cámaras superiores		
	Longitud total	235	m
	Sección media	56	m^2
4.5	Galería de acceso a cámaras superiores		
	Longitud	196	m
	Sección	18	m^2

5.	**Caverna de Válvulas Superiores**		
	2 Válvulas de mariposa de servicio	D = 2,80	m
	2 Válvulas de mariposa de guardia	D = 2,80	m
	2 Ventosas por cada blindaje	D = 0,70	m
	Puente grúa	35.	t
	Túnel de acceso	L = 440.	m
6.	**Blindajes**		
	Diámetro	2,80	m
	Longitud aproximada	2 x 1.446	m
	Espesor variable aproximado	14 a 35	mm
7.	**Caverna de Máquinas**		
	4 Turbinas Pelton (válvulas incorporadas)	158.000 CV	c. u.
	4 Generadores síncronos (factor de potencia 0,95)	105.000 kVA	c. u.
	Velocidad de rotación	333.33	r.p.m.
	Voltaje de generación	13,80	kV
	4 Transformadores 3 Ø	121	MVA
	1 Puente grúa	220	t
	1 Puente grúa	10	t
	Túnel de acceso	L = 190	m
	Túnel de cables y ventilación	L = 220	m
8.	**Evacuación**		
8.1	4 Túneles de descarga		
	Longitud total	170	m
	Sección útil	27	m^2
8.2	Túnel colector		
	Longitud	78	m
	Sección útil media	37	m^2
8.3	Túnel de evacuación		
	Longitud	210	m
	Sección útil	47	m^2
9	Patio de Alta Tensión		
	8 Paños	220	kV
10	Línea de Transmisión		
	1 Línea de doble circuito (El Toro-Charrúa)	220	kV
		L = 84	km

Montaje en piso turbina

CARLOS TAPIA

Descripción de las obras

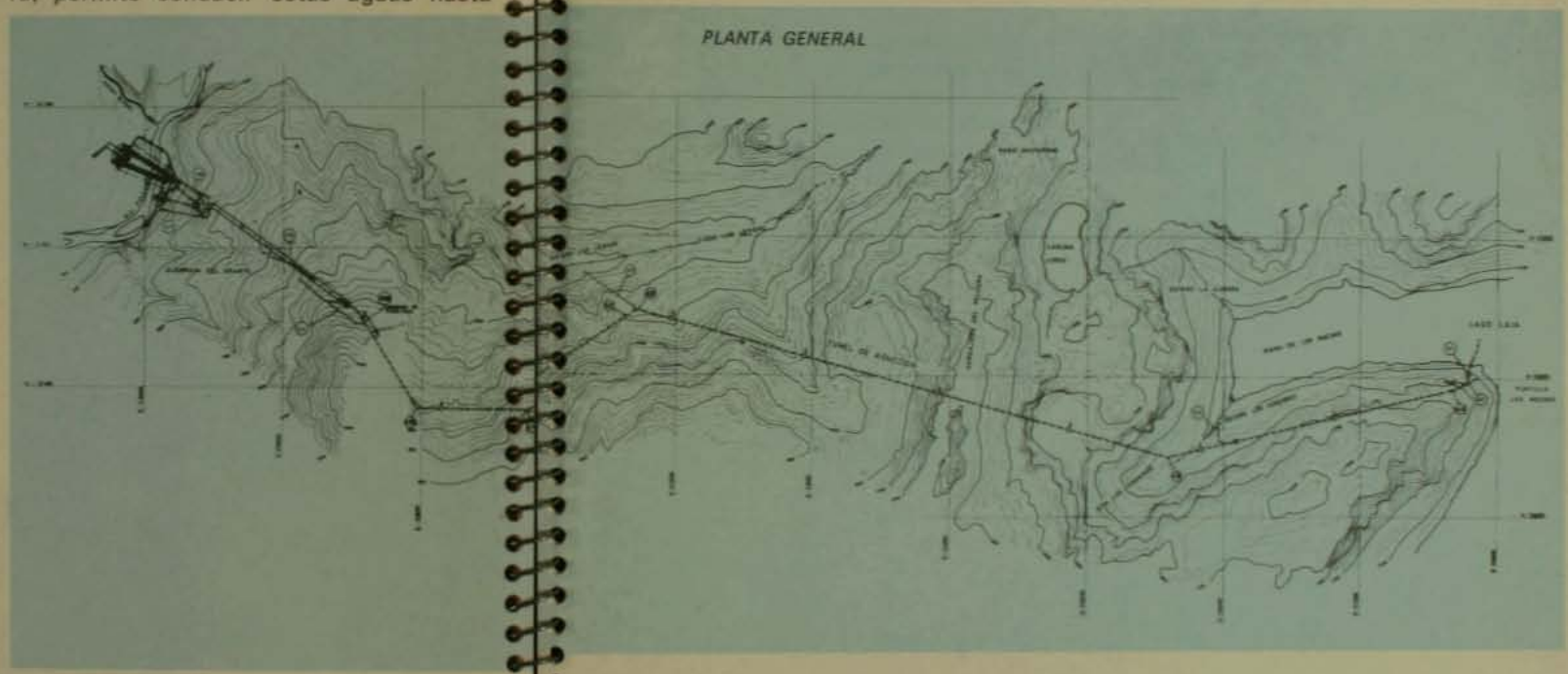
Generalidades

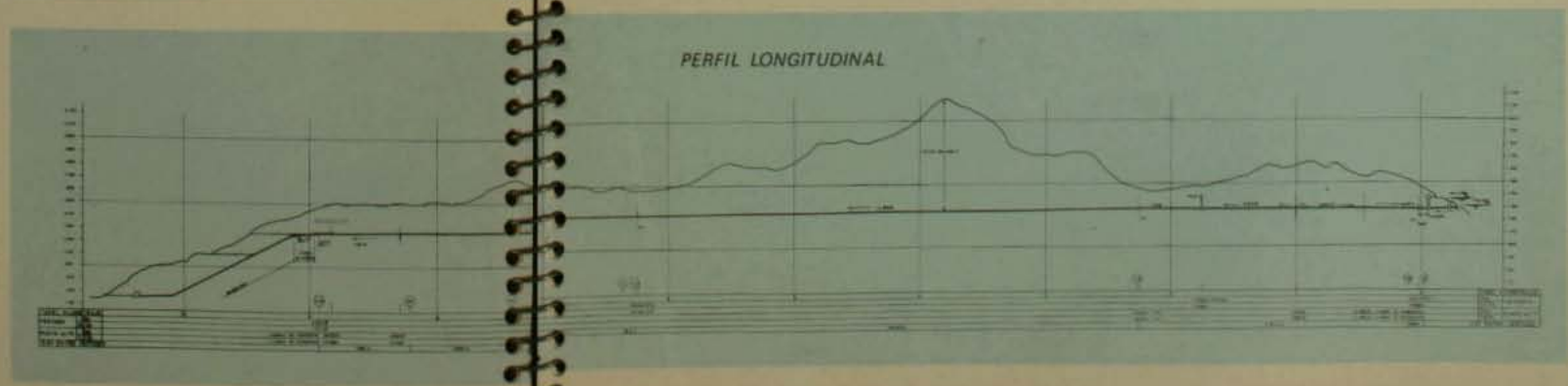
La central El Toro presenta características que la hacen sobresalir entre las construidas hasta la fecha en nuestro país. En efecto, es una central de embalse que aprovecha los recursos hidráulicos de un gran depósito natural como es el lago Laja, lo cual determina que su aporte energético y su capacidad instalada dentro del sistema interconectado adquieran fundamental importancia para una zona del país donde se concentra la mayor parte de la población y de la actividad económica. Además, es la primera central hidroeléctrica de Endesa casi enteramente subterránea, en cuya construcción ha sido necesario excavar en la roca cerca de 17 Km. de túneles, 300 de piques verticales, 2.100 m. de piques inclinados y 2 cavernas de grandes dimensiones.

Otra característica significativa de la central El Toro consiste en el telecontrol del funcionamiento de sus distintos equipos y de sus obras hidráulicas desde un centro de operaciones ubicado actualmente en el Edificio de Mando, que en el futuro se considera conveniente instalar en la Central Antuco. Sin embargo, en casos de emergencia siempre será posible controlar automáticamente las instalaciones de la central desde la casa de máquinas, o bien, localmente en forma manual.

La central El Toro captará las aguas del lago Laja en el costado sur de la bahía de Los Machos mediante una bocatoma profunda ubicada aproximadamente 70 m. más abajo que el nivel máximo del lago. Un túnel a presión de alrededor de 9 km. de largo que cruza el cordón montañoso de la cordillera Polcura, permite conducir estas aguas hasta la zona de caída, las que a través de dos tuberías de alrededor de 1.300 m. de longitud cada una, son llevadas hasta la casa de máquinas para ser entregadas finalmente al río Polcura.

Desde la Casa de Máquinas, donde se ubica el equipo generador de la central, la energía generada es transmi-





tida mediante cables de poder al Patio de Alta Tensión. Junto a éste, que se sitúa en la ribera poniente del río Polcura, se ha construído el Edificio de Mando, desde el cual se telecontrola la operación de la central.

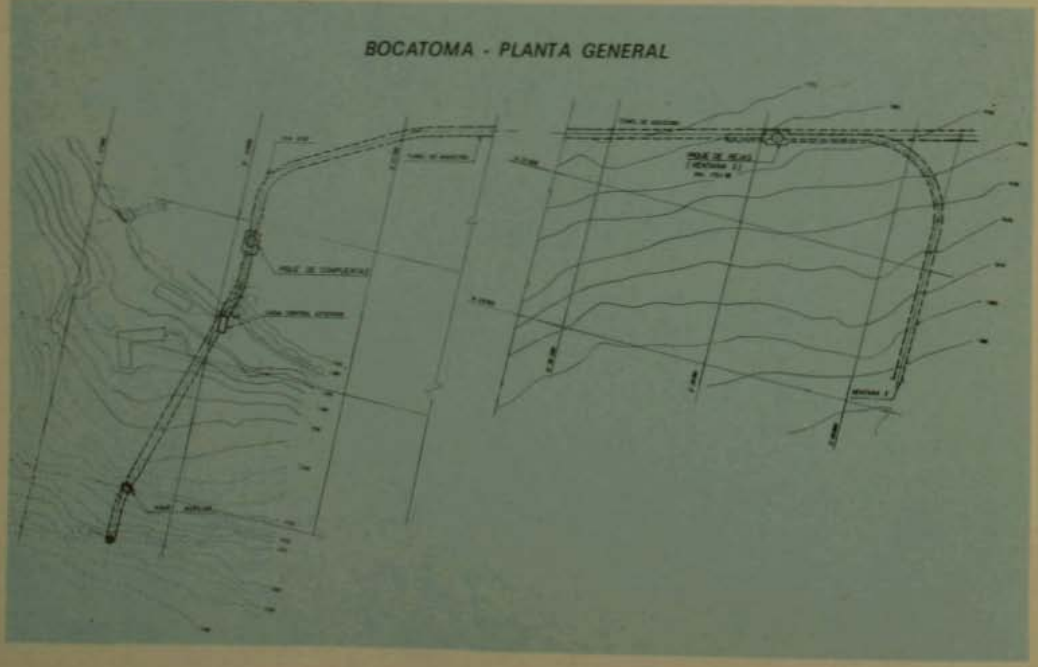
Bocatoma

La bocatoma es del tipo profundo con el objeto de disponer de un volumen de regulación de aproximadamente 4.000 millones de metros cúbicos que proporciona el lago Laja, considerando que la profundidad de la bocatoma es de aproximadamente 70 m. con respecto al nivel máximo del lago.

Está constituída por un túnel de comunicación al lago y un pique en el cual se ubica una compuerta de servicio y una de emergencia. Este túnel de 230 m. de longitud tiene su boca de entrada a la cota 1.298 m. s.n.m. y se conectó al lago mediante un disparo bajo agua que se realizó antes de que estuviera terminada la bocatoma, aprovechando el descenso del nivel del agua en el lago por los efectos de la sequía de 1968.

El acceso a la bocatoma de Los Machos se efectúa mediante embarcaciones que parten desde el desagüe natural del lago para llegar a un desembarcadero ubicado en la bahía de Los Machos, en las proximidades de la toma. Se cuenta además con una huella que parte desde la casa de máquinas y cruza la cordillera de Polcura para llegar a la zona de los piques

BOCATOMA - PLANTA GENERAL



en bocatoma. Esta huella permite el mantenimiento de la línea de alta tensión que alimenta de energía a la bocatoma.

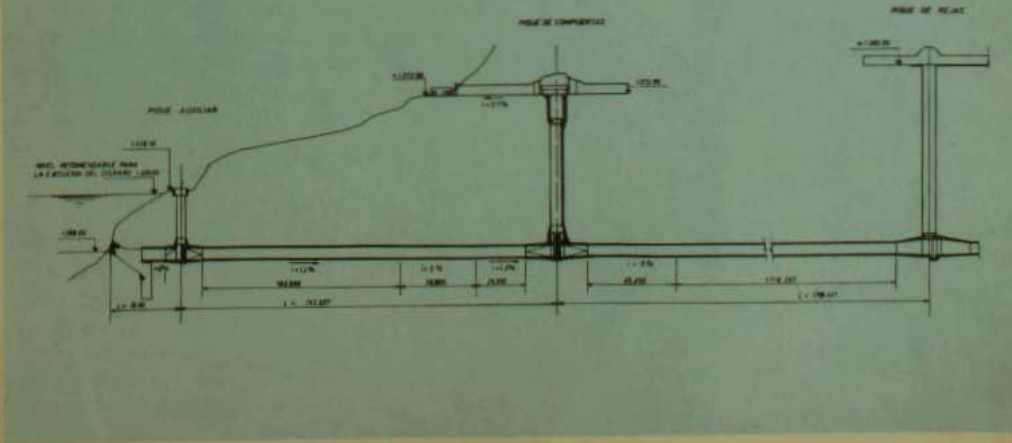
Túnel de aducción

Del pique de compuertas parte el túnel de aducción a presión que tiene una longitud aproximada de 9 Km. Es de sección circular de 5,70 m. de diámetro interior, totalmente excavado en roca, revestido en concreto, y está sometido a una presión interior máxima de 107 m. de columna de agua.

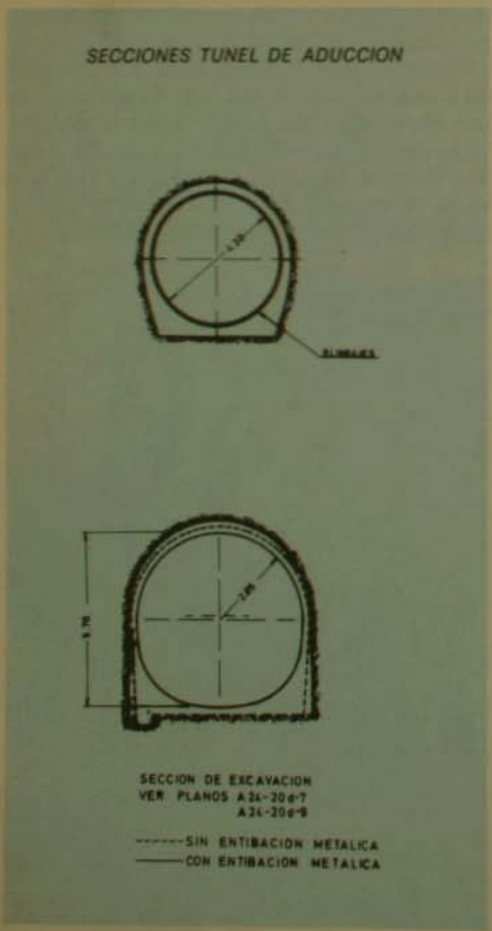
Se trazó la aducción de modo de tener siempre como mínimo una cubierta de roca sana sobre la clave del túnel semejante a una vez la columna de agua equivalente a la presión interior. Se consideró además, la necesidad de disponer de ventanas de trabajo para la construcción del túnel, de manera que se pudiera dividir en tramos el total de su longitud.

La construcción del túnel de aducción se realizó a través de cuatro ventanas de trabajo para lo cual se utilizaron el pique de compuertas y el de rejas, ubicados en la bocatoma y en el km. 1,8 respectivamente. Estas ventanas debieron ser necesariamente en pique dada su proximidad al lago y el hecho de que el túnel va a una cota inferior a ese nivel de agua. Las otras dos son horizontales y una de ellas queda en el costado oriente del valle del Polcura, en la quebrada Las Lengas y llega al km. 6,24 del túnel, en tanto que la última quedó ubicada en su extremo.

BOCATOMA - PERFIL LONGITUDINAL



En la ventana Las Lengas (Ventana 3) se han dispuesto válvulas que permiten desaguar gravitacionalmente el tramo comprendido entre los puntos altos adyacentes a dicha ventana, cuando se desea vaciar el túnel. Además en esta ventana se instaló una puerta estanca que permite la entrada de vehículos cuando se vacia el túnel.



Chimenea de equilibrio

El túnel de aducción termina en una chimenea de equilibrio que está constituida por un pique vertical con cámaras superiores de expansión e inferior de alimentación y se construyó totalmente en el interior del cerro. El tipo de chimenea con cámaras fue elegido de modo de disminuir en lo posible las oscilaciones, lo cual significa una importante economía en el acero de las tuberías dada su gran longitud y diámetro.

El pique vertical tiene un diámetro de 6,75 m. y una altura total de 91 m. Las cámaras superiores de expansión tienen una longitud de 235 m. y la cámara inferior de alimentación de 170 m.

Túnel entre chimenea de equilibrio y tuberías

Aguas abajo de la chimenea de equilibrio existe un túnel a presión de 4,30 m. de diámetro, cuyos últimos 37 m. son revestidos con palastro. Este túnel termina en una pieza de bifurcación de la cual arrancan las tuberías de presión.

Caverna de válvulas

Entre la pieza de bifurcación y el comienzo de las tuberías, van colocadas válvulas del tipo mariposa con mecanismos de sobrevelocidad, una para cada tubería, con sus respectivas válvulas de guardia. Aguas abajo de las válvulas mariposa se disponen válvulas de ventosa que permiten la entrada de aire a las tuberias al producirse el vaciado de ellas.

Las válvulas y equipo accesorio quedan ubicadas en el interior de una caverna subterránea de 10 m. de ancho, 15 m. de alto y 31 m. de largo a la que se llega a través de un túnel de 385 m. de largo.

Tuberías

De la caverna de válvulas parten dos tuberías concretadas contra la roca (blindajes), cada una de las cuales alimenta a dos unidades generadoras.

Los blindajes son de 2,80 m. de diámetro interior, van ubicados dentro de túneles de forma aproximadamente circular de 11,8 m² de sección y se concretaron contra la roca con el fin de que ésta contribuyera a resistir la presión interior. Cada tubería tiene una longitud de 1.446 metros.

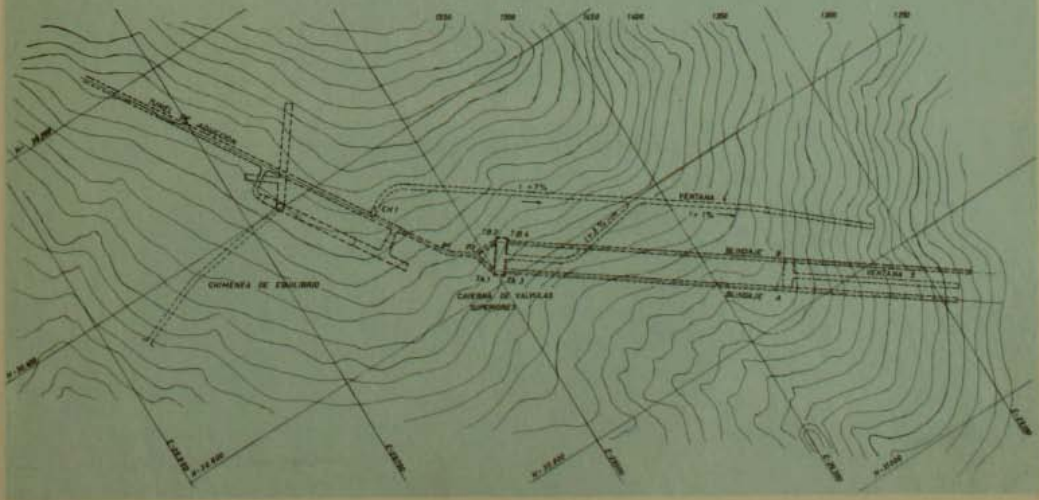
En el proyecto se consideró que la roca tomaría un 40% de la presión interior y el tubo de acero el 60% restante. Para asegurar esta colaboración de la roca se efectuaron en ella inyecciones de consolidación y de relleno entre hormigón y roca y entre la tubería metálica y el hormigón.

Casa de máquinas

La casa de máquinas es subterránea. Está constituida por una caverna de alrededor de 25 m. de luz, 40 m. de alto y 103 m. de largo, ubicada aproximadamente 250 m. al interior del cerro, al oriente del río Polcura.

En el interior de la caverna se han instalado cuatro grupos turbina-generador de 100 MW cada uno. El número de unidades se fijó tomando en consideración que para la fecha de puesta en servicio de la

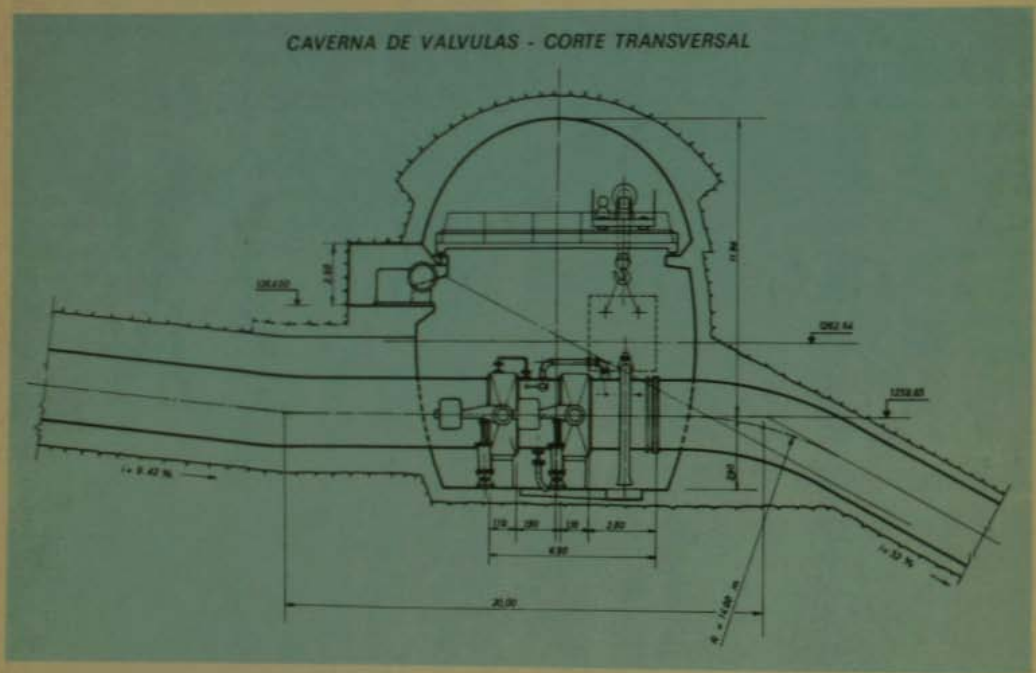
ZONA DE CAIDA - PLANTA GENERAL



central El Toro, unidades de esta potencia no afectan mayormente al Sistema Interconectado en caso de falla y en cambio resulta más económico que instalar un mayor número de unidades pequeñas.

Dentro de la caverna de máquinas se encuentran también los transformadores de poder trifásicos, los cuales son 4 y se ubican en compartimientos especiales entre las unidades generadoras.

CAVERNA DE VALVULAS - CORTE TRANSVERSAL



ZONA DE CAIDA - PERFIL LONGITUDINAL

Completan el equipo necesario para la casa de máquinas las instalaciones de control, protección, mantención y un puente grúa.

El acceso a la caverna de máquinas es a través de un túnel de 47 m² de sección y 190 m. de longitud, por el cual salen además los cables de control de la central.

Los cables de poder desde los transformadores al patio de mufas salen por una galería de cables, para lo cual se ha habilitado una galería de reconocimiento existente.

Obras de evacuación

La evacuación de la central El Toro está constituida por cuatro túneles, uno por cada unidad, de 27 m² de sección aproximadamente, que descargan sus aguas a un túnel colector de 78 m. de longitud y 37 m² de sección y luego al túnel de evacuación, de 210 m. de largo y 47 m² de sección útil.

Obras exteriores en la zona de caverna de máquinas

En la zona donde se ubican las bocas de los túneles que llegan a la caverna de máquinas en la ribera oriente del río Polcura, se dispuso un pedraplén que además de permitir el acceso a dichas bocas contiene algunas obras anexas a la casa de máquinas.

En este pedraplén se ubica un patio de mufas consistente en las estructuras terminales de los cables que provienen de la caverna de máquinas y desde donde parten las líneas que cruzan el río Polcura hasta el patio de alta tensión, situado en la ribera opuesta del río Polcura.

Junto a la boca del túnel de acceso a la caverna se ubica, en un recinto especial, un grupo generador Diesel de 300 kVA que suministra energía a los servicios auxiliares de la central en casos de emergencia.

Patio de alta tensión

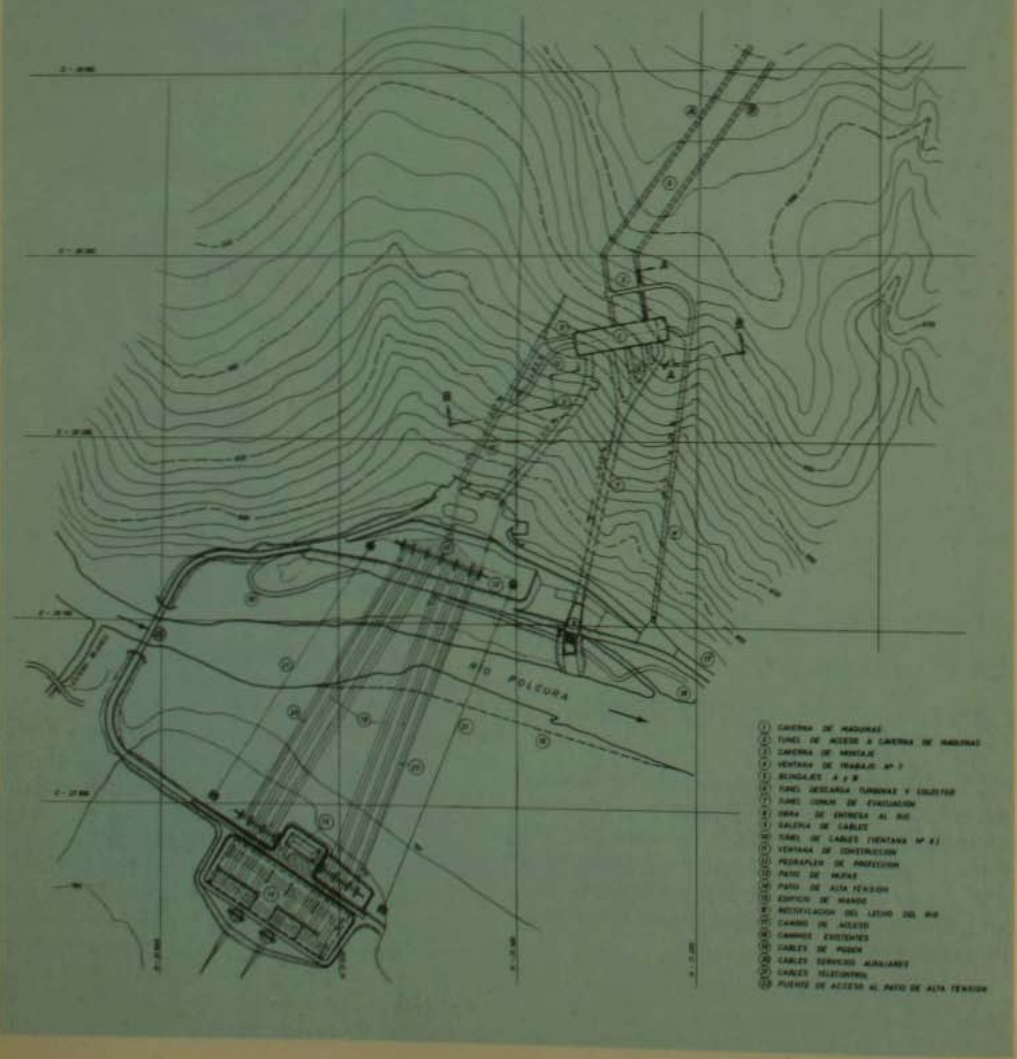
Los enrollados de 220 kV de los transformadores se conectan con el patio de maniobras de 220 kV a través de los cables de poder y las líneas que parten del patio de mufas.

El patio de alta tensión se dispuso según un esquema de barra principal y transferencia, formado por ocho paños, incluyendo seccionador y acoplador de barras. De este patio salen las dos líneas de transmisión a la subestación Charrúa.

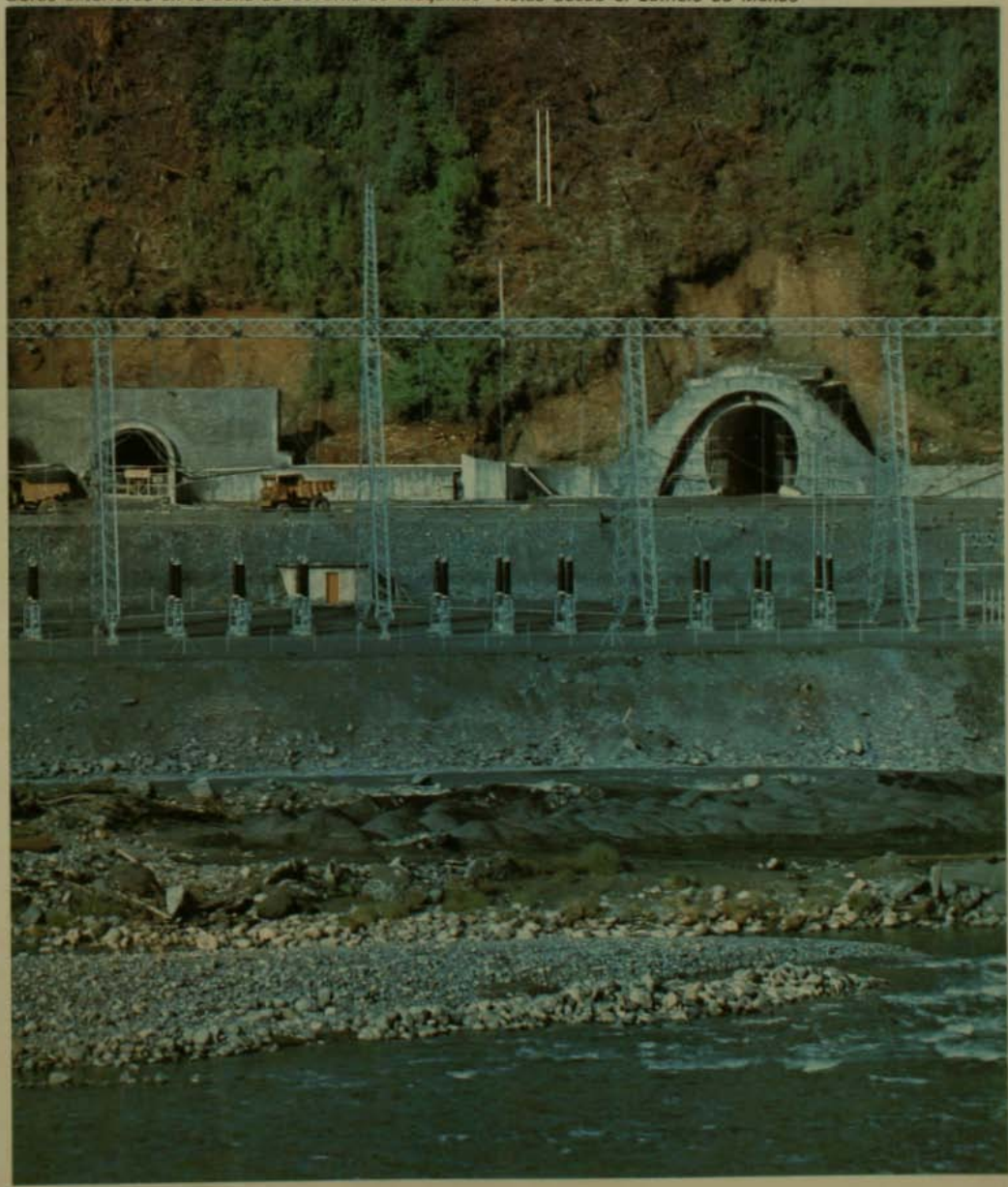
Edificio de mando

Junto al patio de alta tensión, al lado poniente del río Polcura, se ubica el edificio de mando de la central, el cual consta de dos pisos y alrededor de 1.000 m² de superficie construida. Desde una sala ubicada en el piso 2º se telecomanda la operación de las unidades generadoras y de los servicios auxiliares de la casa de máquinas, la de la compuerta de servicio de la bocatoma y de las válvulas de mariposa de servicio y se telecontrolan los niveles de agua en la chimenea de equilibrio y en la evacuación. Además, desde el mismo punto se efectúa el control local del patio de Alta Tensión.

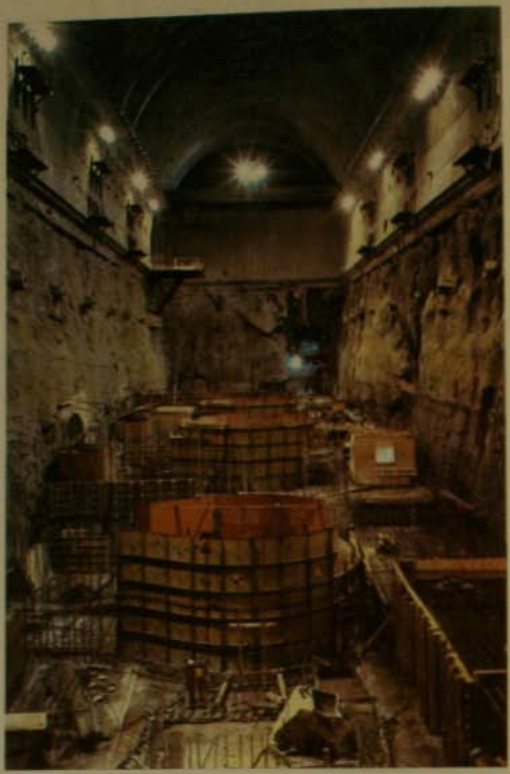
ZONA DE CAVERNA DE MAQUINAS - PLANTA GENERAL



Obras exteriores en la Zona de Caverna de Máquinas vistas desde el Edificio de Mando



Avance de las faenas de Caverna de Máquinas



En este edificio se han instalado también equipos de comunicación, oficinas y otras dependencias menores.

Población

La población para el personal de explotación de la central está ubicada en la planicie El Notro a orillas del río Polcura y unos 6 Km. aguas abajo de la casa de máquinas. Cuenta con todos los servicios necesarios, como retén de carabineros, casa de huéspedes, garage, etc.

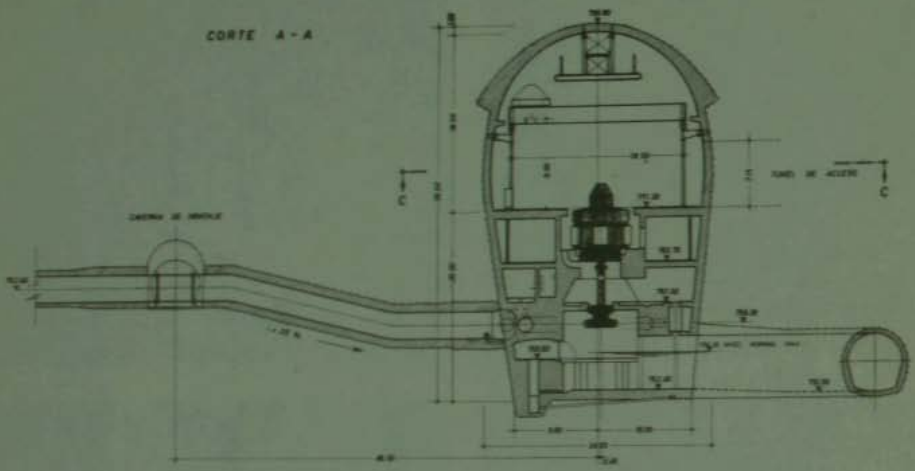
Caminos de acceso

El acceso a la central El Toro es a través de un camino de primera categoría de 15 Km. que parte desde el camino Antuco-Abanico y llega hasta la ubicación de casa de máquinas.

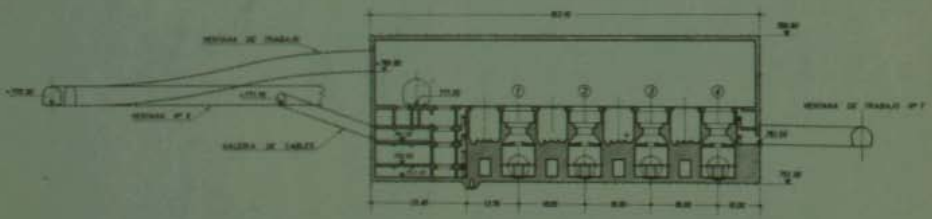
Además, con el mejoramiento hecho al camino Monte Aguila-Abanico, se cuenta con un acceso más directo a la central El Toro desde el norte.

CAVERNA DE MAQUINAS - CORTES

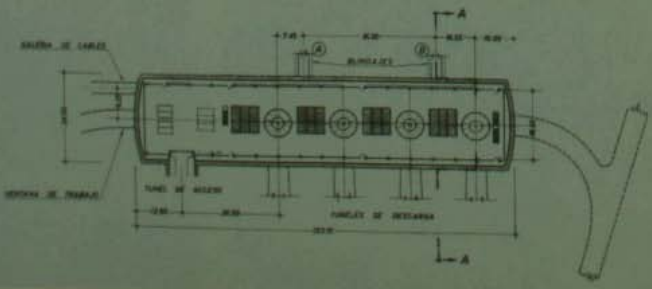
CORTE A - A



CORTE B - B



CORTE C - C



Instalaciones mecánicas

En Bocatoma

En uno de los piques de bocatoma se han instalado 2 compuertas, una de servicio y otra de emergencia, ambas de 6,50 m. de altura y 3,10 m. de ancho destinadas a aislar de las aguas del lago el túnel de aducción y las tuberías y protegerlas en caso de falla.

La compuerta de servicio es accionada por un mecanismo servomotor de 200 ton. de capacidad y la de emergencia, por un puente grúa para 50 ton. de carga.

En casa de válvulas

Las características más importantes de las válvulas de mariposa de servicio y de guardia son: diámetro 2,80 m., presión máxima 144 m.c.a., caudal de servicio 48,6 m^3/s.

Todas las válvulas abren mediante servomotor accionado por aceite a presión y cierran por medio de contrapesos.

Las ventosas, ubicadas aguas abajo de las válvulas de mariposa y que permiten la entrada de aire a las tuberías al producirse un cierre de la de servicio contra escurrimiento, tienen un diámetro de 772 mm.

Para el montaje y reparación de los equipos anteriores se ha instalado en la casa de válvulas un puente grúa de 35 ton. de capacidad nominal, 9,40 m. de luz y 40 m. de recorrido.

En casa de máquinas

El agua proveniente de las tuberías de presión llega a las cuatro turbinas a través de 2 piezas de repartición de grandes dimensiones fabricadas con acero de alta resistencia.

Las turbinas, que son del tipo Pelton de eje vertical, transforman la energía hidráulica en mecánica. En cada una de ellas el agua es guiada por 6 chorros hasta un rodete de acero inoxidable de 22 cucharas y de aproximadamente 3,60 m. de diámetro exterior que gira a una velocidad de 333,3 r.p.m. El caudal nominal de cada turbina es de 24,3 m^3/s, la altura neta de caída considerada para el diseño es de 545 m. y la potencia proporcionada, de 158.000 CV.

El cierre del paso del agua hasta las turbinas se obtiene por medio de válvulas dispuestas detrás de cada inyector. De este modo, el total de válvulas alcanza a 24.

Considerando las demás instalaciones de ENDESA, el regulador de velocidad presenta en El Toro la particularidad de ser el primero con cabezal eléctrico.

El sistema de gobierno de cada turbina está formado fundamentalmente por válvulas pilotos, servomotor piloto, válvulas distribuidoras, servomotores, retornos intermedios a huincha metálica y elementos de protección. Se dispone de un sistema proveedor de aceite a presión formado por estanque resumidero, bombas y estanque acumulador a presión (aceite y colchón de aire).

Otras instalaciones mecánicas de importancia en la casa de máquinas son los sistemas de refrigeración de los equipos generadores de energía eléctrica y auxiliares, de drenaje de la caverna, de aire comprimido y de acondicionamiento de aire. Además, merecen mencionarse los dos puentes-grúa de 220 y 10 ton. de capacidad nominal respectivamente. El primero, que excepcionalmente es capaz de izar cargas de hasta 260 ton. tiene una luz de 18,50 m. y un recorrido de 95 m. La luz del de 10 ton. es de 20,40 m.

En el edificio de mando

Dadas las condiciones climáticas extremas de la zona de El Toro y con el objeto de proteger los controles y elementos eléctricos y dar un ambiente adecuado al personal que trabaja en el edificio de mando, se han instalado en éste dos unidades acondicionadoras de aire cuya capacidad total alcanza a 71.000 kcal/hora de refrigeración y a 72 kW de calefacción.

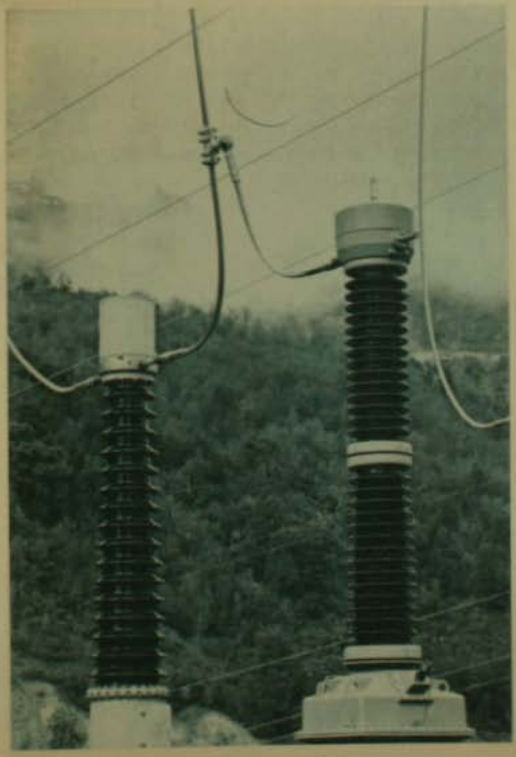
Grupos electrógenos de emergencia

A fin de contar con la energía eléctrica necesaria para operar determinados equipos auxiliares de la central en aquellos casos en que por fallas se pierde el suministro normal, se han instalado grupos electrógenos Diesel con sus estanques para almacenamiento de combustible, los cuales permiten su funcionamiento durante el período en que el acceso a ellos es difícil.

Los grupos Diesel son de partida automática y son capaces de suministrar energía eléctrica a los 20 seg. de haber partido. Ellos fueron instalados en los si-

quientes lugares:

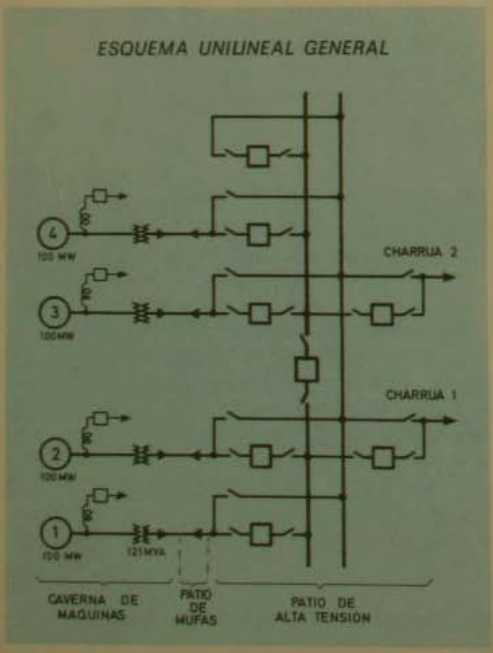
Al exterior de la casa de máquinas	300 kVA	y refrigerado por agua.
Edificio de Mando	50 kVA	y refrigerado por aire.
Al exterior de la casa de válvulas.	50 kVA	y refrigerado por aire.
Bocatoma	50 kVA	y refrigerado por aire.



Instalaciones eléctricas

El esquema eléctrico de la central El Toro consulta 4 generadores trifásicos, sincrónicos, de 105 MVA cada uno, con un vo taje de 13,8 kV, factor de potencia 0,95 y frecuencia de 50 c.p.s., acoplados mecánicamente a los respectivos rodetes de las turbinas y funcionando en bloque con los transformadores trifásicos de subida de 121 MVA refrigerados con circulación forzada de agua y aceite, con los cables de salida de 220 kV y con los interruptores de proteción de 220 kV, que se conforman un patio con barras principal y de transferencia, desde donde salen 2 líneas de 220 kV hacia la Subestación Charrúa. Se completa este esquema con las cuatro derivaciones de 13,8 kV con reactor e interruptor para servicios auxiliares.

ESQUEMA UNILINEAL GENERAL



Si se considera el diagrama unilineal de una unidad, se puede distinguir por una parte el equipo mayor, es decir, generador con fases partidas, barras capsuladas, transformador de poder, cable de alta tensión aislado en aceite, desconectadores, interruptor de poder de aire comprimido, reactor, interruptor de alimentación a servicios auxiliares e interruptor de corto circuito para frenado eléctrico y por otra parte, el equipo de control, protección y medida.

El frenado eléctrico combinado con el frenado mecánico a baja velocidad detiene la unidad en 25 minutos en lugar de los 60 minutos que se requerirían aproximadamente con el sistema tradicional. Como consecuencia de esta disminución del tiempo de frenado se obtiene una reducción en el desgaste de balatas y en la contaminación de la aislación del alternador.

En relación con el diagrama unilineal de una unidad las protecciones más importantes que merecen citarse son las diferenciales de fase partida (87 E) y del generador (87 G), la diferencial larga (87 T), que cubre al conjunto de equipos asociados al generador y la de desplazamiento del neutro (59 N) que va colocada en el secundario del transformador de potencial entre neutro de la máquina y tierra y es la base del sistema de protección contra contactos a tierra de alguna fase. La protección direccional de distancia (21), que se ubica en el Patio de Alta Tensión protege con su primera zona el cable de 220 kV y parte del enrollado de alta tensión del transformador, con su segunda zona alcanza al lado de baja tensión del mismo y con su tercera zona respalda

la operación de las protecciones propias de las líneas de salida de 220 kV hacia Charrúa.

Las medidas principales corresponden a los valores de potencia activa y reactiva, corriente y tensión de la máquina y se reciben a través de transmisores de impulso (77) en el edificio de mando. En éste se ubican registradores de energía activa y reactiva conectados con equipo totalizador, de modo de obtener la suma de la energía entregada por cada una de las unidades.

El control está concebido de ma-

GENERADOR Y TRANSFORMADOR

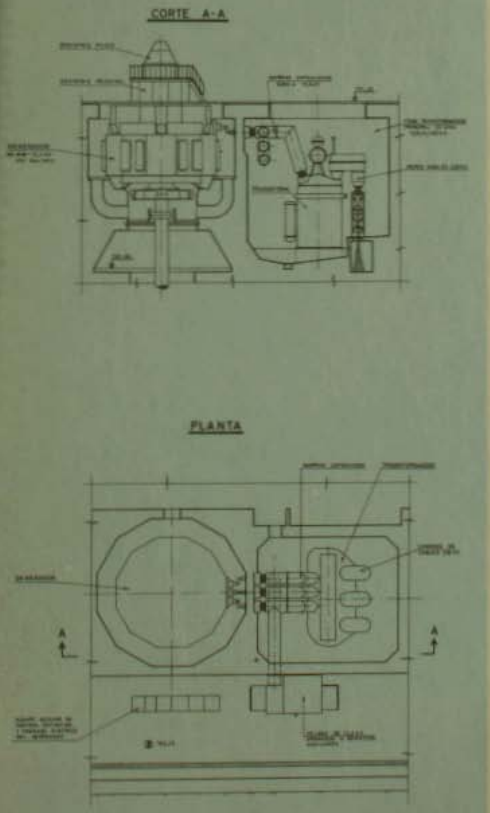
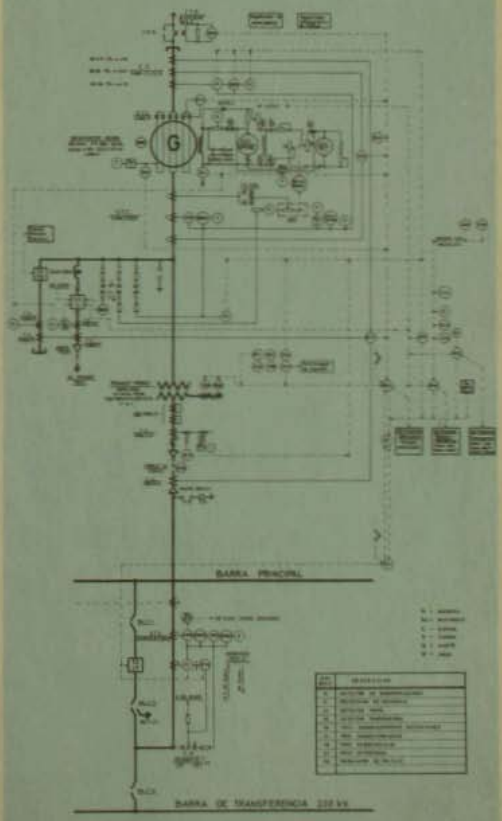


DIAGRAMA UNILINEAL DE UNA UNIDAD



nera que sea posible poner en marcha o detener la unidad mediante una sola orden. Las órdenes llegan a un programador lógico que se encarga de seleccionar el programa respectivo y de realizar en forma automática y secuencial los pasos necesarios para la puesta en marcha o detención, considerando los enclavamientos entre los elementos. Este proceso se efectúa mediante diversos equipos electrónicos de estado sólido.

El control automático de las unidades generadoras y de los Servicios auxi-

DIAGRAMA DE TELECONTROL

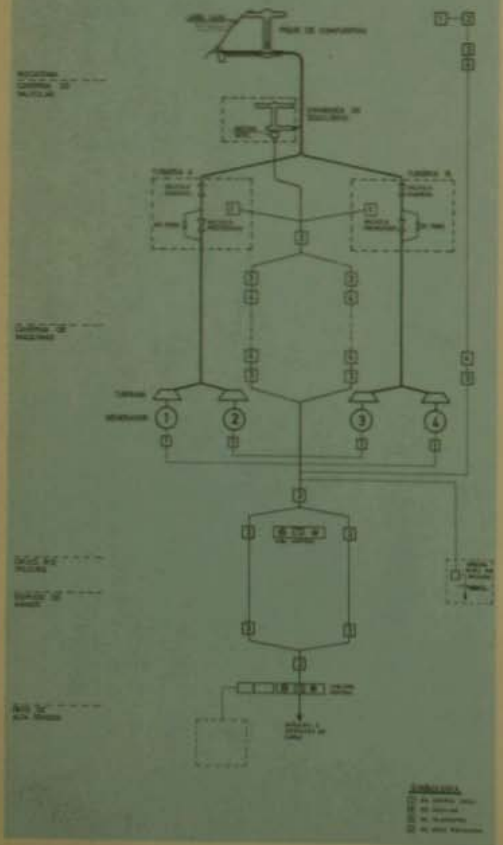
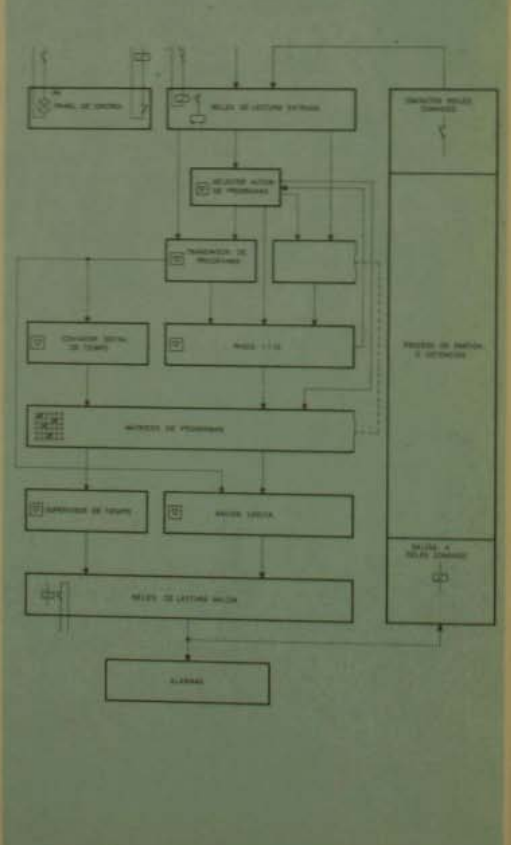


DIAGRAMA DE PARTIDA AUTOMATICA



Edificio de Mando

Sala de comando

liares de la casa de máquinas se hace normalmente desde el edificio de mando, pero también puede efectuarse localmente en casos de emergencia. Además es posible realizarlo en forma manual operando cada elemento en su propia ubicación.

Fuera de las instalaciones anteriores, desde el edificio de mando o eventualmente desde la casa de máquinas se telecontrolan las obras hidráulicas de la central, es decir, la bocatoma, chimenea de equilibrio, casa de válvulas y obras de evacuación. Para ello, los equipos de telecontrol respectivos tienen terminales en ambos puntos, contándose con 2 equipos que tienen ciertas funciones duplicadas y que usan 6 cables telefónicos multipar como enlace, los cuales cruzan el río Polcura.

En la bocatoma, además de poder controlar la compuerta de servicio y los servicios auxiliares respectivos en forma local, el telecomando de los mismos equipos desde la casa de máquinas o desde el edificio de mando se efectúa pasando las señales correspondientes a equipos de onda portadora que las superponen a la tensión de la línea de alimentación de energía eléctrica a la zona de Los Machos.

En la chimenea de equilibrio se controla mediante equipos duplicados al nivel que alcanza el agua, las señales correspondientes se transmiten por cable a la casa de válvulas y desde allí, mediante onda portadora a la casa de máquinas y edificio de mando. Si el nivel del agua disminuye más allá del mínimo aceptable, para evitar la entrada del aire al túnel de aducción se transmite una señal de desconexión y detención a las máquinas en funcionamiento.

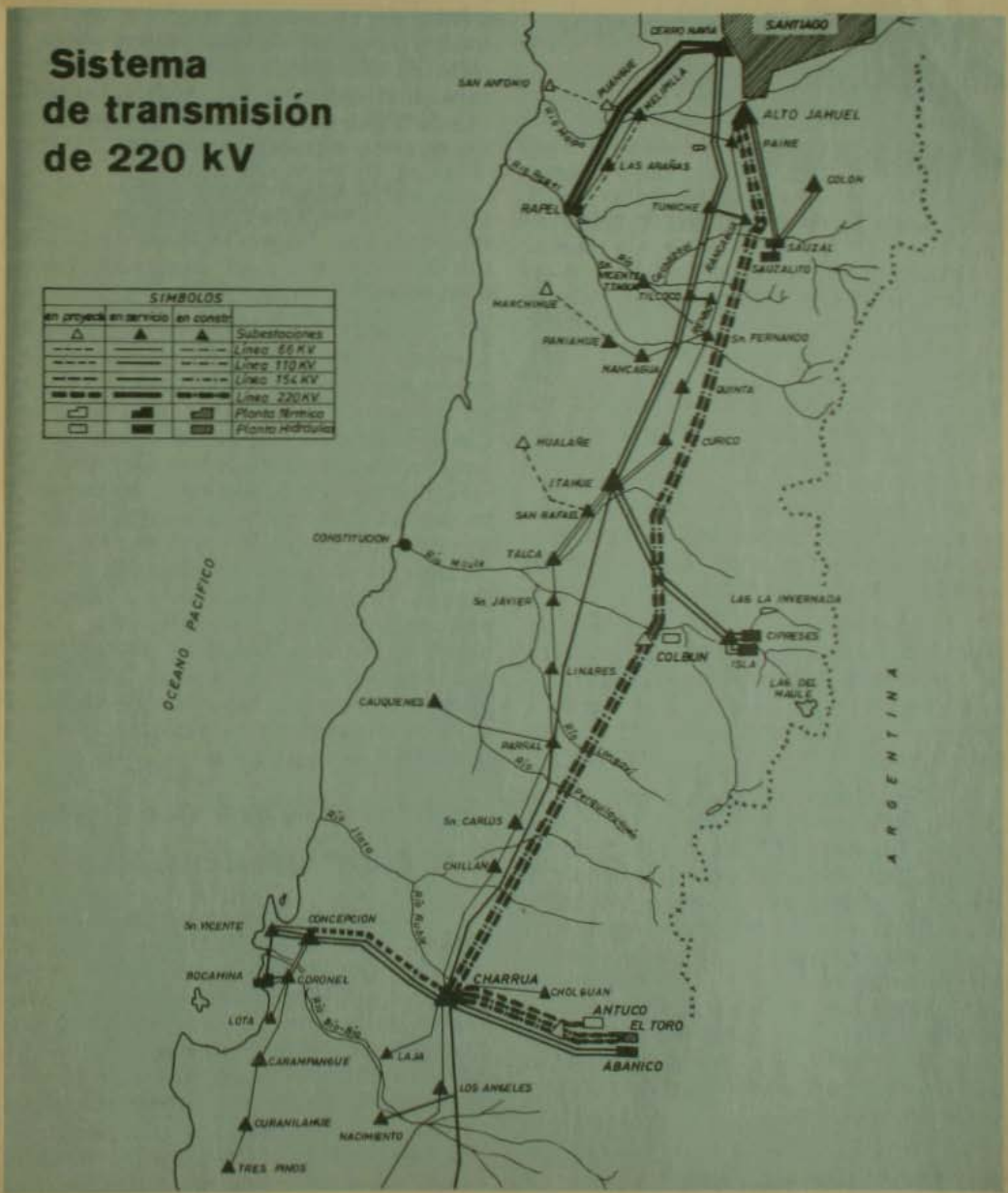
En la casa de válvulas existe control local de las 2 válvulas de mariposa de guardia, de las 2 de servicio y de los servicios auxiliares respectivos. Sólo hay telecontrol de las válvulas de servicio usando como vías las dos líneas de alimentación de energía a la zona y empleando 2 equipos de onda portadora. La duplicidad de los enlaces de telecontrol permite elevar la seguridad de la operación.

También se cuenta con una medida del nivel de agua de las obras de evacuación, la cual limita la potencia máxima entregada por la central en ocasión de crecidas del río Polcura.

El Patio de Alta Tensión de la central es operado localmente desde el edificio de mando.

Finalmente, los equipos ubicados en el edificio de mando están preparados para un futuro telecontrol desde un punto alejado de la central.

Sistema de transmisión de 220 kV



Sistema de transmisión de 220 kV

Generalidades

Este Sistema se extiende entre las provincias de Ñuble y Santiago y abarca las instalaciones de líneas de Transmisión y Subestaciones transformadoras de alta potencia que, superpuestas al Sistema Interconectado existente que opera con voltajes de hasta 154.000 Volts, son capaces de transmitir grandes bloques de energía desde las centrales hidráulicas de la hoya del lago Laja, entre ellas la central El Toro, hasta las zonas de mayor concentración de consumos de esta parte del país, vale decir, Concepción y Santiago. La proporción más importante se transmite a la zona de Santiago.

La magnitud de las obras necesarias hacen del Sistema El Toro el proyecto de transmisión de mayor envergadura que se ha abordado en nuestro país hasta la fecha y uno de los más importantes de Sudamérica.

En efecto, la etapa propia de la construcción de la central El Toro comprendió la instalación de 501 kilómetros de líneas de doble circuito de 220 kV. El diseño consideró cada circuito con capacidad plena para el máximo de potencia planificada, es decir, que cada circuito puede llevar hasta la S/E Charrúa toda la potencia de la C. El Toro, siguiéndose un criterio similar para la transmisión entre dicha Subestación y Alto Jahuel (Santiago). De este modo se da al servicio un alto grado de seguridad.

Además, la línea Charrúa - Alto Jahuel que está llamada a constituir la línea troncal del sistema nacional, se diseñó de modo que pueda transformarse en un circuito de 400 kV en previsión a la futura expansión eléctrica del país, la cual demandará una transmisión a voltajes mayores que los actuales.

Para este mismo efecto se dejaron previsiones en la construcción actual para seccionar esta línea a la altura de su punto medio mediante una futura subestación de maniobra.

Por otra parte, los enlaces necesarios con el Sistema existente han requerido realizar ampliaciones importantes en las subestaciones Charrúa y Alto Jahuel, que significan aumentar su capacidad de transformación y reforzarlas para adecuarlas a las nuevas condiciones en cuanto a capacidad de cortocircuito y modalidades de control, dejando previsiones para instalar en el futuro un sistema de telecontrol. En cada subestación se han emplazado bancos de transformadores compuestos por tres unidades monofásicas que suman 390.000 kVA, más una unidad gemela de reserva, con el fin de asegurar la disponibilidad de servicio en caso de desconectarse una unidad.

Configuración eléctrica del sistema de 220 kV

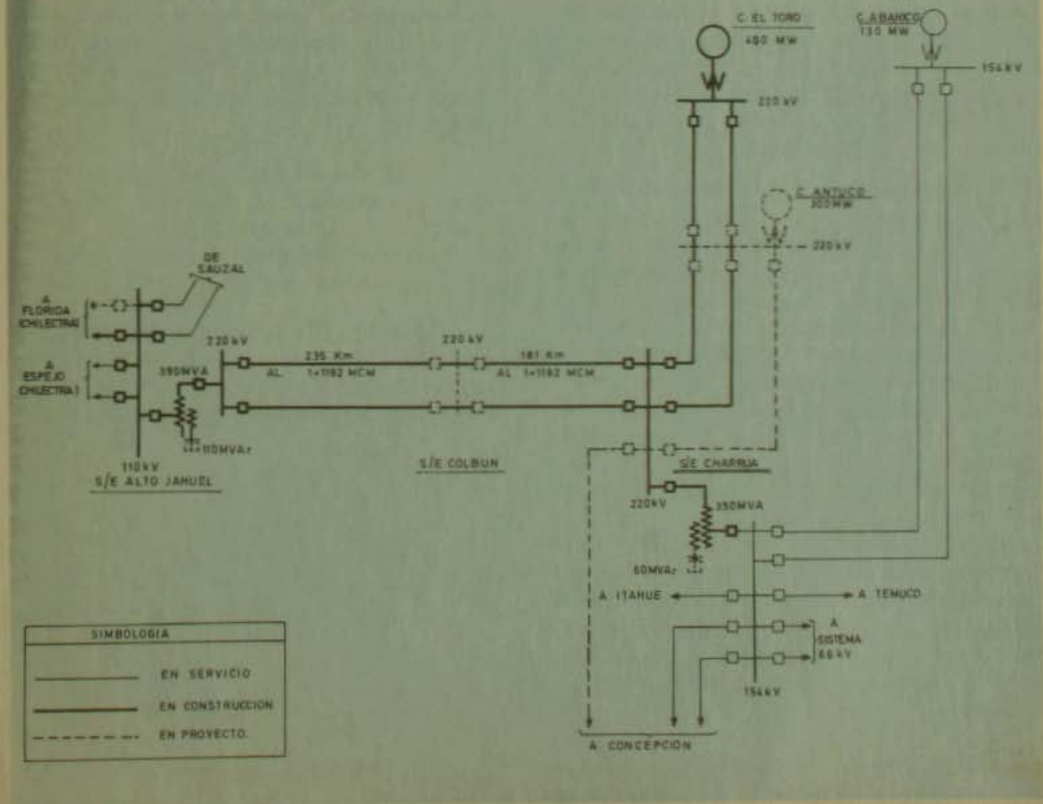
Teniendo en cuenta que la Central Antuco entrará en servicio pocos años después que El Toro, y que ambas constituyen el más importante núcleo de generación de la zona del Laja, se eligió una configuración eléctrica y un nivel de voltaje de transmisión que satisfacen técnica y económicamente las necesidades conjuntas de transmisión. La energía de las dos centrales se transmitirá en el futuro a la Subestación Charrúa mediante tres

circuitos de 220.000 Volts. De estos tres circuitos se instalaron 2 de 85 kilómetros de longitud, los cuales constituyen la línea El Toro-Charrúa.

Desde la Subestación Charrúa se construyó una línea de doble circuito de 220.000 Volts y 416 kilómetros de longitud que se extiende hasta la Subestación Alto Jahuel, próxima a Santiago.

En el futuro, a consecuencia del crecimiento industrial de la zona de Concepción, y como continuación de estas instalaciones, será necesario construir una nueva línea de 220.000 Volts desde Charrúa hasta la Subestación Concepción y ampliar sus instalaciones convenientemente, instalando en esta última un transformador de 260.000 kVA de capacidad

DIAGRAMA UNILINEAL DEL SISTEMA DE TRANSMISION



220/154 kV para recibir este refuerzo del sistema local.

Entre los aspectos sobresalientes del proyecto se cuentan los siguientes:

Los conductores, uno por fase, están constituidos por hebras de aluminio puro, de una sección total de 1.590 MCM para la línea El Toro-Charrúa, y 1.193 MCM para la línea Charrúa-Alto Jahuel. Para ambas líneas se ocuparon aproximadamente 5.540 toneladas de conductor que se recibieron en aproximadamente 1.000 carretes metálicos.

La aislación adoptada consistió en general en cadenas de 14 aisladores normales de discos de vidrio templado de 5¾ x 10" y 18.000 lbs., con excepción de la zona alta de la Línea El Toro-Charrúa donde se empleó cadenas de 15 aisladores de este mismo tipo.

Se emplearon estructuras en forma de V con una cruceta superior que lleva 6 conductores en disposición horizontal más 2 cables de tierra, sustentadas mediante 4 tirantes de acero anclados al terreno. Esta forma geométrica que se emplea por primera vez en Chile, se utilizó en todos los tramos rectos o entre tramos con cambios de dirección de hasta 7° de ambas líneas excepto en la zona diseñada para cargas de hielo donde se emplean torres reticuladas aptas para disposición vertical de las ternas. Las torres para cambios de dirección mayores, los anclajes y remates son del tipo reticulado autosoportante adecuadas para ubicación horizontal de los conductores. La proporción de torres tipo V es de 90% del total para la línea troncal y 54% para la línea El Toro-Charrúa.

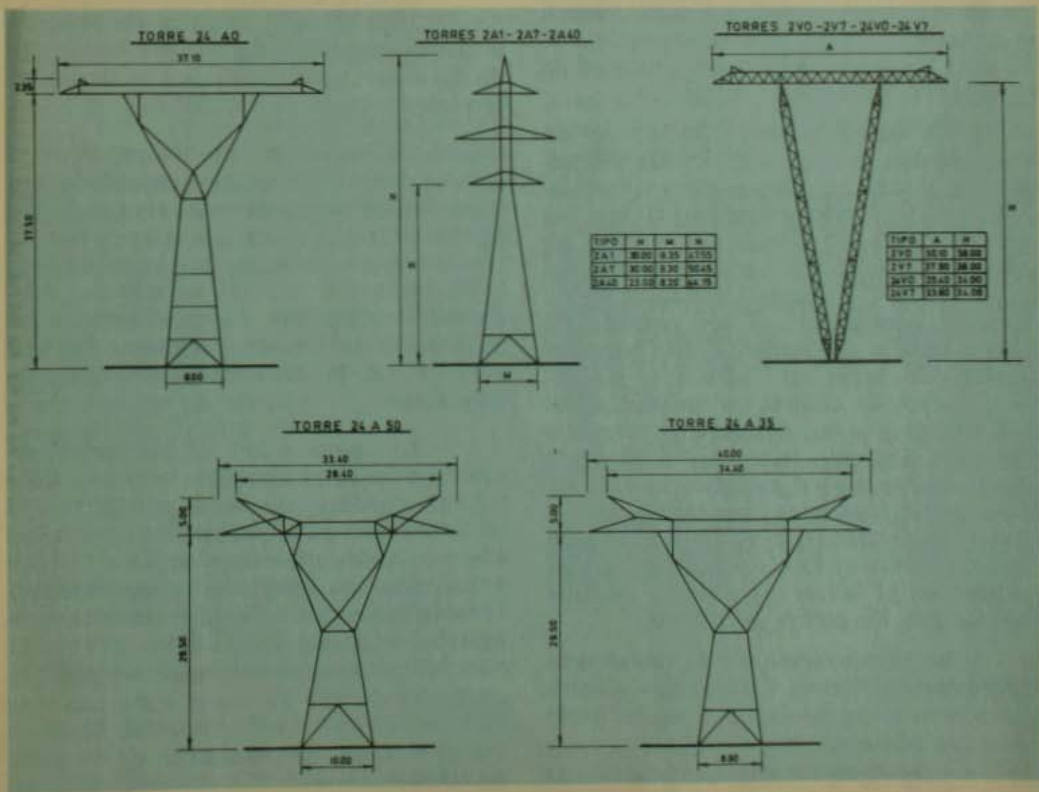
El material empleado en la fabricación es acero estructural de aleación especial resistente a la corrosión (CORTEN - A de U.S. Steel), del cual se emplearon aproximadamente 8.000 toneladas.

La ejecución de los estudios y los proyectos ha sido realizada por personal de la Empresa, contándose en parte con la colaboración de especialistas extranjeros en materias donde dada la magnitud de las obras era necesario complementar los recursos propios.

A lo largo de la ruta se atraviesa una veintena de ríos de cierta importancia, once de los cuales poseen cajas relativamente anchas y planas y tienen condiciones de crecidas tales que permitían instalar una o dos torres en los lechos sobre fundaciones especiales sustentadas por pilotes profundos, resistentes a socavaciones.

Las líneas están protegidas por 2 cables de guardia en toda su extensión, constituidos por acero galvanizado de ⅜" de alta resistencia en las zonas bajas, y por cable Alumoweld en la zona con hielo.

Ambas líneas llevan instalados un total de 10.000 amortiguadores como resguardo contra los efectos de la vibración eólica que se presenta en servicio.


TORRE 24 AQ
TORRES 2A1 - 2A7 - 2A40
TORRES 2VO - 2V7 - 24VO - 24V7
TORRE 24 A SD
TORRE 24 A 35

Ampliación de las subestaciones Charrúa y Alto Jahuel

Aspectos técnicos generales

Los proyectos de las ampliaciones de estas subestaciones se ciñeron a los criterios generales y prácticas conocidas en la Empresa, salvo en aspectos en que se han producido desarrollos nuevos en los últimos años, entre los cuales destaca la normalización de instalaciones de 220 kV y los requerimientos de asismicidad de montaje de los equipos eléctricos.

En cuanto a normalización de las instalaciones, se han establecido los esquemas eléctricos, disposiciones y métodos de control más convenientes para las necesidades habituales de la ENDESA, los que se han adoptado para los proyectos del Sistema El Toro. En particular se ha decidido concentrar en los centros de mando sólo el instrumental que requiere supervisión inmediata, instalando los demás equipos de control en casetas ubicadas próximas a los respectivos circuitos primarios. Por otra parte, se ha adoptado el sistema de control semidirecto para los circuitos de indicación, medidas y protecciones, dejándose las previsiones del caso en los conversores de medida para poder instalar en el futuro un sistema de telecontrol para los patios de 220 kV.

La preocupación por la resistencia contra terremotos de los equipos eléctricos y sus bases de montaje se ha visto reflejada especialmente en estos proyectos y es así como las especificaciones de estos equipos contienen requisitos de diseño antisísmico, los que fueron posteriormente verificados en forma experimental. Estas prácticas abarcan tanto a los equipos de maniobra de patio y sus estructuras de montaje, como también a los transformadores de poder y sus fundaciones.

Subestación Alto Jahuel

Esta subestación constituye el terminal Norte del sistema de 220 kV y el punto de interconexión con el sistema zonal de transmisión y distribución perteneciente a la Cía. Chilena de Electricidad.

Está ubicada entre el río Maipo y el pueblo de Alto Jahuel, a 50 Km. al Sur de Santiago, aproximadamente. Ocupa un terreno de cerca de 112.500 m².

Se amplió el patio de 110 kV en 3 nuevos paños para recibir el apoyo del sistema de 220 kV y para sacar tres líneas de 110 kV e instalar un seccionador de barras. Una de estas líneas es totalmente nueva y las otras dos son las existentes, debidamente reforzadas. Se conectaron a las subestaciones Florida y Espejo. Además se aumentó la capacidad de las barras colectoras.

En cuanto a 220 kV, las instalaciones de esta etapa consistieron en el montaje de 5 paños con barra principal y de transferencia para recibir las líneas de Charrúa y la interconexión con 110 kV y los circuitos acoplador y seccionador. Toda la disposición física e instalaciones básicas dejan las previsiones necesarias para futuras ampliaciones, que consistirán en líneas de 220 kV hacia subestaciones ubicadas en las inmediaciones de Santiago y más adelante la instalación de un patio de 400 kV.

La interconexión entre los patios de 220 kV y 110 kV se realizó a través de un banco de 3 autotransformadores monofásicos de 130 MVA y 220/110/13,8 kV, con una unidad de reserva. Las obras civiles de este patio comprendieron fundaciones con anclajes asísmicos, muros separadores entre unidades vecinas y foso para captación de derrames de aceite.

Para los servicios auxiliares comunes del patio de 220 kV y las comunicaciones de la subestación con el resto del sistema y Santiago se construyó un edificio de 180 m² de superficie aproximada.

Subestación Charrúa

Esta subestación recibe la energía de la Central Abanico por medio de una línea de doble circuito de 154 kV. En este mismo voltaje está interconectada con la región de Concepción y con el resto del Sistema Interconectado.

Está ubicada a 65 Km. al Sur de Chillán, frente a la localidad de Cabrero. Ocupaba un terreno de 245.000 m² y para su ampliación se adquirieron terrenos colindantes de 150.000 m².

A cierta distancia del actual patio de 154 kV se construyó el patio de 220 kV, para recibir la energía de la central El Toro. El patio consta de 8 paños, con barra principal seccionada mediante interruptor y barra de transferencia con acoplador; se dejaron, además, las previsiones de espacio para ampliaciones futuras.

El patio de 154 kV se amplió en un paño para recibir la interconexión con el patio de 220 kV. Además, se cambió el equipo primario de los paños seccionador y acoplador para adecuarlos a los nuevos niveles de potencia.

Para la interconexión de los patios de 220 y 154 kV, se montó un banco de 3 autotransformadores monofásicos 130 MVA, 220/154/13,8 kV, más una unidad de reserva. La disposición física es igual a la usada en la S/E Alto Jahuel.

Se instaló también un segundo transformador de 45 MVA, 154/66/13,8 kV, para servir la creciente demanda del sistema de 66 kV. Desde el terciario de este transformador se alimenta un banco de condensadores estáticos de 11 MVAr.

Con respecto a 66 kV, se construyó un nuevo patio de 7 paños, con barra principal y transferencia, con una disposición que racionaliza la ubicación de patios y salidas de líneas.

Para las funciones de supervisión y comando general de las nuevas instalaciones se realizaron algunas modificaciones en los tableros y pupitres de comando existentes. Las protecciones del patio de 220 kV se montaron en casetas construidas en el mismo patio junto a sus respectivas líneas.

Para el personal de conservación de equipos, de las brigadas de mantención de líneas y personal administrativo, se construyó un cuerpo de oficinas, talleres y bodegas con una superficie de 400 m² aproximadamente.

Faenas de construcción

Generalidades

La construcción de la central El Toro la realizó ENDESA por administración y se inició en 1965 con las instalaciones preliminares de accesos y campamentos, para tomar un ritmo de faenas definitivo a fines de 1967, una vez que se dispuso de los recursos de mano de obra y equipos programados.

Previo a la iniciación de faenas se efectuó un cuidadoso estudio de la planificación general de la obra, de su programación y del control posterior de las distintas fases de la construcción.

En el planeamiento general se determinó la ubicación geográfica y capacidad de las diversas instalaciones, a saber: campamentos, oficinas, talleres, casinos, etc. y las respectivas vías de acceso para estas instalaciones y los frentes de trabajo.

En la programación se asignaron los recursos, mano de obra, equipos y materiales y los tiempos de ejecución de las distintas actividades, aprovechando las experiencias obtenidas en la construcción de centrales anteriores, racionalizando al máximo las relaciones entre ellas.

En el control de avance de la faena se decidió emplear en forma intensiva los sistemas de trayectoria crítica. Apoyándose en el uso de computador, se lograron posteriormente detectar y corregir en forma oportuna las desviaciones respecto al programa y optimizar los recursos humanos y materiales disponibles.

Los trabajos preliminares e instalaciones provisorias necesarias para la construcción de la central El Toro, pueden resumirse en las siguientes cifras:

a) Construcción de 65.000 m^2 en Campamentos y Casinos e Instalaciones Comunitarias para alojar una fuerza ocupacional de 1.700 personas junto a sus familiares, centralizadas principalmente en la zona de Rayenco y Los Machos.

b) Construcción de 22.000 m^2 en oficinas, bodegas, maestranzas y talleres diversos ubicados en los distintos frentes de trabajo, para la dirección, reparaciones, mantención y suministro de materiales a las faenas.

c) Construcción de 78 Km. de caminos conformando una red caminera interna entre las distintas instalaciones y frentes de trabajo en las zonas del valle del río Polcura.

d) Construcción de 35 Km. de líneas de transmisión de 23 kV que nacen en una Subestación de 6.000 kVA en central Abanico y alimentan a las instalaciones de Rayenco, Casa de Máquinas, Ventana 3 y Los Machos.

e) Instalación de 3 plantas de concreto ubicadas en Casa de Máquinas, Ventana 3 y Los Machos con capacidad de 30 m^3/hora c/u. aproximadamente, destinadas al suministro de hormigón.

f) Instalación de una planta de agregados pétreos con capacidad para procesar 100 ton/hora, destinada a proveer de áridos a las plantas de concreto y mantención de caminos.

Construcción de las obras

La programación de las obras se realizó considerando el avance simultáneo de las faenas en diversos frentes de trabajo con el objeto de obtener plazos de construcción que permitieran poner en servicio la central en 1973.

Además, se estableció para cada frente de trabajo el método de construcción y el equipo más adecuados para conseguir el máximo rendimiento y economía en la ejecución de las obras.

Bocatoma

Las obras de la bocatoma consistentes en un túnel de aproximación al lago que toma las aguas a 70 m. bajo su nivel máximo, en un pique de compuertas y un pique de rejas ubicados en orden sucesivo, se construyeron abordando las faenas de excavación desde el pique de compuertas.

La conexión de la bocatoma con el lago se realizó utilizando el método del disparo bajo agua. Aprovechando el descenso del nivel de agua del lago derivado de la sequía de 1968, se anticipó esta conexión para 1970, para lo cual se construyó un pique auxiliar de dimensiones relativamente pequeñas.

Túnel de aducción

Los 9 Km. de túnel a excavarse se ejecutaron por ventanas y piques de acceso distribuidos a lo largo del túnel.

La perforación se realizó a sección completa, utilizándose perforadoras livianas apoyadas en patas neumáticas, distribuidas a lo largo del perfil de la excavación en número de nueve y ubicadas en tres plataformas de trabajo montadas sobre una estructura metálica, conteniendo además un estanque de compensación para el aire comprimido.

En zonas en que la roca se presentaba de mala calidad, aproximadamente en un 33% de la longitud del túnel y dependiendo del grado de agrietamiento de ésta, se usó para sostener la excavación marcos metálicos de fabricación nacional con enmaderación de respaldo, pernos para roca tipo "rock-bolt o perfobolt" y, a veces, combinados con malla de alambre. Fue necesario incluso en algunas zonas muy malas en que los marcos estaban sometidos a grandes solicitaciones, concretar las patas de éstos formando una viga de refuerzo inferior, dando así seguridad de trabajo al personal minero.

La faena de revestimiento de hormigón del túnel se efectuó en tres etapas siguiendo el siguiente orden: solera, arco y radier.

El moldaje ocupado en la concretadura del arco consistió en un manto metálico colapsable, y la colocación del concreto para el arco se hizo con colocadoras neumáticas.

En prácticamente todo el túnel se efectuaron inyecciones de relleno y consolidación de la roca.

Chimenea de equilibrio

La excavación del pique vertical de la chimenea de equilibrio se realizó en dos etapas: primero en un pique piloto de dimensiones mínimas excavadas en forma ascendente; y en una 2a. etapa se ensanchó la excavación a sus dimensiones definitivas trabajando desde arriba hacia abajo. El revestimiento final con hormigón se efectuó ocupando moldajes deslizantes de hormigonado continuo.

Caverna de válvulas y tuberías de presión

La construcción de la caverna de válvulas se realizó excavando y concretando en primer término el arco correspondiente a la bóveda. Posteriormente se ejecutaron las faenas de la parte inferior de esta caverna.

Los trabajos de excavación de las galerías inclinadas que alojarán las tuberías de presión se abordaron en dos etapas, primero una galería piloto excavada en forma ascendente. Posteriormente se ensanchó al tamaño definitivo excavando desde arriba hacia abajo.

El montaje de la tubería se realizó bajando cada tubo hasta su ubicación definitiva desde la caverna de válvulas y desde una ventana de trabajo ubicada en un punto intermedio de la caída. Colocado el tubo en su lugar se procedió a soldarlo al anterior y además a rellenar con hormigón el espacio entre él y la roca.

Para el hormigón de relleno se empleó la técnica del "hormigón fluido" que permitía el transporte en canaletas metálicas del hormigón fresco por una pendiente de 52%. Posteriormente, a través de tapones incorporados a los tubos se perforó el hormigón y la roca para efectuar las inyecciones de relleno y consolidación.

Caverna de máquinas

La excavación de la caverna, cuyas dimensiones de 103 m. de longitud, 40 m. de altura y 25 m. de ancho y cuyo volumen resulta de 86.000 m^3, representa la obra subterránea de mayor magnitud en su tipo efectuada en Chile.

Los trabajos de excavación demoraron 33 meses, iniciándose en Mayo de 1967 y finalizando en Enero de 1970. La excavación se realizó dividiendo la sección total en 5 sectores e iniciándola desde la parte superior hasta finalizarla en la cota del radier de la caverna.

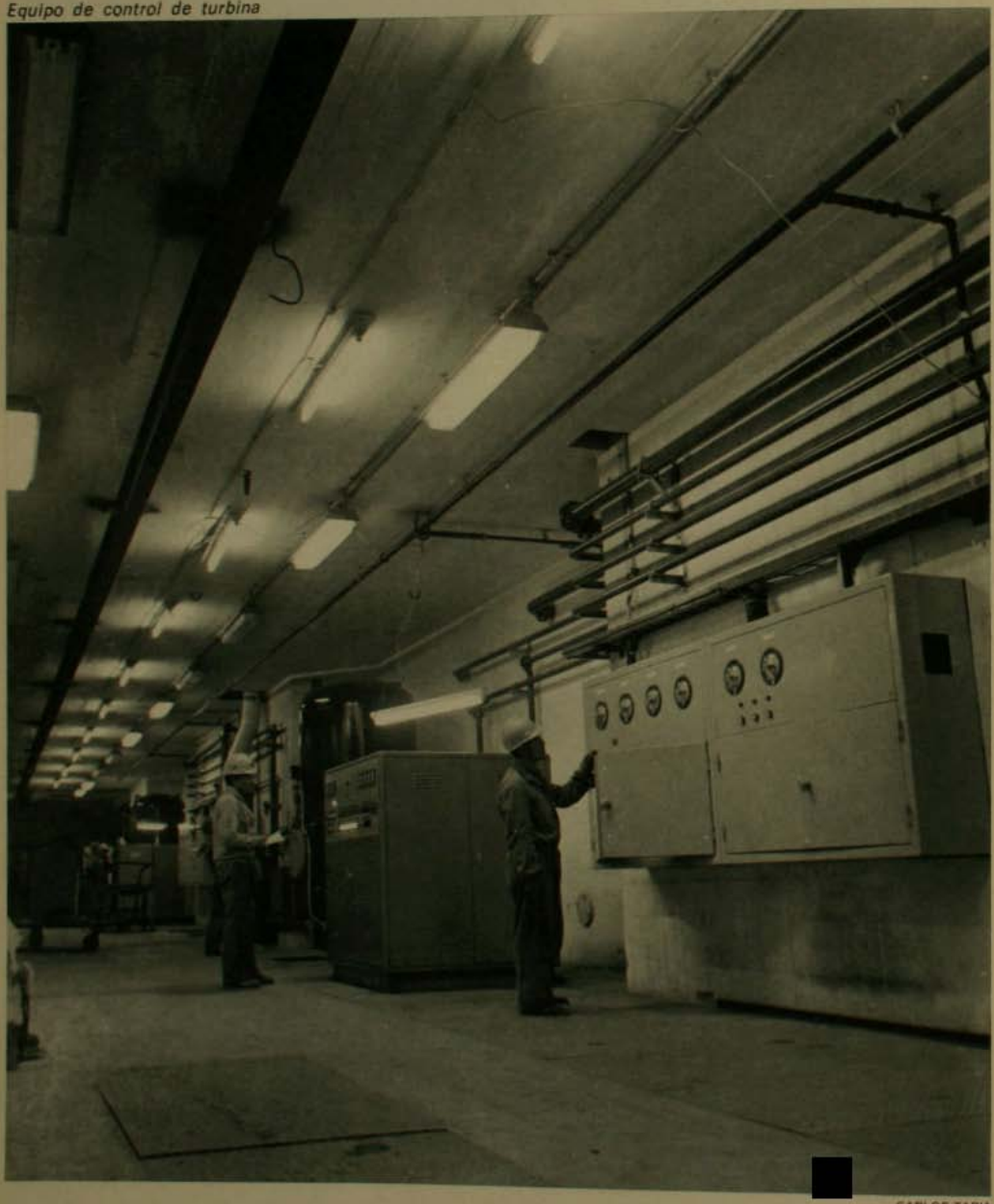
Durante la excavación de la parte superior, para asegurar la estabilidad de la roca, se colocó sistemáticamente anclajes post-tensados, consistentes en cables de acero. Además, con el mismo fin, se construyó la clave en un arco continuo de hormigón.

La concretadura de la infraestructura y el montaje de los equipos se hizo de manera que se evitaron las segundas concretaduras, comunes en este tipo de faenas.

Para realizar el montaje de los equipos se contó con dos puente-grúas con capacidad de 10 toneladas cada uno, sin contar con el destinado a la explotación capaz de desplazar 220 toneladas.

Caverna de Máquinas - 1ª unidad en servicio

Equipo de control de turbina



CARLOS TAPIA

Obras exteriores de la caverna de máquinas, edificio de mando y patio de alta tensión.

Los rellenos correspondientes a los caminos de acceso, estacionamientos, jardines y el patio de mufas se construyeron con el material extraído al excavar la caverna de máquinas y las galerías inclinadas de las tuberías de presión.

El patio de alta tensión y el edificio de mando se construyeron sobre una plataforma excavada en la ribera poniente del río Polcura.

Líneas de transmisión de 220 kV

La construcción de las líneas se planificó desde las etapas de proyecto, poniéndose énfasis en la mecanización de los trabajos para lograr rendimientos altos y en la continuidad de las faenas, dándose cumplimiento general a la programación original de las obras.

El personal encargado de las fases principales del trabajo pudo entrenarse con anterioridad para familiarizarse con los equipos y maquinarias adquiridas, especialmente para el izamiento de las torres V prearmadas en el suelo y el tendido de conductores.

Todas las faenas fueron ejecutadas por personal de ENDESA con equipos propios, excepto los trabajos de fundaciones en cruces de ríos y gran parte de los roces, que se contrataron con firmas especializadas.

Asesorías

A fin de resolver algunos problemas específicos relacionados con el proyecto y la construcción, tanto de la central El Toro como del Sistema de Transmisión de 220 kV, para los cuales se carecía en el país de la experiencia suficiente, la ENDESA recurrió a la asesoría de firmas extranjeras.

Por otra parte, en materias en las cuales la ENDESA no posee el personal especializado o los recursos materiales necesarios, se utilizaron los servicios de otras instituciones nacionales.

Asesores para la central El Toro

Firma	Materia	País
ELECTROWATT	Asesorías sobre problemas específicos relacionados con el proyecto y construcción del túnel de aducción, tuberías de presión, Casa de Máquinas y con el proyecto del control de la central.	SUIZA
HOYER-ELEFSEN	Asesoría para la construcción de las obras de la bocatoma y túnel de aducción.	NORUEGA
A.B.E.M.	Ejecución de prospecciones geofísicas.	SUECIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS	Estudios geológicos generales y de detalle necesarios para definir la ubicación de las distintas obras de la Central.	CHILE
INSTITUTO NACIONAL DE HIDRAULICA	Estudios en modelos reducidos de las protecciones para las obras exteriores próximas al lecho del río Polcura y del disparo bajo agua de la bocatoma.	CHILE
DEPTO. DE OBRAS CIVILES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS U. DE CHILE	Estudio en modelo reducido del comportamiento de las obras de evacuación.	CHILE

Asesores para el sistema de transmisión de 220 kV

Firma	Materia	País
MERZ Y MC LELLAN	Configuración eléctrica, selección económica de voltaje, estudios de sobretensiones transientes.	INGLATERRA
H. BRIAN WHITE	Proyecto general, especificaciones básicas, selección de estructuras.	CANADA
BATTELLE MEMORIAL INST.	Peritajes aceros especiales.	U.S.A.
SOC. ANON. ELETTRIFICAZIONE	Diseño y pruebas de estructuras en modelos a escala natural. Anteproyecto de ubicación óptima de estructuras en el terreno.	ITALIA
ING. ALFIERI UXA	Programación y procesos fabricación de estructuras.	BRASIL
I.P.E.C.	Programación y racionalización de procesos de montaje y construcción	CANADA

Proveedores

1.- Proveedores extranjeros

1.1 Equipo de la Central	Fabricante	País
1.1.1 Equipo Mecánico		
Compuertas bocatoma (de servicio y emergencia)	RHEINSTAHL, STAHLBAU UND FORDERTECHNIK	Alemania Federal
Válvulas de mariposa (de servicio, guardia y ventosas)	VON ROLL	Suiza
Turbinas y válvulas rectilíneas.	CHARMILLES	Suiza
Bombas sistema refrigeración Casa de Máquinas.	LAYNE BOWLER Y US ELECTRICAL MOTOR	U.S.A.
Puentes grúa: 220 ton. C. de Máquinas 35 ton. C. de Válvulas 50 ton. Bocatoma	MAGUE	Portugal
Grupos electrógenos de emergencia: C. de Máquinas 300 kVA E. de Mando 50 kVA C. de Válvulas 50 kVA Bocatoma 50 kVA	K.H. DEUTZ AV. KAICK	Alemania Federal
Equipos aire acondicionado C. Máquinas y E. Mando.	CARRIER	U.S.A.
1.1.2 Equipo Eléctrico		
Generadores y equipo de excitación.	NORSK ELEKTRISK BROWN BOVERI NEBB	Noruega
Transformadores de poder	OERLIKON	Suiza
Barras capsuladas	L'ELECTRO-ENTREPRISE	Francia
Cables 220 kV en aceite	BICC	Inglaterra
Pararrayos 220 kV	OERLIKON	Suiza

1.1.2 Equipo Eléctrico	Fabricante	País
Interruptores 220 kV	B.B.C.	Suiza
Desconectadores 220 kV	L.E.L.	Inglaterra
Transformadores de corriente 220 kV	B.B.C.	Suiza
Transformadores de tensión 220 kV	SIEMENS	Alemania Federal
Trampas de onda y condensadores de acoplamiento 220 kV	SIEMENS	Alemania Federal
Equipo de maniobra y reactores generadores.	B.B.C.	Suiza
Cables de 13,8 kV	SHOWA	Japón
Transformadores reguladores	JEUMONT	Francia
Equipo de maniobra 13,8 kV, distribución.	MAGRINI	Italia
Equipo de control local, telecontrol y comunicaciones internas.	SPRECHER Y SCHUH	Suiza
* Equipo telecontrol	LANDIS Y GYR	Suiza
* Equipo de comunicaciones por onda portadora.	HASLER	Suiza
* Relé de protección y transferencia desenganche.	ENGLISH ELECTRIC	Inglaterra
* Cables telecontrol	COSSONAY	Suiza
* Relé de protección	GENERAL ELECTRIC	U.S.A.
* Instrumentos indicadores y conversores de medida.	CAMILLE BAUER	Suiza
* Equipo de maniobra 400 V y barras capsuladas B.T.	MAGRINI	Italia
* Equipo de maniobra 125 V y 48 VC.C.	MAGRINI	Italia

1.1.2 Equipo Eléctrico	Fabricante	País
* Baterías	EXIDE	México
* Cargadores de baterías	SAAJ	Suecia
* Tableros distribución alumbrado C.A.	SOUARE D	U.S.A.
* Mufas exteriores 15 kV	GENERAL ELECTRIC	U.S.A.
* Pararrayos 15 kV	Mc GRAW-HILL, GENERAL ELECTRIC	U.S.A.
* Fittings y conectores 220 kV.	A. SALVI Y CO.	Italia
* Cables aluminio Patio A. Tensión.	ALCAN	Canadá
* Equipo extinción incendios (transformadores)	FEGA-WERK	Suiza
* Esquema protección de distancia líneas 220 kV	ASEA	Suecia
1.1.3 Equipo Civil		
Tuberías de presión	VÖEST	Austria
1.2 Equipo para las Líneas de Transmisión		
Conductor de Aluminio	ALUMINUM CO. OF. AMERICA	U.S.A.
Acero estructural CORTEN-A	U.S. STEEL CORP	U.S.A.
Barras y elementos de anclaje	AB-CHANCECO	U.S.A.
Barras y elementos de anclaje	N. SLATER	Canadá
Aisladores de vidrio templado	SEDIVAR-PILKINGTON INT.	Francia
Cable de acero (tirantes)	KOKOKU KOSENSAKU (MITSUBISHI S.K.)	Japón
Accesorios metálicos varios y amortiguadores	A. SALVI Y CO.	Italia
Cable Alumoweld y barras puesta a tierra	COPPERWELD STEEL INT. CORP.	U.S.A.
ACC. Mallas de tierra	ERICO PRODUCTS	U.S.A.
Pernos CORTEN, escalines y pasadores	MODULUS CORP.	U.S.A.

1.3 Equipos para ampliación Subestaciones Charrúa y Alto Jahuel	Fabricante	País
Autotransformadores 220/154/13,8 kV.	JEUMONT-SCHNEIDER	Francia
Autotransformadores 220/110/13,8 kV.	ITALTRAFO	Italia
Interruptores	BROWN BOVERI	Suiza
Desconectadores	L.E.L.	Inglaterra
Transformadores de corriente	BROWN BOVERI	Suiza
Transformadores de potencial	SIEMENS	Alemania Federal
Pararrayos	OERLIKON	Suiza
Condensadores acoplamiento	SIEMENS	Alemania Federal
Trampas de onda	SIEMENS	Alemania Federal
Equipo maniobra 13,8 kV.	BROWN BOVERI	Suiza
Condensadores estáticos	NOKIA	Finlandia
Instrumentos, relé	CAMILLE BAUER	Suiza
Instrumentos, relé	ASEA	Suecia
Instrumentos, relé	GENERAL ELECTRIC	U.S.A.
Instrumentos, relé	SIEMENS	Alemania Federal
Instrumentos, relé	C.S.F.	Francia
Celdas Distribución	GENERAL ELECTRIC MAGRINI	U.S.A. Italia
Baterías	EXIDE VARTA	U.S.A. Alemania Federal
Cargadores de batería	A.E.G. ELEKTRO HERMANS	Alemania Federal Suecia
Grupos de Emergencia	K.H. DEUTZ-AV. KAICK	Alemania
Equipo Aire Acondicionado	CARRIER-WORTHINGTON	U.S.A.

2.- Proveedores nacionales

2.1 Equipo de la Central	Fabricante
2.1.1. Equipo Mecánico	
Rejas	ASTILLERO DE LAS HABAS
Puerta metálica tapón Ventana 3 túnel aducción.	ASTILLERO DE LAS HABAS
Otros equipos varios (estanques, tapas, escaleras, vigas metálicas, compuertas, planas evacuación turbinas, etc.).	TALLERES METALURGICOS TAMET MANUFACTURAS INDUSTRIALES MAINDOR
Equipos aire acondicionado C. Máquinas y E. Mando.	KELLER Y WESTENDARP
2.1.2 Equipos y Materiales Eléctricos	
Cables control y fuerza	MADECO - COCESA
Soportes normalizados para cañerías aire comprimido.	EXPINDUS - BASH
Uniones flexibles	M. GALLARDO
Tableros auxiliares p. instrumentos de generadores y turbinas	BASH
Reactancias para luminarias	OMICRON S. A.
Materiales varios para canalización	BEDDIG, M. GALLARDO, BASH
Cámaras de protección mufas cables 220 kV.	PROMETAL LTDA.
Uniones giratorias	BASH
Fundas protectoras para bushings transformadores	PROMETAL LTDA.
Postes metálicos para luminarias	COMPAC
Soportes normales para cables de control	BASH
Tubos eléctricos y cajas de derivación	MET. INDUSTRIAL
Cable de poder clase 1000 V	MADECO
Prensas de sujeción para 2 cables	MET. RECO
Tableros de distribución	BASH
Luminarias colgantes y cintas luminosas 5,50 m.	LUMINOTECNIA
Luminarias fluorescentes	LUMINOTECNIA, ILKU, FAMELA, SODILEC
Marcos sujeción cables control	MET. INDUSTRIAL

2.1.2 Equipos y Materiales Eléctricos	Fabricante
Soportes p. canalización cables de poder	KING Y WALKER
Soportes p. cables control	BASH, KING Y WALKER
Bandejas p. cables de poder	MET. VALMOVAL
Proyectores	OMICRON S. A.
Fijaciones metálicas para celdas	TAMET
Soportes normales para baterías	EXPINDUS, VULCO, M. GALLARDO
Cajas de aluminio fundido	ELEVAP BEDDIG Y CIA.
Soportes pararrayos neutro generadores	M. GALLARDO
Bandejas para cables	PIZARREÑO
Transformadores trifásicos 150 kVA	RHONA
Prensas paralelas	RAUL CADIZ
Cobre en platinas	BIMACO
Partidores TIK 20 W	CASA ELECTRA
Cordones flexibles	CASA MUSA, ALFREMUSA, FLORES Y KERSTING
Canaletas plásticas para cables	RHONA
Focos herméticos y globos de vidrio	SODILEC
Luminarias tipo calle	FAMELA-SOMELA
Terminales estañados	RITTIG S. A. C. I.
Cañerías de cobre p. aire comprimido	MADECO
Aisladores de pedestal	FANALOZA
Conectores	OZCA
Transformadores SS/AA 1600 kVA.	SINDELEN
Soportes regulables p. cañerías aire comprimido	GARAGE Y MAESTRANZA ENDESA
Cierres metálicos de patios	GARAGE Y MAESTRANZA ENDESA
Soportes de luminarias	GARAGE Y MAESTRANZA ENDESA
Arandelas cadmiadas p. barras capsuladas	GARAGE Y MAESTRANZA ENDESA

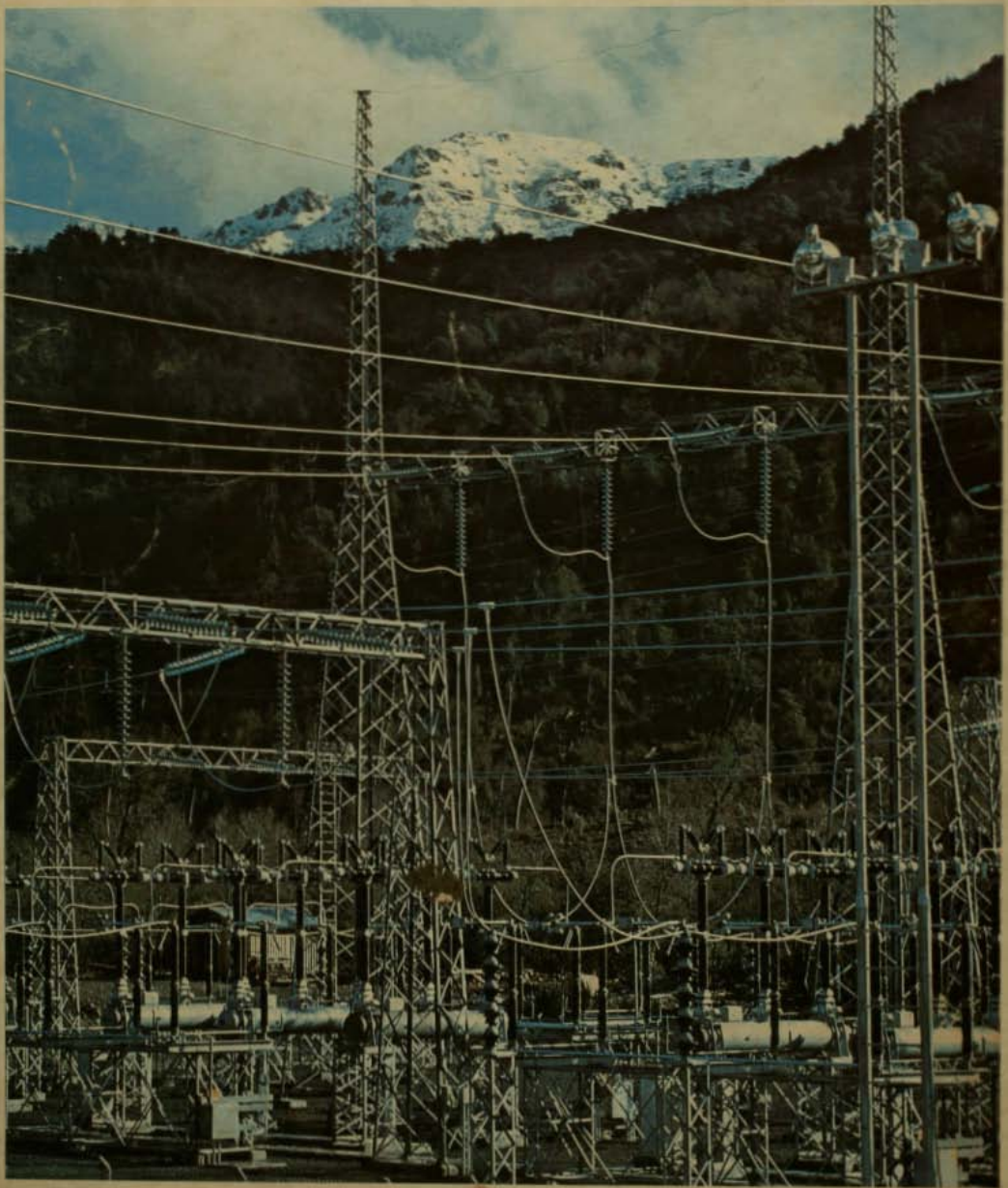
2.1.2 Equipos y Materiales Eléctricos	Fabricante
Pupitres de operador	FERNANDO MAYER
2.1.3 Equipos y Materiales Civiles	
Vía puente-grúa C. Máquinas (vigas y pilares)	SOCOMETAL
Plataforma alumbrado de bóveda C. Máq.	INMAR
Plataformas y escaleras	INMAR
Vigas puente río Polcura	EQUITERM
Pilotes fundación puente río Polcura	EQUITERM
2.2 Equipo para las Líneas de Transmisión	
Cable acero galvanizado 3/8"	PRODINSA
Fabricación estructuras	SEC INGENIEROS LTDA.
Fabricación estructuras	SOCOMETAL
Fabricación estructuras	KING Y WALKER
Fabricación estructuras	WARD Y LATHAM
Pernos 5/8" CORTEN	FANAPER
Flejes y perfiles galvanizados p. mallas de tierra	CAP Y GALMET
Cable cobre desnudo	MADECO - COCESA
Pilotes metálicos	FUNDICION LIBERTAD S.A.
2.3 Equipos para ampliación Subestaciones Charrúa y Alto Jahuel	
Estructuras de acero	CAP CHILE
Cables de control	MADECO - COCESA
Tableros para instrumentos	BASH
Materiales varios para canalizaciones	BASH, H. BEDDIG
Postes metálicos para luminarias	COMPAC
Luminarias	LUMINOTECNIA, SOMELA
Transformadores trifásicos 150 kVA	RHONA
Cañerías de cobre para aire comprimido	MADECO
Construcciones varias	GARAGE Y MAESTRANZA ENDESA
Fabricación de estructuras	SOCOMETAL

* Subproveedores

Casa de Huéspedes Radales

EMPRESA DEL AREA SOCIAL

El Toro

CENTRAL HIDROELECTRICA Y SISTEMA DE TRANSMISION

EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD S.A. ENDESA