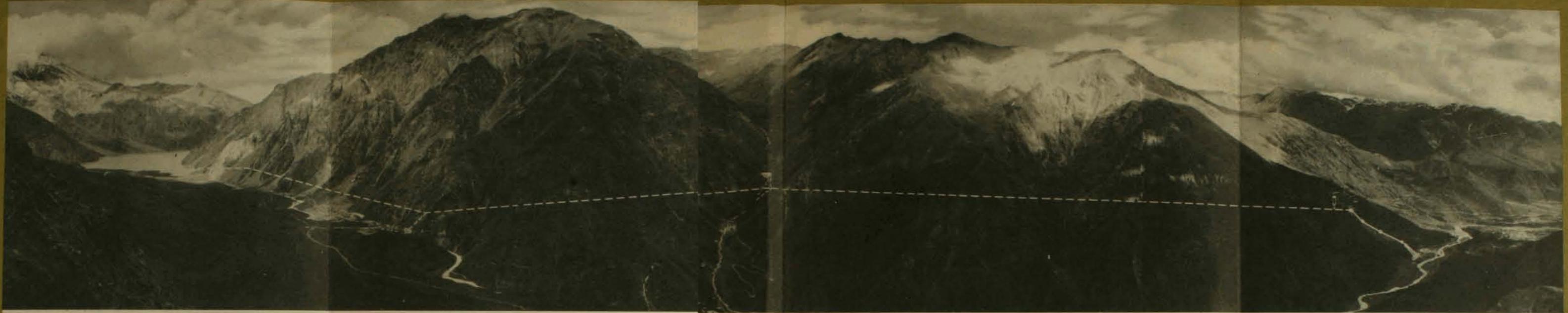




*Cipreses*



PANORAMA GENERAL DE LAS OBRAS DE LA CENTRAL CIPRESES

SISTEMA HIDROELECTRICO

# *Cipreses*



1955

EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD (ENDESA)  
CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION

SANTIAGO, CHILE

## PREFACIO

*"En el aprovechamiento, por medio de transmisiones de la potencia hidroeléctrica, de las grandes fuerzas naturales de que dispone Chile en toda su extensión, divisase un ancho campo de actividad para el ingeniero futuro."*

A. E. Salazar, diciembre 1899.

*El desarrollo económico de las naciones requiere cantidades siempre crecientes de energía en todas sus formas. Entre éstas, la electricidad es aquella que mejor se adapta a las necesidades de la época presente.*

*Chile, como un signo favorable de su vitalidad, exige también cada vez más energía eléctrica en magnitudes rápidamente en aumento. La satisfacción de esta demanda es indispensable para atender a la mayor producción de bienes y servicios, único medio efectivo de mejorar el nivel de vida de nuestra población.*

*La Corporación de Fomento de la Producción reconoció desde su creación que la electrificación sistemática de nuestro país era un imperativo básico, de acción continuada, sin la cual no podría impulsarse ninguna rama de la actividad económica nacional. Formuló para ello un Plan de Electrificación del País, el que puso en ejecución de inmediato, y creó, para su mejor realización, la Empresa Nacional de Electricidad, S. A. (ENDESA). En el primer periodo de este Plan (1940-1952) se entregaron al consumo 207 200 kW nuevos, cifra que representa el 50% de la potencia instalada en las Empresas Eléctricas de Servicio Público de Chile en ese año. Con ello no sólo se logró mejorar el abastecimiento en las más importantes zonas del país, sino también hacer llegar los beneficios de la electricidad a numerosas ciudades y pueblos que carecían de este importante servicio. El segundo periodo abarca desde 1953 hasta 1964, consulta la instalación de una capacidad generadora de 570 000 kW y sus sistemas de líneas y subestaciones para entregar esta energía a las empresas distribuidoras y al consumo. Este programa, que ha sido preparado por la ENDESA con estricta consideración a las necesidades mínimas del país, abarca el total del territorio nacional.*



AL SABIO PROFESOR DE ELECTROTECNIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

ARTURO E. SALAZAR  
(1855-1943)

PRECURSOR DE LA  
ELECTRIFICACION DEL PAIS

HOMENAJE Y RECUERDO  
DE LA EMPRESA NACIONAL  
DE ELECTRICIDAD, S. A.

INSCRIPCION DEL MONUMENTO  
ERIGIDO EN LA CENTRAL CIPRESES

*El Sistema Hidroeléctrico Cipreses, cuyos trabajos se iniciaron en 1949, constituye el eslabón de enlace entre las obras de estos dos periodos sucesivos del Plan de Electrificación. Su inauguración es la primera realización importante que se pone en marcha de acuerdo con el programa del Segundo Periodo.*

*Por acuerdo especial del Directorio de la ENDESA, al inaugurar esta planta se ha querido rendir homenaje a la memoria del sabio profesor don Arturo E. Salazar, que desde su cátedra de Electrotecnia de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile (1898-1925) propició con entusiasmo la idea del aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos del país, como uno de los medios más efectivos de desarrollar las actividades económicas nacionales. Como precursor de esta idea que ha fructificado años después gracias al esfuerzo de Chile, el profesor Salazar merece el reconocimiento de la colectividad.*

*La ENDESA, al hacer entrega oficial de las obras de la Central Cipreses al servicio público, espera continuar encontrando la comprensión necesaria de parte del país para proseguir en la tarea de electrificación iniciada.*

*Santiago, 27 de agosto de 1955.*

## INTRODUCCION

El 7 de enero de 1947, el Directorio de la Empresa Nacional de Electricidad, S. A. (ENDESA) acordó la construcción de la Central Hidroeléctrica de Cipreses, del sistema de líneas de transmisión y de subestaciones primarias, para transportar y entregar la energía eléctrica a las ciudades y pueblos más importantes de la región comprendida entre el puerto de Los Vilos, por el norte, y la ciudad de Parral, por el sur.

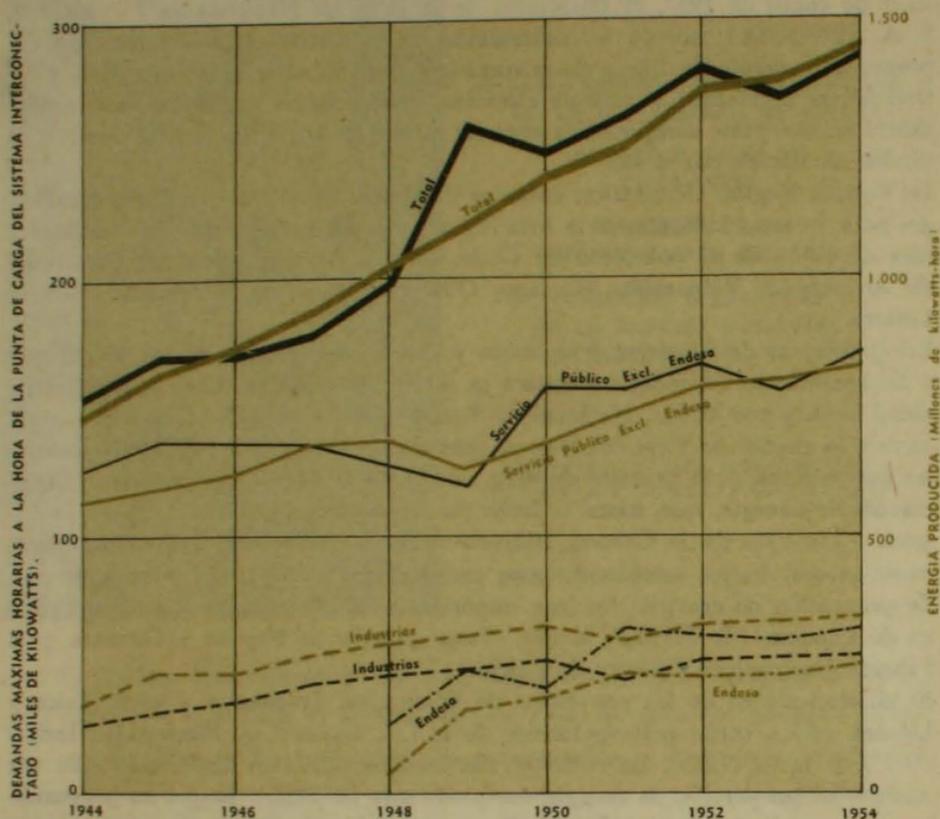
La Tercera Región Geográfica, como se denomina en el Plan de Electrificación del país la zona indicada, es la más importante del país, ya que en ella habita más del 50% de la población de Chile, y abarca íntegramente las provincias de Aconcagua, Valparaíso, Santiago, O'Higgins, Colchagua, Curicó, Talca y Linares.

Las provincias de Santiago, Valparaíso y Aconcagua están servidas, en lo que a abastecimiento de energía eléctrica se refiere, por la Cia. Chilena de Electricidad Ltda. y por la Cia. Nacional de Fuerza Eléctrica (CONAFE); esta última sirve a la ciudad de Viña del Mar. Ambas compañías poseen sus propias centrales generadoras, y la primera de ellas compra a la ENDESA importantes cantidades de energía, que, hasta la fecha de la puesta en servicio del Sistema Cipreses, provenía de la Central Hidroeléctrica Sauzal. Además de las empresas mencionadas, varios establecimientos industriales poseen instalaciones propias de generación de energía; los más importantes de ellos son: la Sociedad Fábrica de Cemento "El Melón", la Cia. Manufacturera de Papeles y Cartones y la Fábrica Nacional de Carburo de Calcio.

El abastecimiento de las provincias de O'Higgins, Colchagua, Curicó, Talca y Linares está a cargo principalmente de la Cia. General de Electricidad Industrial y de la CONAFE, las cuales en los últimos años han distribuido cada vez una mayor proporción de energía comprada a la ENDESA, la que ha provenido hasta ahora de la Central Sauzal. En la provincia de O'Higgins es necesario mencionar el establecimiento minero de la Braden Copper Co., que posee instalaciones de generación eléctrica propias y que por generar energía a una frecuencia de 60 ciclos por segundo no se ha interconectado con el resto del sistema de la Tercera Región Geográfica, que emplea el sistema de corriente alterna trifásica, a 50 ciclos por segundo.

El abastecimiento de energía eléctrica de la Tercera Región Geográfica ha experimentado en los últimos veinte años serias dificultades, lo que ha provocado severos racionamientos visibles o invisibles en el consumo, debido a que las demandas, acentuadas por el rápido desarrollo industrial y el aumento de la población, han superado a las disponibilidades. Para contribuir al mejoramiento de esta situación, la ENDESA puso en servicio en el año 1948 la Central Hidroeléctrica Sauzal con una potencia instalada de 76 800 kW, con lo cual el abastecimiento de esta región pudo normalizarse temporalmente; esta Central forma parte del Primer Período del Plan de Electrificación del país. A contar del año 1952 nuevamente se produjeron déficit en el suministro de energía. Con la puesta en servicio de la Central Cipreses, que forma parte de las obras

DEMANDAS Y PRODUCCION DE ENERGIA EN LA 3.<sup>a</sup> REGION GEOGRAFICA. PROVINCIAS DE ACONCAGUA, VALPARAISO Y SANTIAGO, PARA EL PERIODO 1944-1954



realizadas al final del Primer Periodo y principios del Segundo Periodo de la Primera Etapa del Plan de Electrificación del país, esta situación mejorará temporalmente.

La Central Cipreses es el primer desarrollo hidroeléctrico consultado en la hoya del río Maule, y tanto su sistema de transmisión como sus subestaciones están concebidas para que permitan el transporte hacia los centros de consumo no sólo de la energía de esta planta, sino que de otras centrales por construirse en esta misma hoya.

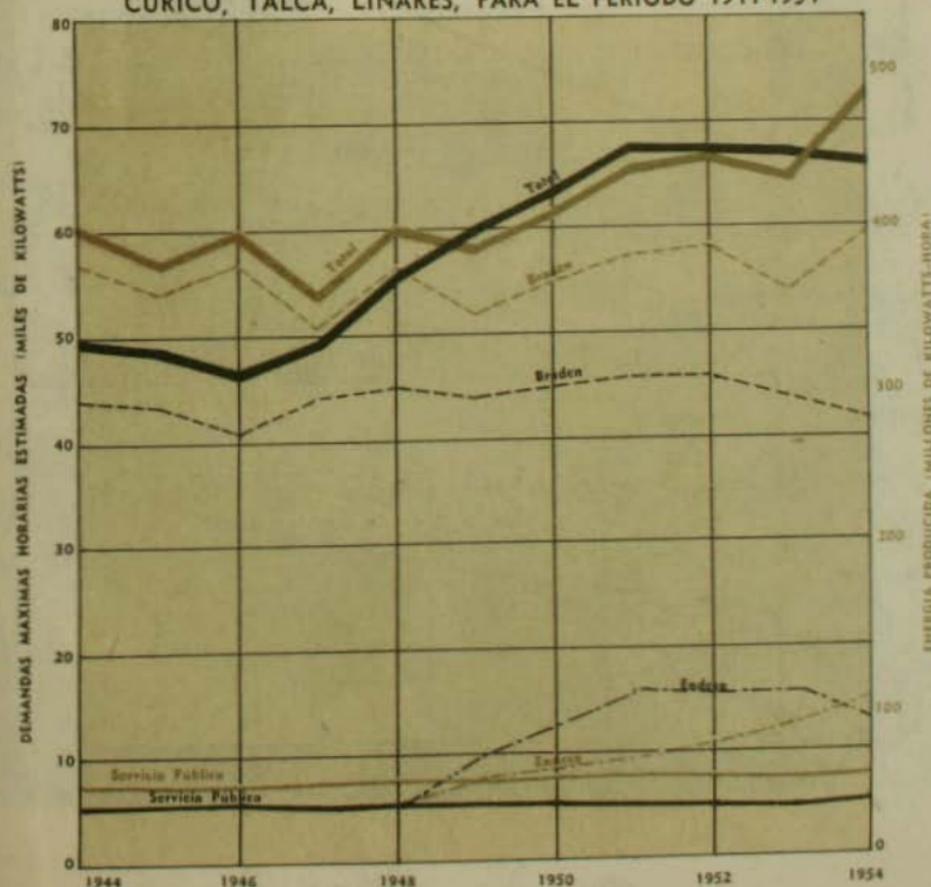
La elección de la Central Cipreses como desarrollo subsecuente de la Central Sauzal fué el resultado de un detenido estudio por parte de los ingenieros de la ENDESA, que comprendió el análisis de una serie de alternativas de aprovechamiento de diversos ríos situados a distancias económicamente convenientes de Santiago. Con la excepción del aprovechamiento hidroeléctrico del río Rapel, Cipreses constituye la posibilidad más atractiva por las características hidrológicas y los desniveles disponibles, mejorada en cuanto a lo primero por la posibilidad de regulación de los caudales, mediante el empleo del embalse

natural de la laguna de La Invernada. El desarrollo hidroeléctrico de Rapel, por sus características de embalse artificial, sólo permitía, a juicio de la ENDESA, disponer de nuevas fuentes de energía a un mayor plazo que el desarrollo de Cipreses, por lo cual se ha consultado en el programa de obras de la ENDESA como etapa subsiguiente a la construcción de dos de las primeras centrales por desarrollar en la hoya del río Maule; la Central Cipreses y la Central Isla; además de estos desarrollos, el río Maule representa una reserva hidroeléctrica que en su curso superior asciende a unos 500 MW.

En el gráfico que se acompaña se muestra la predicción de las demandas de la Tercera Región Geográfica para el período 1953-1954, a que se ha hecho referencia; en él se han indicado las centrales generadoras que la ENDESA ha programado construir para servir dichas demandas, con las fechas probables de puesta en servicio. Como se puede apreciar en este gráfico, las centrales de la ENDESA no podrán por sí solas satisfacer dichas demandas, por lo que se hace indispensable que las Empresas de Servicio Público, concesionarias del servicio eléctrico de esta región, efectúen también instalaciones para el normal abastecimiento de la zona en el período en cuestión. Las centrales que la ENDESA tiene proyectado instalar y que forman parte del Segundo Período del Plan de Electrificación (1953-1964) son:

a) La Central Hidroeléctrica Sauzalito, ubicada en el río Cachapoal, aguas

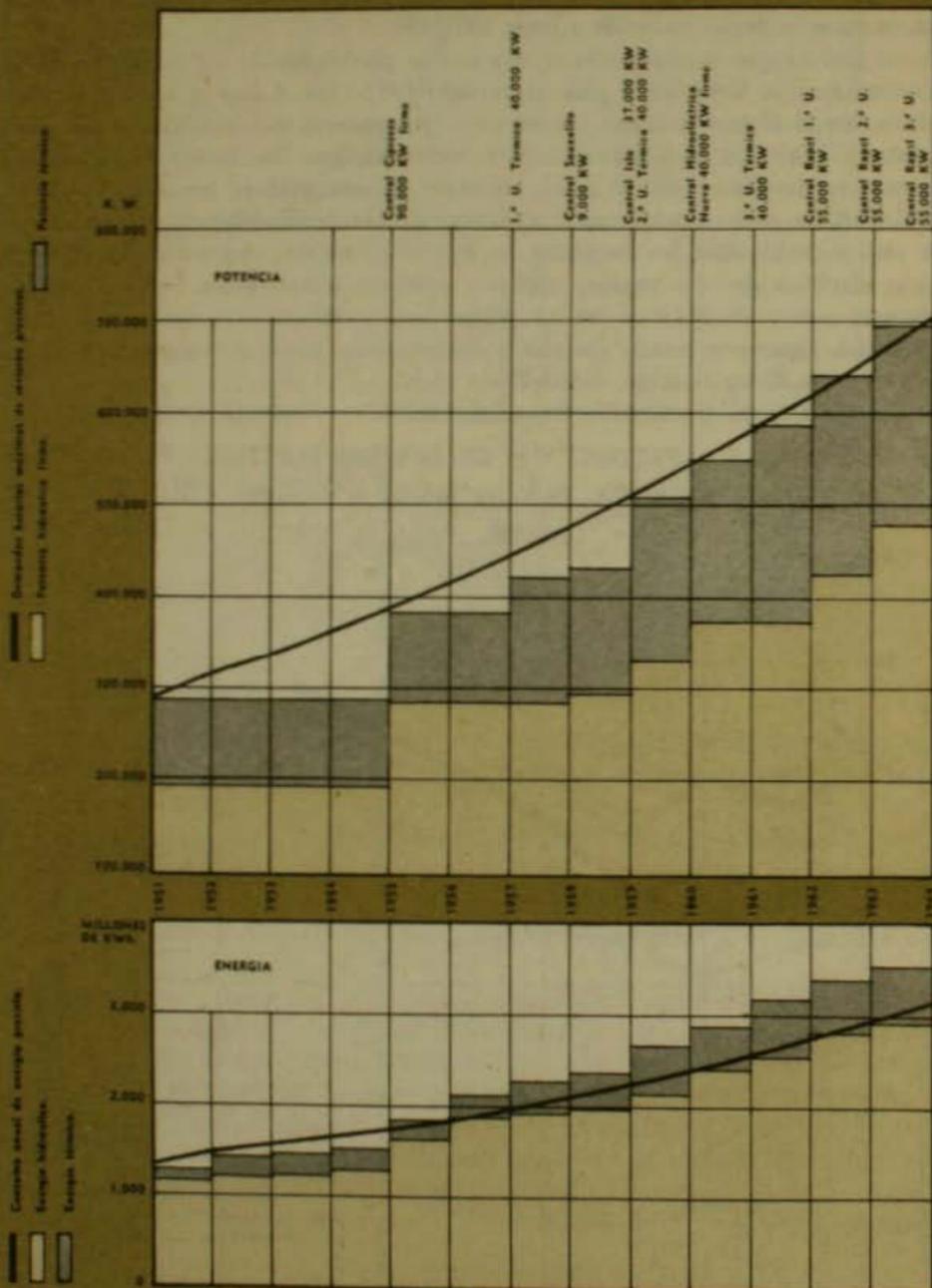
DEMANDAS Y PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA EN LA 3.<sup>a</sup> REGION GEOGRAFICA. PROVINCIAS DE O'HIGGINS, COLCHAGUA, CURICO, TALCA, LINARES, PARA EL PERIODO 1944-1954



### 3.ª REGION GEOGRAFICA: LOS VILOS LINARES

PREVISION DE DEMANDAS HORARIAS MAXIMAS DE INVIERNO, DE CONSUMO ANUAL DE ENERGIA Y DE DISPONIBILIDADES PARA ABASTECERLAS

PERIODO 1953-1964



abajo de la Central Sauzal, con una potencia generadora de 9 000 kW y cuya puesta en servicio se estima posible para 1958.

b) La Central Hidroeléctrica Isla, ubicada aguas abajo de la Central Cipreses en el río del mismo nombre, con una potencia generadora de 37 000 kW y cuya puesta en servicio se considera para 1959.

c) La Central Hidroeléctrica Rapel, ubicada en el curso inferior de este río, con una potencia instalada de 165 000 kW, compuesta de 3 unidades generadoras de 55 000 kW cada una; la puesta en servicio de la primera unidad de esta planta podría realizarse en 1962.

La planeación de las obras necesarias para el normal abastecimiento de energía de la Tercera Región hecha por la ENDESA considera, como se ha explicado, la necesidad de efectuar instalaciones por parte de otras empresas; para este efecto se ha propuesto la instalación de 3 unidades de generación a vapor de 40 000 kW cada una en las provincias de Santiago o Valparaíso, y una central hidroeléctrica de 40 000 kW de capacidad; esta última, en atención a que dentro de la zona de concesión de la Cía. Chilena de Electricidad existen posibilidades favorables en el curso superior del río Maipo.

Las instalaciones hidroeléctricas que servirán a la Tercera Región se han proyectado con el criterio de instalar una capacidad generadora superior a la que corresponde a la probabilidad hidrológica de 95% (potencia firme), a fin de economizar el empleo de combustibles cuando se dispone de caudales de agua mayores en los ríos. En el gráfico a que se ha hecho referencia más arriba, se ha comparado la predicción de las demandas con las disponibilidades de potencia firme de invierno, o sea, bajo condiciones de mínima potencia hidráulica.



Vista panorámica del valle del río Cipreses y su desembocadura en el Maule, futura ubicación de la Central Isla. A la derecha, población de empleados.

## 0. GENERALIDADES

*"...nuestros rios, relativamente caudalosos de Coquimbo al Sur, encierran las fuentes de una energia eléctrica que puede subvenir con exceso las exigencias del más avanzado industrialismo."*

FRANCISCO ENCINA, 1911.

### 0.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CIPRESES

El nombre asignado a este importante sistema proviene de la ubicación de la central generadora, la que se encuentra en el río Cipreses, afluente del río Maule, en la cordillera, a 100 kilómetros al oriente de la ciudad de Talca, donde abundan los cipreses naturales que crecen en las laderas volcánicas de los valles de la región.

El Sistema Hidroeléctrico Cipreses está constituido por la central generadora, línea de transmisión de doble circuito de 154 kV, que conecta la central con la Subestación Itahue en el Valle Central, a 100 kilómetros al noroeste de Cipreses, y con la Subestación Cerro Navia, ubicada en el extremo norponiente de la ciudad de Santiago, a 209 kilómetros al norte de Itahue.

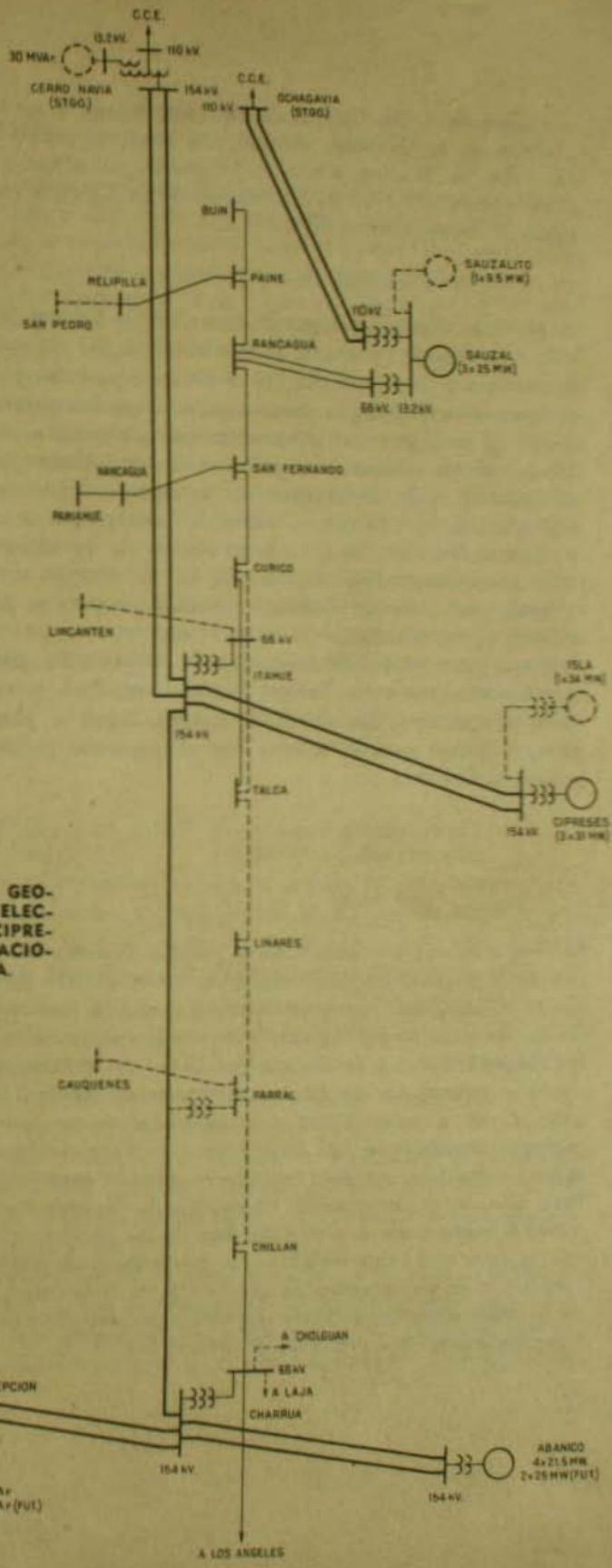
En Itahue, mediante una subestación transformadora, se alimenta un sistema de líneas de 66 kV, que se desarrolla, al norte, hasta la ciudad de Curicó y al sur, hasta la ciudad de Chillán, en dirección norte-sur, siguiendo un trazado en general vecino al camino longitudinal. La energía se distribuye mediante una serie de subestaciones conectadas a aquellas líneas y ubicadas en Curicó, Talca, Linares, Parral y Chillán. Desde la ciudad de Parral se construirá una línea de transmisión de 66 kV hasta la ciudad de Cauquenes.

En Cerro Navia se interconecta el Sistema Cipreses de la ENDESA con el Sistema de la Cia. Chilena de Electricidad Ltda., mediante una subestación transformadora de 154 a 110 kV, desde la cual la Cia. Chilena de Electricidad alimenta el grupo de subestaciones de distribución de San Cristóbal, Ochagavía y Carrascal, en el anillo de circunvalación de Santiago, y la Subestación de Las Vegas, en la provincia de Valparaíso.

El Sistema Cipreses comprende además de la transmisión de 154 kV de un circuito entre la Subestación de Itahue y la Subestación Charrúa, perteneciente esta última al Sistema Hidroeléctrico de Abanico, que abastece las provincias de Ñuble, Concepción, Arauco y Bio Bio, en la Cuarta Región del Plan de Electrificación del país. Mediante esta línea es posible enviar excedentes de energía de la Central Abanico hacia el norte, como también apoyar a dicho sistema desde la Central Cipreses en caso de paralización de la Central Abanico.

En el futuro se piensa alimentar la Subestación de Parral desde la línea de 154 kV Itahue-Charrúa.

Con la puesta en servicio de esta línea, hoy día el país ha quedado eléctricamente interconectado en una extensión de más de 700 kilómetros; en efecto,



3.ª Y 4.ª REGIONES GEOGRAFICAS. DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA CIPRES Y OTRAS INSTALACIONES DE LA ENDESA.

el Sistema de la Cia. Chilena de Electricidad Ltda. y los Sistemas de Cipreses y Abanico, de la ENDESA, abarcan una zona comprendida entre el puerto de Los Vilos, por el norte, y la ciudad Victoria, por el sur. El puerto de Los Vilos estará alimentado desde la Subestación de La Ligua, a través de un sistema de líneas de distribución de 23 kV.

## 0.2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CIPRESES

La potencia máxima que puede desarrollar la Central Cipreses es de 103 000 kW. Para obtener un mayor aprovechamiento del régimen hidrológico del río se empleará la laguna de La Invernada como embalse de regulación. Mediante un tranque en el desagüe de la laguna es posible peraltar el nivel actual de ella en 16 m. y con una fluctuación total de dicho nivel de 36 m. se puede disponer de un volumen de regulación de 150 millones de m<sup>3</sup>, que equivalen a 115 millones kWh. El régimen de funcionamiento de la Central consulta el aprovechamiento, durante los meses de invierno, de la energía acumulada en el embalse. Debido a los grandes gastos del río durante el deshielo, el embalse estará generalmente lleno a principios de invierno; en estas condiciones el gasto medio anual del río Cipreses, aprovechable para la producción de energía, asciende aproximadamente a 18,5 m<sup>3</sup>/seg.

Teniendo presente las características de las centrales generadoras actualmente en funcionamiento en la Tercera Región Geográfica, y las que se instalarán en un futuro próximo, incluyendo la Central Rapel, se pueden establecer los siguientes valores para la energía que en promedio podrá generar anualmente la Central Cipreses:

Verano (octubre-marzo)	250 millones kWh.
Invierno (abril-septiembre)	190 millones kWh.
Total anual	440 millones kWh.

Parte de la energía generada en la Central Cipreses se destinará a los consumos de la Tercera Región Geográfica, situados entre las ciudades de San Fernando y Parral, que, como ya se ha explicado, se distribuirá mediante un sistema de líneas de 66 kV. La otra parte de la energía se entregará al Sistema de la Compañía Chilena de Electricidad Ltda., en la Subestación Cerro Navia, en donde se cuenta con un banco autotransformador de 150/110 kV de 126 000 kVA. Como se puede apreciar, la capacidad de las instalaciones mencionadas permitirá distribuir no sólo la energía de la Central Cipreses, sino que también de la Central Isla, a que ya nos hemos referido anteriormente.

Para permitir el transporte de la energía de Cipreses hacia Santiago en condiciones óptimas desde el punto de vista de las pérdidas y para poder regular el voltaje de acuerdo con las diferentes condiciones de carga, se ha proyectado la instalación de un condensador síncrono y un banco de condensadores estáticos en la Subestación Cerro Navia con una capacidad total de 45 000 kVA, para la fecha de puesta en servicio de la Central Isla.

### 0.3 ESFUERZO NACIONAL

Al igual que las demás obras realizadas hasta la fecha, el Sistema Cipreses ha sido totalmente proyectado y construido por ingenieros, técnicos y obreros de la ENDESA. En el proyecto se ha considerado como fundamental el empleo de materiales y equipos que racional y económicamente pueden fabricarse en el país; es así como todos los conductores de las líneas de 15,4, 66 y 13,2 kV son de cobre chileno manufacturado en Chile; las estructuras de acero para dichas líneas y las estructuras de las subestaciones son elaboradas en el país con acero en su mayor parte de procedencia nacional; los revestimientos metálicos del túnel, las compuertas y otros mecanismos, los tableros de comando, los transformadores de 13,2 kV, etc., son ejemplos de los materiales y equipos fabricados en Chile. La política seguida en estas materias ha contribuido a dar auge a las industrias del ramo, como también a aumentar la experiencia en la manufactura de elementos que antes no se fabricaban o se hacían en escalas reducidas. En lo que respecta a las maquinarias y equipos que no se fabrican en el país, la ENDESA ha hecho una rigurosa selección, comprando separadamente estos equipos de cada fabricante que por su grado de especialización puede proveer lo mejor en las condiciones más ventajosas; esto ha exigido de los técnicos de la ENDESA la realización de proyectos elaborados en Chile hasta en sus menores detalles, lo cual ha significado el ahorro de importantes sumas, como la que representan los servicios técnicos, los que, de lo contrario, habrían tenido que contratarse fuera del país.

### 0.4 FINANCIAMIENTO DE LAS ADQUISICIONES EN EL EXTRANJERO

Es necesario destacar muy especialmente que la realización del Sistema Cipreses ha sido posible gracias a la colaboración del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, el que, mediante un crédito por US\$ 13 500 000, otorgado a la Corporación de Fomento de la Producción de Chile y a la Empresa Nacional de Electricidad, S. A., ha permitido financiar la adquisición del equipo y material que ha sido necesario obtener en el extranjero de una serie de obras de la ENDESA, entre las cuales está el Sistema Cipreses. Dicho sistema constituye la última de las obras que se han construido con el apoyo financiero del mencionado crédito; las otras, que ya se encuentran en servicio, son: la ampliación de la Central Diesel Eléctrica de Copiapó, la ampliación de la Central Hidroeléctrica de Pilmaiquén y el Sistema Hidroeléctrico de Los Molles. Todas estas obras se encuentran funcionando con éxito y contribuyen al abastecimiento de energía de otras regiones del país.

Además del apoyo financiero del Banco Internacional, que en lo que respecta a Cipreses asciende a US\$ 7 202 000, la adquisición del equipo principalmente relacionado con la 3.<sup>a</sup> unidad generadora de la Central se ha financiado con recursos del presupuesto nacional de divisas, lo que ha ascendido a US\$ 1 160 000.

Mediante el crédito otorgado por el Banco Internacional, la ENDESA ha tenido la oportunidad de adquirir los equipos que se fabrican en varios países en las condiciones más favorables. A continuación se da un resumen del valor de las adquisiciones efectuadas con cargo a dicho crédito en los diferentes países.

País	Valor equivalente miles US\$	% total de adquisiciones
Estados Unidos . . . . .	3 169	50
Alemania . . . . .	1 384	22
Suiza . . . . .	624	10
Bélgica . . . . .	414	6
Francia . . . . .	338	5
Inglaterra . . . . .	229	4
Austria . . . . .	103	2
Luxemburgo . . . . .	41	1
Suecia . . . . .	21	
Italia . . . . .	14	

La diferencia entre el valor total del crédito y el valor del equipo adquirido corresponde a gastos que no constituyen adquisiciones, como seguros, fletes, gastos de inspección, etc.

## 0.5 COSTO DE LAS OBRAS

En atención a que la construcción de las obras del Sistema Cipreses ha demorado más de 5 años y, durante este período, tanto el poder adquisitivo del peso como los niveles de precios y salarios dentro del país han variado fundamentalmente, así como también la relación oficial entre el peso y el dólar, no es posible determinar el costo final de dichas obras, tomando en cuenta las sumas invertidas hasta la fecha sobre la base del costo original de ellas. Por este motivo, la determinación del costo, en lo que respecta a las inversiones en moneda nacional, se ha hecho sobre la base de la estimación del costo de reemplazo nuevo a una fecha determinada, que se ha fijado en el 30 de junio de 1955.

### NOTAS:

- (1) Incluye el patio de 66 kV.
- (2) No incluye el equipo de condensadores para la transmisión desde el Maule de la potencia correspondiente a 3 unidades generadoras de Cipreses y la primera unidad de Isla.
- (3) Las Subestaciones de Linares, Chillán, Licantén y Cauquenes requerirán una inversión de US\$ 368 000.
- (4) Las Líneas Linares-Parral, Parral-Cauquenes, Itahue-Licantén requerirán una inversión de US\$ 143 000.
- (5) Incluido en la Central y en las subestaciones.

<b>CENTRAL CIPRESES</b>	Inversiones en el país en millones de pesos	Inversiones en moneda extranjera (miles US\$)	Total en millones de pesos
<b>Terrenos</b> .....	16	—	16
<b>Obras de Aducción</b>			
Bocatoma .. . . . . .	419	112	443
Túnel .. . . . . .	2 858	744	3 018
Chimenea de equilibrio .. . . . .	205	83	223
Tubería de presión .. . . . . .	571	780	739
<b>Subtotal</b> .. . . . . .	<b>4 053</b>	<b>1 719</b>	<b>4 423</b>
<b>Casa de Máquinas y Patio A. T.</b>			
Construcciones y mejoras .. . . .	308	89	327
Canal de desagüe .. . . . . .	37	82	55
Maquinarias y equipo .. . . . . .	1 425	3 109	2 093
<b>Subtotal</b> .. . . . . .	<b>1 770</b>	<b>3 280</b>	<b>2 475</b>
Caminos y Población .. . . . . .	110	30	117
<b>Total Central Cipreses</b> .. . . .	<b>5 949</b>	<b>5 029</b>	<b>7 031</b>
<b>SUBESTACIONES</b>			
<b>Subestación Itahue (¹)</b>			
Terrenos .. . . . . .	3	—	3
Construcciones y mejoras .. . . .	82	20	86
Maquinaria y equipo .. . . . . .	218	628	353
<b>Subtotal</b> .. . . . . .	<b>303</b>	<b>648</b>	<b>442</b>
<b>Subestación Cerro Navia (²)</b>			
Terrenos .. . . . . .	16	—	16
Construcciones y mejoras .. . . .	40	10	42
Maquinaria y equipo .. . . . . .	132	610	263
<b>Subtotal</b> .. . . . . .	<b>188</b>	<b>620</b>	<b>321</b>
<b>Subestaciones de 66 kV. (³)</b>			
Curicó, Talca y Linares .. . . . .	113	343	187
<b>Total Subestaciones</b> .. . . . . .	<b>604</b>	<b>1 611</b>	<b>950</b>
<b>LINEAS</b>			
Línea Cipreses-Santiago	1 368	834	1 547
Línea Itahue-Charrúa	492	256	547
<b>Líneas de 66 kV. (¹)</b>			
San Fernando-Curicó; Curicó- Talca; Talca-Linares	222	122	248
<b>Total Líneas</b> .. . . . . .	<b>2 082</b>	<b>1 212</b>	<b>2 342</b>
<b>Sistema de Comunicaciones</b>	35	(¹)	35
<b>TOTAL SISTEMA CIPRESES</b>	<b>8 670</b>	<b>7 852</b>	<b>10 358</b>

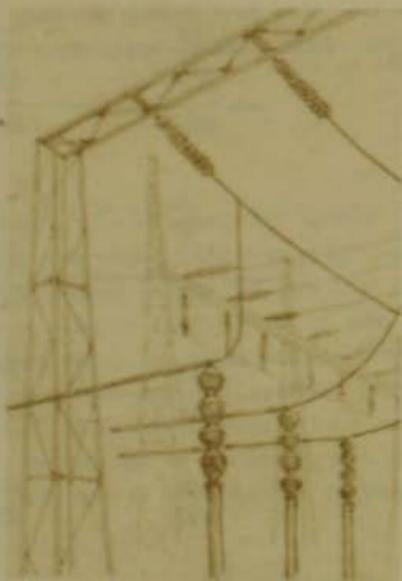
Notas, al frente

Para el equipo importado, cuyo costo no ha experimentado variaciones de importancia desde las fechas de adquisición hasta el 30 de junio, se han adoptado el valor original y la equivalencia oficial fijada actualmente para la ENDESA, de 215 pesos/dólar norteamericano.

Debe recalcar el hecho de que las cifras que aquí se dan, por las razones ya anotadas, tienen el carácter de estimaciones.

Con la equivalencia de peso a dólar adoptada, las inversiones en moneda extranjera representan un 16,3% del valor total de las obras.

Los valores totalizados que se desprenden del cuadro anterior, por una parte, no representan el valor del Sistema Cipreses completo, debido a que no se ha incluido el valor de algunas líneas y subestaciones de 66 kV, que se construirán en el futuro, y, por otra, incluyen instalaciones que servirán también para transmitir energía a Santiago de otras centrales.



# 1. CENTRAL CIPRESES

## 1.0 GENERALIDADES

La Central Cipreses aprovecha las aguas del río del mismo nombre, afluente del Maule que nace en la laguna de La Invernada, la cual le sirve como embalse de regulación.

La laguna de La Invernada ha sido formada por un tranque de lava proveniente del volcán Los Hornos, que se levanta en la ribera poniente del valle. Tiene la laguna una superficie de 3,4 km<sup>2</sup>, medida con el agua a la cota 1 300 m sobre el nivel del mar, que era su nivel normal antes de la construcción de la Central. La laguna está alimentada por los ríos Barroso e Invernada, con una hoya hidrográfica de 850 km<sup>2</sup>, incluyendo la hoya propia de la laguna. El régimen hidrológico de estos ríos es preponderantemente glacial, con crecidas de deshielo en primavera y verano y con un pequeño aumento del gasto en invierno, provocado por las lluvias.

El material del tranque natural de lava que formó la laguna es permeable y, a pesar de estar parcialmente colmatado por la piedra pómez que arrastran los ríos, una parte importante del gasto afluente a la laguna se filtra a través de dicho tranque. En el sitio denominado Ojos de Agua, ubicado más o menos a 6 km aguas abajo de la laguna, aparecen numerosas filtraciones, las que en conjunto ascienden a 11 m<sup>3</sup>/seg., valor que permanece prácticamente constante a lo largo del año. Estas filtraciones, en consecuencia, no se pueden aprovechar por el momento.

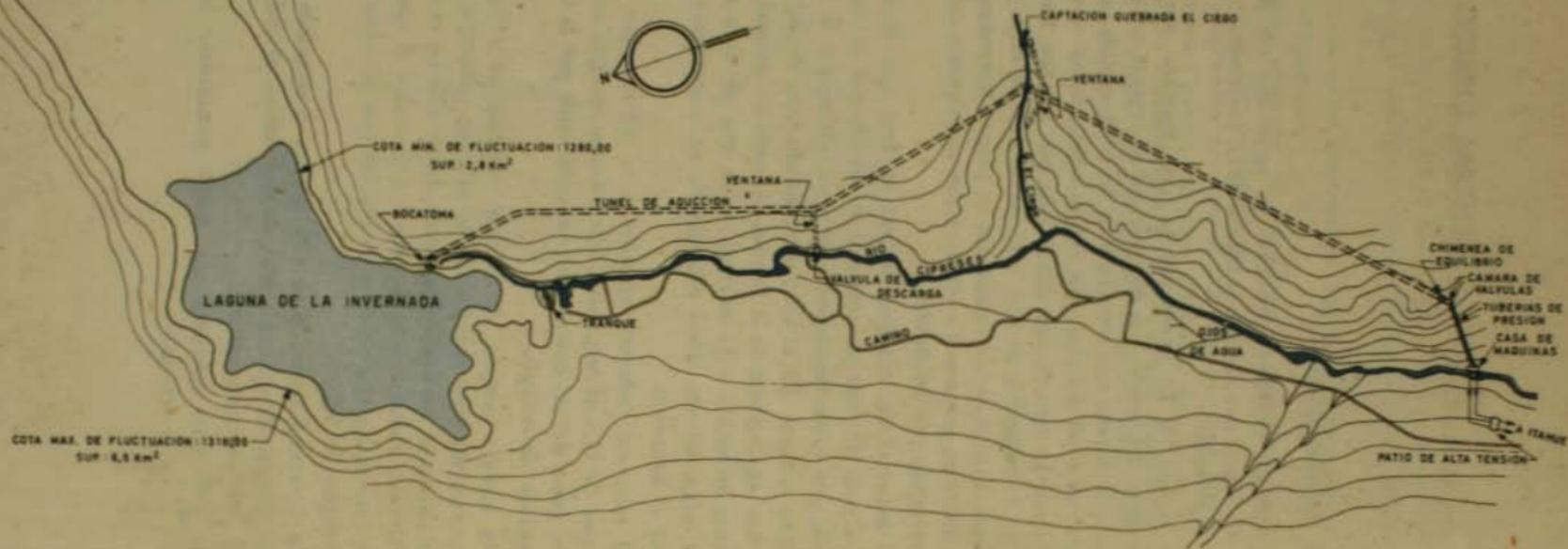
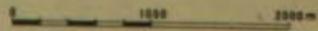
El resto del volumen afluente a la laguna, que representa un gasto medio anual de 25,5 m<sup>3</sup>/seg., rebalsaba sobre el tranque de lava, constituyendo la parte del gasto del río que es ahora aprovechable por la Central Cipreses para la producción de energía.

Un túnel a presión, de 8,5 km de longitud y 3,6 m de diámetro, proyectado para un gasto máximo de 36 m<sup>3</sup>/seg., conecta directamente la bocatoma con la chimenea de equilibrio, desde donde sale un corto túnel hasta la cámara de válvulas, ubicada en la superficie del terreno. A partir de la cámara de válvulas se desarrollan tres tuberías de presión que permiten aprovechar una caída bruta máxima de 370 m.

La Central Cipreses tiene tres grupos constituidos cada uno por una turbina de impulso de eje horizontal, de dos ruedas, ubicadas a cada lado del generador eléctrico correspondiente.

Las potencias máximas que puede suministrar la Central se indican en la tabla que se acompaña.

# PLANTA GENERAL DE LAS OBRAS DE LA CENTRAL CIPRESES



## POTENCIA MAXIMA GENERABLE PARA DIVERSOS NIVELES DE LA LAGUNA, CON 1, 2 ó 3 UNIDADES EN FUNCIONAMIENTO

Nivel de la Laguna	Una Unidad		Dos Unidades		Tres Unidades	
	m <sup>3</sup> /seg.	kW	m <sup>3</sup> /seg.	kW	m <sup>3</sup> /seg.	kW
1 280	11,7	32 100	23,2	61 500	34,2	86 400
1 300	12,05	35 300	23,9	67 900	35,1	95 800
1 316	12,35	37 500*	24,4	72 900*	36,1	103 500

\* Limitada por la capacidad de los generadores.

### 1.1 TRANQUE

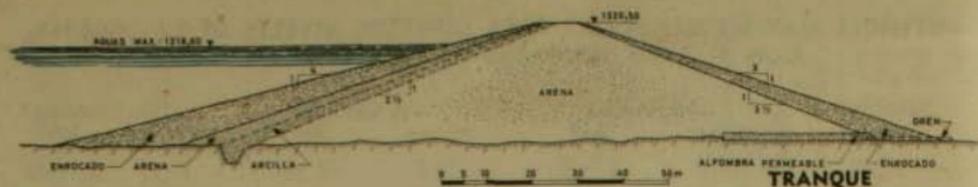
El valle del río Cipreses tuvo en épocas pasadas una profundidad mucho mayor que la actual, siendo rellenado posteriormente por aluviones. En épocas recientes, la lava proveniente del volcán Los Hornos cerró el valle con un tranque natural de alrededor de 100 m de altura, detrás del cual se ha formado la laguna de La Invernada.

La capacidad de embalse de esta laguna se ha aumentado con un tranque artificial de tierra ubicado en el desagüe de ella, que está constituido por una garganta de poca profundidad labrada por el río Cipreses.

La longitud del tranque es de 350 m, con una altura máxima sobre el fondo del río de 28 m. El ancho del coronamiento es de 10 m, con taludes 4/1 aguas arriba y 3/1 aguas abajo. La cota del coronamiento es la 1 320,50.



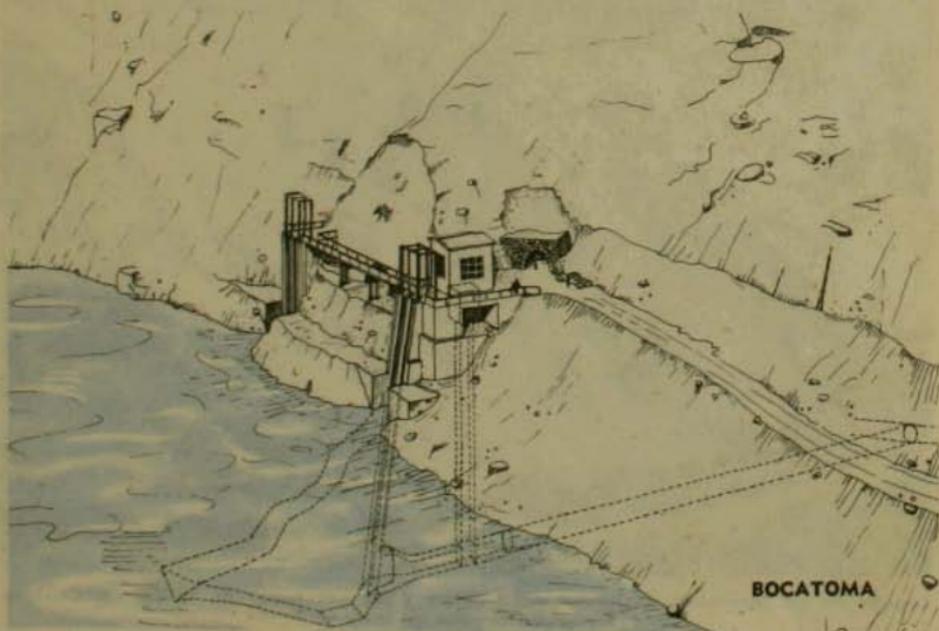
Laguna de La Invernada. Ubicación del tranque y las bocatomas de la Central Cipreses.  
(Fotografía tomada en invierno.)

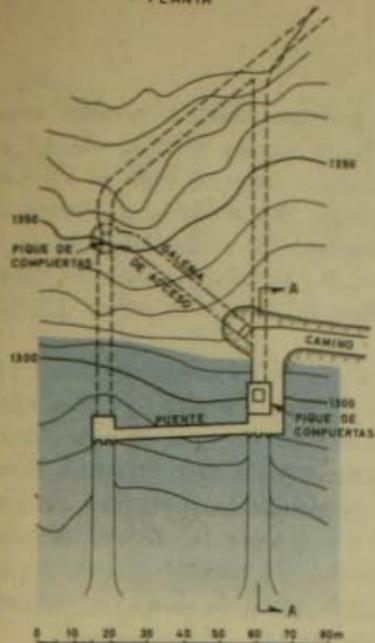


La parte central del tranque está formada por un grueso núcleo de arena; inmediatamente aguas arriba se ha ubicado la zona impermeable de arcilla, encima de la cual va una delgada capa de arena y finalmente una gruesa capa de enrocado. Aguas abajo del núcleo central de arena se ha dispuesto también una capa de enrocado.

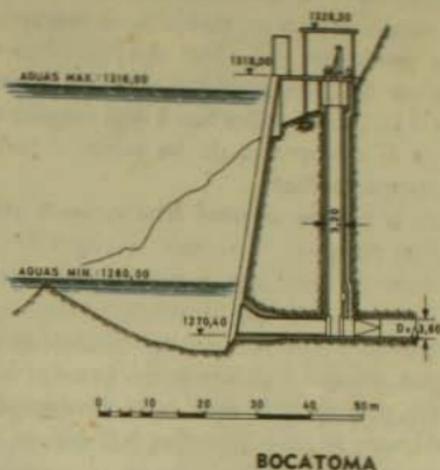
Para evacuar las crecidas afluentes a la laguna se ha previsto un dispositivo combinado de vertedero y compuerta, capaz de extraer un gasto de  $400 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , ubicado en la formación porfirítica del lado oriente del valle. Consta de un vertedero de 53 m de longitud a la cota 1316 y una compuerta de 3,5 m de ancho por 3 m de alto, cuyo radier coincide con el del canal colector del vertedero. A continuación se desarrolla un rápido que conduce las aguas al lecho del río, donde se ha proyectado un dispositivo para evitar la socavación al pie de la obra.

En consideración a las importantes pérdidas de agua que se producen a través del tranque natural de lava que cierra la laguna, se realizará más adelante una faena de impermeabilización de dicho tranque mediante la colocación de una alfombra de arcilla; esta impermeabilización permitirá aprovechar en la Central Cipreses la mayor parte de las filtraciones que actualmente se escapan en Ojos de Agua, lo que aumentará considerablemente la energía producida en la Central.





CORTE A-A



BOCATOMA

## 1.2 BOCATOMA

La captación de agua de la Central Cipreses consulta dos tomas paralelas, ubicadas en el talud de roca diorítica de gran pendiente al lado oriente de la laguna de La Invernada. Estas tomas permiten extraer el agua de la laguna hasta la cota 1 280, o sea, 20 m bajo el nivel normal anterior a la construcción de la Central y 36 m bajo la cota del vertedero del tranque.

La ubicación de la bocatoma se eligió en consideración a la calidad de la roca y a la profundidad de la laguna necesarias para la ejecución de la obra.

Las dos tomas están ubicadas a 50 m una de la otra; cada una de ellas es capaz de alimentar normalmente a la Central. Esta solución permite ejecutar los trabajos de construcción de la bocatoma con la Central en funcionamiento y asegura además la marcha de la Central en caso de desperfecto de una de ellas. Se han colocado rejas metálicas en los embudos de entrada de las tomas, destinadas a impedir la entrada de cuerpos que pueden dañar las máquinas. Se dispone de una máquina limpia-rejas que mediante un puente de maniobra podrá operar las dos tomas.

Tanto las compuertas principales como las de emergencia de ambas tomas que controlan la entrada del agua del túnel de aducción están ubicadas en los piques verticales construídos para este fin.

Las compuertas principales son del tipo de rodillos y están diseñadas para abrirse con carga máxima por el lado de aguas arriba únicamente y cerrarse con el gasto máximo de 36 m<sup>3</sup>/seg. Están operadas por presión de aceite mediante un grupo moto-bomba. Las compuertas de emergencia que están colocadas aguas arriba de las principales sólo se pueden abrir con igual presión a ambos lados y están accionadas con un huinche de 15 toneladas operado eléctricamente.

### 1.3 TUNEL DE ADUCCION

La aducción de la Central está constituida por un túnel a presión capaz de conducir un gasto máximo de 36 m<sup>3</sup>/seg. Es de sección circular, de 3,6 m de diámetro interior, revestido de concreto, y tiene una longitud total de 8 635 m. Las pendientes del túnel son variables a lo largo del trazado, en forma de obtener desagües gravitacionales hacia las tres ventanas de ataque ubicadas en el km 3 122, km 5 052 y km 8 400, respectivamente. La pendiente media del túnel, entre la confluencia de las tomas y la chimenea de equilibrio, es de 3,5 ‰, aproximadamente.

Dada la presión interior relativamente elevada a que está sometido el túnel (50 a 87 m de agua), el trazado se eligió de manera de tener un techo de roca sobre la clave del túnel por lo menos igual a la carga máxima de agua en cada punto. El macizo rocoso que atraviesa el túnel es de características muy variables. Entre la bocatoma y el km 3,5, aproximadamente, se encuentra roca diorítica sin oxidación, aunque algo agrietada. Entre el km. 3,5 y la cámara de válvulas, el túnel queda dentro de la roca de la formación porfirítica. La calidad del terreno en este tramo es muy irregular, habiéndose encontrado zonas de roca descompuesta que provocaron dificultades en la ejecución de la obra.

El estado de fatiga inicial de la roca se midió con extensómetros eléctricos *Strain Gages*; los resultados obtenidos mostraron que la roca estaba sometida a una compresión apreciablemente superior a la tracción correspondiente a la futura presión del agua, lo que confirmó la capacidad de la roca para permitir la ejecución de un túnel a presión.

El revestimiento de concreto es de espesor variable de 0,1 a 0,4 m, según sea la calidad de la roca. En las zonas de roca descompuesta se disminuyó el diámetro del túnel y se agregó un revestimiento metálico que sirvió además de molde para el concreto.

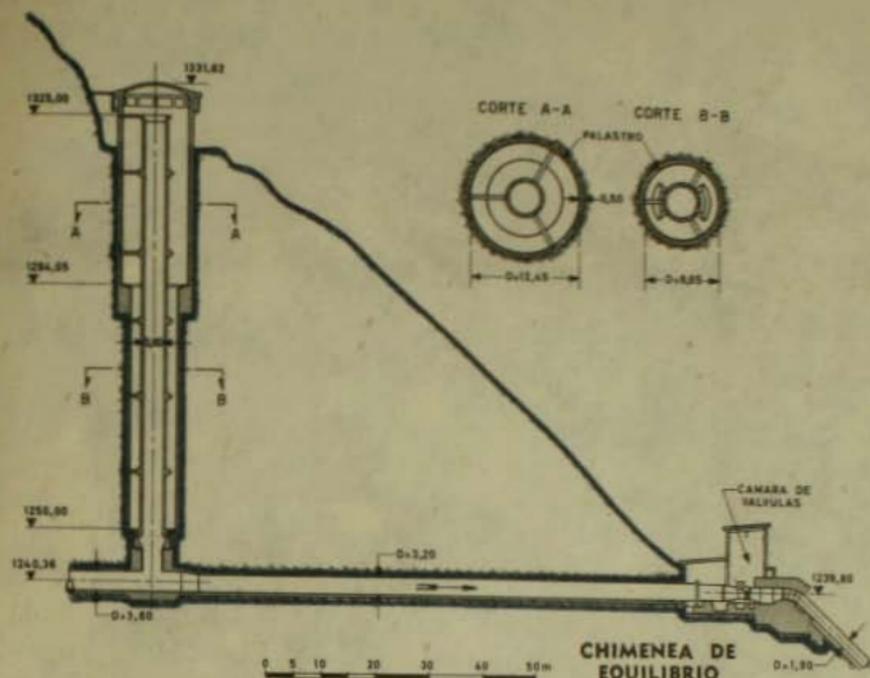
El espesor del palastro se fijó en forma de tomar el total de la presión interior del agua en aquellas zonas en que la calidad del terreno no daba seguridad en cuanto a resistir los esfuerzos de tracción.

Las zonas revestidas de palastro tienen una longitud total de 548,80 m, incluyendo el tramo final contiguo a la cámara de válvulas.

Entre el palastro y el concreto se dejaron espesores de concreto variables entre 0,3 y 0,5 m, según la calidad de la roca.

Después de terminado el revestimiento se procedió a realizar un extenso programa de inyecciones de cemento a presión, destinado a rellenar los huecos que hubiesen quedado entre roca y concreto y a consolidar la roca que rodea al túnel. La ventana ubicada en el km 3 122 se aprovechó para colocar una válvula de desagüe del túnel. Este dispositivo permite entregar al río el agua requerida por el regadío de la zona abastecida por el río Maule en caso de falla de la Central, de acuerdo con el convenio suscrito con la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas.

El trazado del túnel cruza bajo una quebrada, denominada del Ciego, que trae una cantidad de agua de cierta consideración, por lo cual se ha captado desviando



su caudal directamente hacia el túnel de aducción. Esta obra permite suministrar un gasto máximo de  $0,7 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y los datos hidrológicos que se tienen permiten prever un aprovechamiento de  $0,45 \text{ m}^3/\text{seg.}$  como gasto medio anual.

#### 1.4 CHIMENEA DE EQUILIBRIO

La chimenea de equilibrio, ubicada en el km 8 536, cerca del extremo del túnel, es del tipo diferencial. Está proyectada para absorber el rechazo brusco del gasto de las tres máquinas a plena carga, con nivel máximo en el embalse, y para suministrar el gasto correspondiente al aumento brusco de potencia de una a tres máquinas con nivel mínimo en el embalse. Esto se logra mediante un tubo central que está comunicado con el depósito exterior por medio de un sistema de orificios, y el escurrimiento a través de ellos amortigua las oscilaciones provocadas por las variaciones bruscas de carga.

#### 1.5 CAMARA DE VALVULAS

En la salida del túnel a presión a la superficie del terreno se encuentra una cámara que contiene la pieza especial de trifurcación y las válvulas de entrada a las tuberías de presión.

La pieza de trifurcación se conecta aguas arriba con el revestimiento metálico del túnel de 3,2 m de diámetro y aguas abajo con las tres tuberías de presión de 1,9 m de diámetro correspondientes a cada una de las unidades generadoras de la Central.



Vista, desde el lado de aguas abajo, de la Casa de Máquinas, mostrando los transformadores de subida y cuerpo de edificio correspondiente a la Sala de Comando y oficinas.

BIBLIOTECA NACIONAL  
SECCIÓN CHILINA

Las válvulas de entrada a las tuberías están ubicadas inmediatamente aguas abajo de la pieza de trifurcación. Son de mariposa, de 1,9 m de diámetro. Están diseñadas para cerrarse automáticamente cuando la velocidad del agua en las tuberías excede en un cierto porcentaje a la velocidad correspondiente al gasto máximo de cada unidad.

Aguas abajo de cada válvula de mariposa se han instalado válvulas automáticas de entrada de aire, para impedir el aplastamiento de las tuberías a raíz de un cierre brusco de las válvulas.

Formando parte del trozo de cada tubería que queda embebido en el primer anclaje se encuentra un separador de piedras.

## 1.6 TUBERIAS DE PRESION

Las tuberías de presión tienen una longitud total de 535 m cada una. Son de planchas de acero de espesor variable, de 10 y 27 mm.

Cada tubería está constituida por 5 tramos, limitados por seis anclajes de hormigón que se han ubicado en los cambios de pendiente del trazado. En los dos primeros tramos las tuberías tienen un diámetro interior de 1,90 m y una longitud de 240 m, y en los dos tramos siguientes, un diámetro de 1,70 m y una longitud de 250 m.

Los anclajes inferiores contienen las piezas de bifurcación, en donde cada tubería se divide en dos ramas de 1,20 m de diámetro interior, destinadas a alimentar las dos ruedas de cada unidad generadora. La longitud media de estas ramas es de 45 m, aproximadamente.

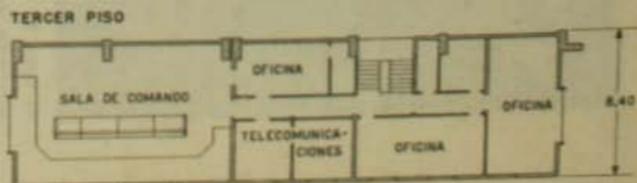
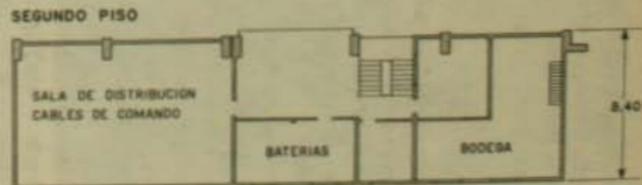
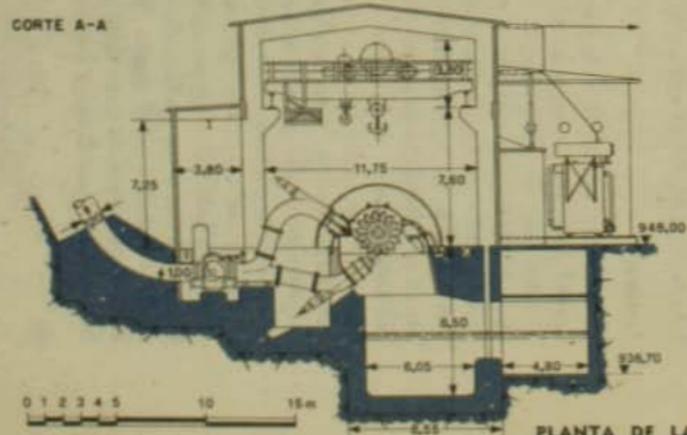
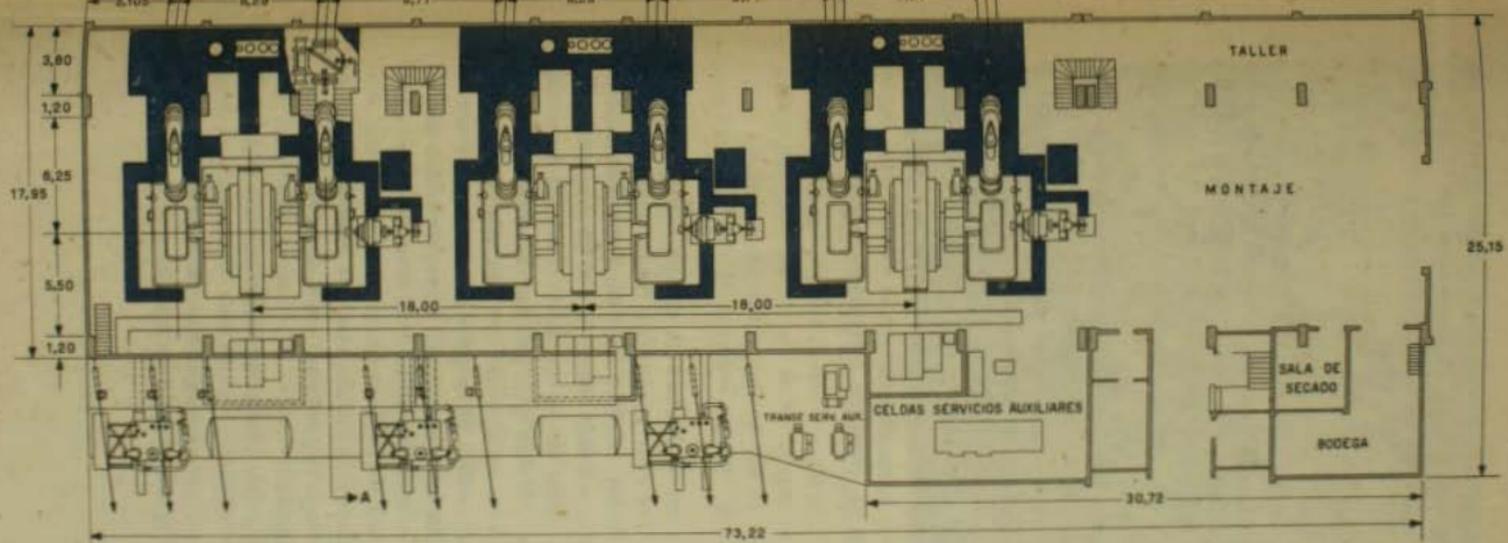
Los tubos normales tienen una longitud de 6 m, con los extremos diseñados en forma de obtener uniones de enchufe soldadas que fueron realizadas en el terreno.

Al costado de las tuberías se construyó un funicular de 6 toneladas de capacidad máxima, que se empleó en la construcción de las sillas y anclajes y en el montaje de las tuberías.

## 1.7 CASA DE MAQUINAS

La Casa de Máquinas es una estructura de hormigón armado, ubicada paralelamente al río, cerca del talud del cerro, de modo que ha quedado totalmente fundada en roca. Sus dimensiones principales aparecen en el esquema que se acompaña.

Consta de un cuerpo principal destinado a la sala de máquinas y de un patio de montaje. Al costado oriente, y en todo el largo de la nave principal, existe un cuerpo auxiliar que corresponde a la galería de válvulas y taller de reparaciones. En el costado poniente de la infraestructura de la nave principal se encuentra el canal de evacuación de las turbinas. Sobre este canal se desarrolla la galería de cables, que tiene una longitud igual a la de la sala de máquinas. La losa de cielo de esta galería constituye el patio de transformadores. En el extremo surponiente de la Casa de Máquinas, sobre la galería de cables y el canal de desagüe, se ha levantado un cuerpo de tres pisos, donde se encuentra la sala de comando, servicios auxiliares y oficinas.



**PLANTA DE LA CASA DE MAQUINAS.**

La superestructura del cuerpo principal está constituida fundamentalmente por marcos rígidos de hormigón armado. Los pilares de los marcos llevan consolas sobre las cuales se han ubicado dos vigas metálicas longitudinales para el movimiento del puente grúa.

## 1.8 CANAL DE DESAGÜE

El canal de desagüe recibe el gasto de las turbinas de la Central Cipreses y lo entrega al futuro canal de aducción de la Central Isla. Durante el período comprendido entre la puesta en marcha de la Central Cipreses y la de la Central Isla, el agua se vaciará directamente al río Cipreses mediante un ramal del canal de desagüe. El proyecto se ha hecho de modo que en ningún caso el nivel del agua frente a las turbinas sobrepase la cota 941,60.

A la salida de la Casa de Máquinas, el canal de desagüe se desarrolla como acueducto abovedado de concreto armado, de 5,5 m de ancho y 4,15 m de altura total. Aguas abajo del punto en que se separa el ramal del canal de desagüe al río Cipreses se ha ubicado una compuerta para facilitar en el futuro la conexión con el canal de aducción de la Central Isla.

En el extremo del canal de desagüe al río, más o menos a 30 m de la Casa de Máquinas, se ha ubicado una estructura de tres compuertas que permite desviar el agua ya sea hacia el río Cipreses o hacia el canal de la Central Isla. Aguas abajo de las compuertas se desarrolla un canal sin revestimiento hasta el cauce actual del río Cipreses.

## 1.9 INSTALACIONES MECANICAS

### Turbinas

Las turbinas son del tipo de impulso, de eje horizontal, de dos ruedas por cada unidad generadora, con dos chórros por cada rueda. Las ruedas están ubicadas a ambos lados del generador, en volado con respecto a los descansos. Las turbinas están diseñadas para desarrollar una potencia máxima de 52 400 HP, con una caída neta de 358,5 m. La velocidad de rotación de las unidades es de 375 rev./min. y la velocidad de embalamiento es de 690 rev./min. Las turbinas y sus dispositivos de regulación también pueden operar cada grupo con una sola rueda.

Las características de la caída harían posible el empleo de turbinas ya sea de impulso o del tipo Francis. La elección de la turbina de impulso se hizo debido a la inseguridad en el buen comportamiento de una turbina Francis con las aguas cargadas de piedra pómez de la laguna de La Invernada.

La caja de la turbina es de fierro fundido bipartida, con una tapa que permite desmontar fácilmente los rodetes. La tapa se prolonga hacia abajo como revestimiento de palastro del pozo de las turbinas.

Las ruedas son de acero fundido en una sola pieza, con recubrimiento soldado de acero inoxidable en el fondo de los álabes.

Los inyectores son de acero fundido, y llevan en su extremo una tobera desmontable, que junto con la aguja permiten regular el gasto de la turbina de acuerdo con



Sala de Máquinas de la Central Cipreses.

la carga. La punta de las agujas y el anillo de asiento de éstas en la boquilla son de acero inoxidable, fácilmente recambiable. Para las descargas bruscas, cada inyector está provisto de un deflector que desvia el chorro.

Cada rueda está equipada con un chorro de freno, destinado a obtener una detención rápida de la máquina en casos de emergencia.

#### Reguladores de velocidad

Los reguladores de velocidad son del tipo tacométrico doble y accionan los deflectores y las agujas mediante aceite a presión. Las variaciones de carga son registradas por un péndulo centrífugo, accionado por un motor eléctrico conectado al generador de imanes permanentes. Este péndulo controla el actuador, que a su vez comanda las cuatro agujas y sus deflectores por un sistema de válvulas y servomotores. Cada aguja tiene su servomotor independiente, de modo que se puede operar el grupo con uno o más chorros.

Para variaciones lentas de carga, el regulador opera la aguja solamente; en cambio, para descargas bruscas el deflector actúa rápidamente, desviando parte o el total del chorro, mientras la aguja toma lentamente la posición que le corresponde. El tiempo de cierre de los inyectores está calculado en forma de no exceder la presión de las tuberías en un 10% sobre la presión estática máxima.

El sistema de aceite de los reguladores se ha proyectado de modo que puedan ser interconectados; en caso de falla de uno de ellos, su estanque puede ser alimentado desde el estanque de cualquiera de los otros dos reguladores, ya que las bombas tienen capacidad para el funcionamiento de dos unidades.

## Válvulas rotatorias

Cada turbina está precedida de dos válvulas rotatorias de 1 m de diámetro, para cada una de las ruedas de la unidad. El diseño de las válvulas consulta el poder cortar el gasto correspondiente a plena carga de las unidades. Los tiempos de cierre y apertura de las válvulas se fijaron en 100 seg.

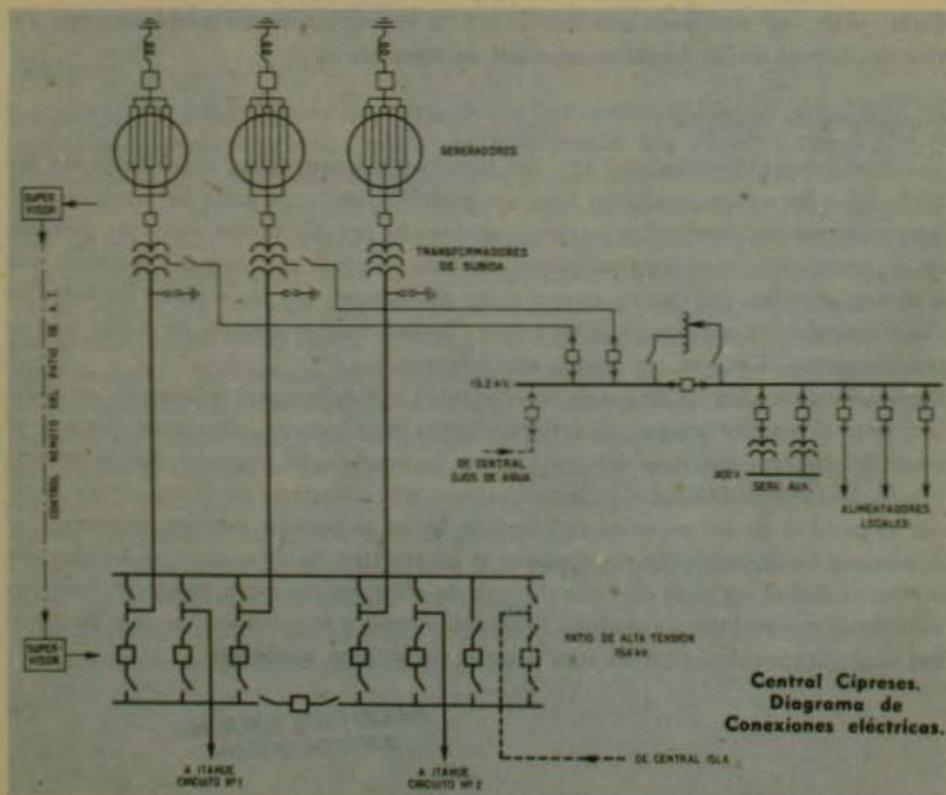
Las válvulas están constituidas por una caja de acero fundido partida, dentro de la cual gira una parte rotatoria tubular, que en posición abierta toma la dirección de la corriente, en forma de dar paso al gasto sin ninguna perturbación. En la posición de cierre, la obturación se efectúa mediante un disco con sello de acero inoxidable, alojado en el cuerpo rotatorio móvil.

El accionamiento de las válvulas se efectúa mediante aceite a presión, salvo el disco del sello, que es operado mediante agua a presión de las tuberías. El aceite es suministrado por un grupo de bombeo, independiente del sistema de aceite del regulador.

Las válvulas están ubicadas en una galería especial, al costado oriente de la Casa de Máquinas, a lo largo de la cual corre un tecele que permite el montaje y desmontaje de las válvulas.

## Compuertas de descarga de las turbinas

Las turbinas descargan en un pozo que está comunicado con el canal de desagüe al río por un pequeño vertedero. Para independizar cada rueda se han colocado compuertas sobre dicho vertedero, que son accionadas mediante tecele desde el interior de la Casa de Máquinas.



### **Puente grúa.**

El movimiento del equipo dentro de la Casa de Máquinas se efectúa mediante un puente grúa de 100 toneladas de capacidad máxima, con un equipo de levantamiento auxiliar de 15 toneladas. El izamiento máximo del gancho principal es de 11 m, con una velocidad de 1,2 m/min.; el izamiento máximo del gancho auxiliar es de 13,5 m, con una velocidad de 8 m/min.

### **Taller**

En el costado oriente de la Casa de Máquinas se ha ubicado el taller destinado a la mantención y reparación del equipo de la Central.

La maquinaria herramienta consultada incluye un torno, dos taladros, una cepilladora, equipo para soldar, compresora de aire, gatos, teclés y herramientas diversas.

## **1.10 INSTALACIONES ELECTRICAS**

El esquema eléctrico general de la Central está concebido según lo que usualmente se denomina "esquema unitario", es decir, cada generador está conectado directamente a su transformador de subida, que a su vez está interconectado con los transformadores de subida correspondientes a los otros generadores en el lado de alto voltaje, en este caso 154 kV, sin existir interconexión al voltaje de generación de 13,8 kV. Los servicios auxiliares de la Central y las alimentaciones locales a 13,8 kV se han tomado de enrollados terciarios de los transformadores principales, con lo cual es posible reducir apreciablemente la capacidad de corto circuito del equipo derivado de ellos y eliminar el contacto metálico entre los generadores y las líneas aéreas para la distribución local.

### **Generadores**

Las características principales de cada una de las 3 unidades son: capacidad nominal, 31 000 kVA, más 15% de sobrecarga permanente (35 650 kVA); voltaje de servicio, 13 800 Volts  $\pm$  5%; factor de potencia, 0,95, 375 rev./min.; razón de corto circuito, 1,17, y momento de inercia, 115 t x m<sup>2</sup>, directamente acoplado en cada extremo del eje a uno de los rodetes de la turbina.

Los generadores son refrigerados por agua y circulación de aire en circuito cerrado.

El eje del rotor se apoya en dos descansos de pedestal, ubicado entre el rotor y cada rodete de la turbina.

A uno de los extremos del eje van acopladas directamente la excitatriz principal, de 150 kW, 250 V; la excitatriz piloto, de 7,5 kW., 250 V., y el grupo de seguridad de la turbina, que contiene un generador auxiliar de imán permanente para el accionamiento del regulador de velocidad.

El peso total de cada generador completo asciende a 200 toneladas.

El voltaje de los generadores es controlado individualmente por un regulador de voltaje de acción ultrarrápida. El enrollado del estator es del tipo de fase

partida. El neutro de los generadores está conectado a tierra a través de un reactor y un interruptor, el primero para limitar la corriente de corto circuito monofásico.

Cada generador va conectado a su transformador de subida a través de un interruptor de aire de 15 kW 1 500 A, 500 MVA de ruptura, mediante conexiones de 2 cables de 1 000 MCM por fase. La forma en que los generadores están protegidos contra diversas eventualidades está indicada en el cuadro correspondiente.

### Transformadores de subida

Cada transformador tiene las siguientes características: trifásico, 32 000 kVA nominales, tipo acorazado, refrigerado por agua con circulación forzada de aceite, 3 enrollados de las siguientes características:

Primario: 32 000 kVA, 13 200 V, delta, conectado al generador.

Secundario: 32 000 kVA, 154 000 V + 3 x 2½%, estrella con neutro sólido a tierra, protegido con pararrayos, conectado a los cables aéreos que alimentan el patio de alta tensión.

Terciario: 3 000 kVA, 13 200 V, estrella con neutro sólido a tierra, conectado al equipo que alimenta los consumos de servicios auxiliares de Casa de Máquinas y los consumos locales de la zona.

En atención a que la conexión de los enrollados de 154 kV es sólida a tierra y de que están protegidos por pararrayos directamente conectados, los transformadores se diseñaron con un nivel básico de impulso correspondiente a la clase de aislación de 138 kV, y cada fase tiene aislación que se reduce gradualmente hacia el lado del neutro, el que tiene un nivel de aislación correspondiente a 15 kV. El peso total de cada transformador es de 60 toneladas.

Además de su protección diferencial, estos transformadores disponen de protección Buchholz y también de una protección especial automática contra incendio a base de agua pulverizada en presión, sistema Mulsifyre.

### Batería de acumuladores

La fuente de energía para los circuitos de control, de protección y de emergencia está constituida por una batería de acumuladores alcalinos de níquel-cadmio de 125 V y 400 amperes-hora de capacidad.

### Servicios auxiliares

Para el consumo propio de la Central, operación de los mecanismos de boca-toma, funicular y otros servicios de la población, etc., así como para atender algunos consumos vecinos a la Central, se ha previsto una alimentación especial tomada de los enrollados terciarios de 13,2 kV de los transformadores de subida de la Central, que se efectúa mediante la conexión de estos terciarios a

una barra. Dicha barra, que está situada en el interior de la Casa de Máquinas en celdas blindadas, consta de dos secciones: a la primera se conectan por medio de interruptores enclavados entre sí dos de los transformadores principales; de la segunda sección salen cinco alimentadores, protegidos por sus correspondientes interruptores, dos de los cuales están destinados a los dos transformadores de 300 kVA cada uno, 13 200/400-231 V, para los servicios auxiliares de la Casa de Máquinas, y los tres restantes sirven líneas de distribución de la zona, entre los cuales se ha reservado una para la alimentación de los servicios auxiliares de la futura Central Isla. Entre ambas secciones de la mencionada barra hay un regulador automático de voltaje de 3 000 kVA de capacidad de paso, que permite mantener el voltaje deseado en los alimentadores locales independiente de las fluctuaciones del voltaje de los generadores motivadas por las necesidades impuestas por la transmisión a 154 kV. Todos los interruptores mencionados son en aceite, de la clase 15 kV., 1 200 A de servicio y 250 MVA de capacidad de ruptura, de diseño para celdas blindadas.

### Patio de alta tensión

El patio de alta tensión, que contiene el equipo de maniobra de 154 kV y el equipo de protección de la línea a Itahue, no pudo ubicarse en un lugar próximo a la Casa de Máquinas debido a que el espacio disponible lo constituía un antiguo lecho del río, con peligro de socavaciones en las creces; la habilitación de una superficie plana de dimensiones apropiadas para ubicar todo el equipo de maniobra en las proximidades de la Casa de Máquinas habría exigido enormes excavaciones en roca debido a la gran pendiente del cerro en esta zona.

El lugar más apropiado se encontró frente a la Casa de Máquinas, en la ribera opuesta del río Cipreses, y a una distancia de aproximadamente 400 m, sobre una plataforma natural protegida contra las erosiones del río y los posibles rodados.

La disposición del Patio corresponde a un sistema de barra principal y barra de transferencia, lo que permite la fácil inspección y reemplazo de cualquier interruptor por un interruptor de reserva. El equipo principal consiste en siete interruptores de aire comprimido y el correspondiente número de desconectores, de los cuales parte son operados a motor, para permitir ser comandados a distancia, y parte son de accionamiento manual. Las características de los interruptores se resumen en el cuadro correspondiente.

Además del control local del equipo del Patio desde la Casa de Comando vecina al Patio, existe control remoto desde la Casa de Máquinas sobre gran parte de este equipo, en tal forma que puede operarse sin necesidad de personal en este lugar. Debido a que el control remoto desde la Casa de Máquinas hubiera resultado costoso al hacerlo por el sistema convencional de control directo, dada la gran cantidad de cables que hubiera sido necesario emplear y la longitud relativamente grande de éstos (430 m en promedio), se adoptó el sistema de control remoto por medio de un equipo supervisor.

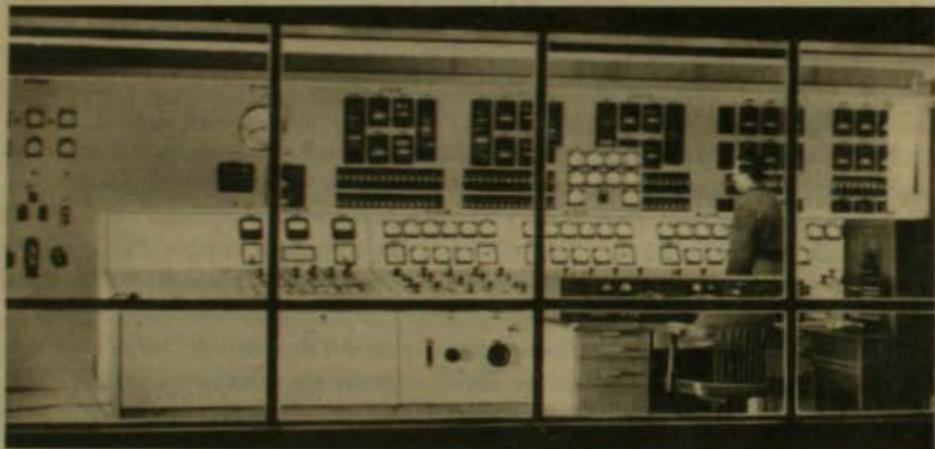
El equipo supervisor, constituido por una planta en el punto de mando (Sala

de Comando de la Casa de Máquinas de la Central) y otra planta en el punto comandado (Casa de Comando de la Subestación —Patio—, ubicada al otro lado del río Cipreses), funciona en principio como una planta telefónica automática y requiere sólo dos pares de conductores de control entre Casa de Máquinas y Patio: un par se emplea para el comando y señalización del equipo de maniobra y el otro para la telemedida de todas las cantidades eléctricas del Patio que interesa conocer en la Casa de Máquinas (voltajes en barras de 154 kV, corrientes en los circuitos de la línea Cipreses-Itahue).

De los siete interruptores de 154 kV del Patio, tres son para recibir los circuitos de poder de la Casa de Máquinas, dos para los dos circuitos de la línea Cipreses-Itahue, uno es el seccionador de la barra principal y el otro es el acoplador de barras.

Para el futuro se prevé la instalación de otro interruptor, igual a los anteriores, para la llegada del circuito de poder de la Central Isla, cuya energía se transmitirá a Itahue por la línea ya existente.

En el cuadro correspondiente puede verse el detalle de la protección empleada para los dos circuitos Cipreses-Itahue, que es válido también para los circuitos Itahue-Cerro Navia.



Sala de Control y Comando de la Central Cipreses.

#### Sala de Comando

En la Sala de Comando de la Casa de Máquinas se han ubicado todos los elementos de control, los instrumentos de medida y los relays de protección que permiten la operación de la Central Cipreses, o sea, el control del equipo de la Casa de Máquinas y de la Subestación. Todos estos elementos se encuentran ubicados en tableros y pupitres metálicos diseñados especialmente para adaptarse a la sala, construidos y alambrados totalmente en el país; en ellos se han montado los instrumentos, relays, luces de indicación y demás elementos de un conjunto seleccionado de fabricantes. En dichos tableros y pupitres se ha dejado previsto el espacio para agregar los elementos de control correspondientes a la futura central de Isla, cuya operación se efectuará desde este lugar.

En la Sala de Comando de la Casa de Máquinas existe además una planta telefónica automática que permite las comunicaciones entre Casa de Máquinas, subestación, bocatoma, Casa de Válvulas, etc., y todas las casas de la población de la Central Cipreses. Para las comunicaciones con el exterior, la planta telefónica se ha previsto para ser acoplada a los sistemas de comunicaciones por *carrier* y por radio propios de la ENDESA y puede acoplarse también a la red telefónica del país.

Se ha tomado en cuenta especialmente en el diseño de la Sala de Comando y Sala de Cables, que se ha previsto inmediatamente debajo de la primera, la accesibilidad a todos los elementos vitales, su fácil revisión y prueba, consultando los espacios y niveles de iluminación adecuados. La Sala de Comando se ha diseñado en forma que tenga el mínimo contacto con el exterior, a fin de evitar la entrada de polvo y de aire húmedo que pueden perjudicar el funcionamiento de los elementos vitales, como relays e instrumentos; por este motivo se ha dotado a ella de un equipo de aire acondicionado.

#### PROTECCIONES DE LOS GENERADORES DE LA CENTRAL CIPRESSES

1. Protección diferencial de fases (relays IJD General Electric).
2. Protección diferencial del generador (relays CFD General Electric).
3. Protección diferencial del grupo Gen. Transf. (relays HDD General Electric).
4. Protección de sobrevoltaje (relays IAV General Electric).
5. Protección de sobrecorriente (relays IAC General Electric).
6. Protección contra incendio (sistema extinguidor de anhídrido carbónico).
7. Protección de sobretemperatura de los enrollados (termostatos).
8. Protección contra embalamiento del grupo turbina-generador.
9. Protección de sobrecalentamiento de los descansos.
10. Protección contra falla de presión de lubricación.
11. Protección contra falla de circulación de agua de refrigeración.
12. Protección de masa del campo del gen. (relays PJG General Electric).

#### 1.11 INSTALACIONES PARA EL PERSONAL

Aproximadamente a dos km aguas abajo de la ubicación del Patio de Alta Tensión de la Central y vecino a la confluencia de los ríos Cipreses y Maule se encuentra una planicie en donde se ha ubicado la población del personal de explotación, que servirá también como residencia del personal necesario para la Central Isla, debido a la cercanía a que quedará esta última.

Dicha población consta inicialmente de 10 casas para empleados, entre los que se cuentan el ingeniero a cargo de ella y los operadores; 11 casas para obreros y una casa de huéspedes para el personal soltero y visitas, con capacidad para 15 alojados, que dispone de salas de entretenimiento, como billares y otros juegos, cantina, sala de lectura, etc., además de pulpería y sala de primeros auxilios. También se ha previsto un edificio para escuela capaz de atender a 80 alumnos. La población para el personal se ha diseñado dentro de un amplio espacio ur-



Población de la Central Cipreses. Foto tomada de noche.

banizado con jardines individuales y plaza para juegos infantiles. Todas las construcciones son hechas en albañilería de piedra, con techumbre de tejuelas de madera.

Además de la población principal a que se ha hecho referencia, se han consultado casas para el operador de la bocatoma en la laguna de La Invernada y cuidador del Patio de Alta Tensión de la Central.

Debe agregarse también que, para atender a las faenas de construcción de la Central Cipreses, y en el futuro de la Central Isla, existe otra población de empleados con casas de madera y con todas las comodidades necesarias, con capacidad para 80 familias, además de un casino con 11 dormitorios. Estas instalaciones serán mantenidas en el futuro, una vez cumplida su función de construcciones, como campamentos de veraneo y de reposo para el personal de la ENDESA.

La cercanía de las escarpadas montañas y la abundancia de cipreses y otros árboles naturales que crecen en la región, así como también la de arroyos y demás accidentes, hacen que este paraje tenga gran atractivo por su belleza, especialmente en la época de invierno, cuando se cubre de nieve.

Para la movilización del personal a los diferentes puntos se cuenta con la red de caminos que se ha utilizado durante el periodo de construcción. En atención a que la población se encuentra ubicada en la ribera opuesta del río Cipreses, en que está ubicada la Casa de Máquinas, se ha construido un puente de hormigón armado sobre el río Cipreses, vecino a la confluencia de los ríos Cipreses y Maule. Para el personal que desee cruzar el río desde la Casa de Máquinas al Patio de Alta Tensión se cuenta con un puente colgante para peatones.

Las comunicaciones del personal con los centros poblados se realizan por un camino de tierra de 80 km de longitud, que se mantiene en buen estado de conservación entre Cipreses y el pueblo de San Clemente; desde allí, por un camino pavimentado de simple vía, se comunica con la ciudad de Talca, la que se encuentra en el camino longitudinal de alta velocidad, actualmente terminado, entre Santiago y Chillán.

## 2. LINEAS DE TRANSMISION

### 2.0 GENERALIDADES

La energía generada en la Central se transmite por un sistema de líneas de 154 kV a las subestaciones de Itahue y Cerro Navia, esta última en Santiago, mediante la Línea Cipreses-Santiago. Las líneas del sistema comprenden además la Línea Itahue-Charrúa y el sistema de líneas de 66 kV, alimentado desde Itahue. Sólo una pequeña proporción de la energía se distribuye localmente mediante líneas de 13,2 kV, que abastecen los servicios propios, situados a distancia, tales como la bocatoma, la población y otros, además de algunos suministros en la zona circundante.

El sistema de transmisión necesario para transportar la energía en Cipreses más la de Isla a 330 km de distancia representa una gran inversión y plantea, además, algunos problemas de carácter técnico de cierta magnitud; por estas razones ha sido objeto de cuidadosos estudios.

El voltaje 154 kV de la Línea Cipreses-Santiago, en dos circuitos, se eligió después de una comparación con el de 220 kV en simple circuito, tanto desde el punto de vista económico, donde resultaron prácticamente equivalentes, como desde el punto de vista técnico. Aquí el voltaje de 154 kV presentó las siguientes ventajas:

- a) No exige, como 220 kV, el empleo de conductor especial de cobre o de aluminio reforzado con acero —ninguno de los cuales se fabrica en el país—, para disminuir las pérdidas por efecto corona a límites aceptables.
- b) La solución de dos circuitos de 154 kV redundaba en una mayor seguridad de servicio comparada con la de simple circuito de 220 kV.
- c) El voltaje de 154 kV ya estaba en servicio en el Sistema Abanico, con las consiguientes ventajas de uniformidad y posibilidad de intercambio de equipo, permitiendo, además, la interconexión de ambos sistemas, sin necesidad de equipo de transformación.
- d) La menor corriente de carga por km de longitud de las líneas de 154 kV simplifica bastante el problema de energizar las líneas en vacío.

Además de las razones indicadas, el problema de las transmisiones que deberá encararse en el futuro, cuando deban transmitirse a la zona central del país grandes bloques de energía desde las abundantes reservas del sur, a más de 800 km, traerá como consecuencia la adopción de voltajes extraaltos, con lo cual, dentro de la estandarización de voltajes adoptados por la ENDESA, 220 kV representa un paso insuficiente.

Se comprende que para que el punto b) sea una ventaja real, es necesario que el sistema de transmisión sea eléctricamente estable para una falla en uno de los circuitos. Esta circunstancia, como también el comportamiento permanente del sistema interconectado con el de la Cía. Chilena de Electricidad Ltda., fué estudiada en Calculadores de Redes, tanto en el extranjero como posteriormente en Chile.

Los estudios se realizaron sobre la base de obtener estabilidad para cortos circuitos entre dos fases. Los resultados de éstos aconsejaron el empleo de relays

e interruptores de alta velocidad de operación, la desconexión simultánea de ambos terminales del circuito fallado y, algunas veces, la reconexión rápida de aquél. Todo lo anterior fué logrado mediante el empleo de relays de distancia y direccionales de tierra de alta velocidad, los que, en combinación con interruptores de aire comprimido y un canal de radiofrecuencia sobre la línea, aseguran la desconexión simultánea de ambos extremos para cualquier tipo de falla en un tiempo no superior a 0,1 seg. (5 ciclos).

Aun en 154 kV, el problema de energizar las líneas es de cierta magnitud; en efecto, el sistema tiene alrededor de 900 km-circuitos de 154 kV lo que representa alrededor de 55 000 kVA capacitivos al estar energizado en vacío. Esto aconsejó diseñar los generadores de la Central con una capacidad para cargar líneas mayor que lo normal, y es así que cada uno puede proporcionar 29 000 kVA capacitivos, lo que equivale a cargar alrededor de 460 km de líneas.

La interconexión doble que posee el Sistema Cipreses con el Sistema Sauzal-Cía. Chilena de Electricidad hizo necesaria la investigación del trabajo en paralelo simultáneo en 154 kV y a través de las líneas de 66 kV derivadas de Sauzal y de Itahue. El estudio correspondiente, realizado en el *Calculador de Redes*, mostró que la repartición natural de las cargas de 66 kV es aceptable sin incluir en la malla ningún desfásador de voltaje. Sólo ha sido necesario incluir un cambiador de derivaciones bajo carga en el transformador de Itahue para proporcionar una regulación de voltaje del sistema de 66 kV, independiente de la regulación en 154 kV, dictada esta última por la transmisión a este voltaje.

## 2.1 LINEA CIPRESES-SANTIAGO

Esta línea, cuyas características principales se muestran en el cuadro que se acompaña, se compone de dos sectores: el tramo que conecta la Central Cipreses con la Subestación Itahue y el que conecta esta última con la Subestación Cerro Navia.



Línea Cipreses-Santiago.

## CARACTERISTICAS DE LA LINEA CIPRESES-SANTIAGO



LONGITUD TOTAL: 320 kilómetros.  
NUMERO DE CIRCUITOS: 2.  
VOLTAJE NOMINAL: 154 kV entre fases.  
VOLTAJE MAXIMO DE OPERACION: 169 kV entre fases.  
POTENCIA MAXIMA DE TRANSMISION: 130 MW.  
(Determinada por condiciones de estabilidad.)

### CONDUCTOR:

MATERIAL: Cable de cobre duro.  
TAMAÑO DE LA SECCION: 207,7 mm<sup>2</sup> (400 MCM)  
NUMERO DE HEBRAS: 19.

### AISLACION:

AISLADORES DE PORCELANA, DISCOS DE 10" x 5 3/4", 6 800 kg. DE TENSION MECANICA.

### ESTRUCTURAS PORTANTES:

Zona sin alambre de guardia: 10 unidades por fase.

Zona con alambre de guardia: 11 unidades por fase.

ESTRUCTURAS DE ANCLAJE: doble cadena, cada una, de 11 unidades por fase.

### ESTRUCTURAS:

PESO DE ACERO GALVANIZADO: 11 toneladas/kilómetro.

PESO DEL ZINC: 1,1 toneladas/km.

VOLUMEN DE HORMIGON DE LAS FUNDACIONES: 35 m<sup>3</sup>/km.

El trazado general de esta línea se desarrolla en su primera parte por las laderas de los encajonados valles del río Cipreses y curso superior del río Maule, hasta las vecindades de la localidad denominada el Colorado, en donde el valle del Maule desemboca en el Valle Central; de ahí el trazado sigue la dirección norponiente a través de los llanos de Lircay hasta llegar a la Subestación Eléctrica de Itahue, vecina a la estación de ferrocarril del mismo nombre. Desde Itahue al norte sigue una ruta general paralela al camino longitudinal, con algunas desviaciones frente al cruce de los ríos más importantes, a fin de obtener condiciones topográficas favorables, pero con fáciles accesos desde dicho camino.

En la decisión de las estructuras adoptadas para esta línea influyeron numerosos factores, entre los cuales los más importantes fueron las normas de solicitaciones que definieron el cálculo mecánico de las mismas, la posibilidad de la máxima utilización de elementos de fabricación nacional. y, en general, la experiencia obtenida en el diseño de otras líneas que la ENDESA tenía en funcionamiento a voltajes similares. Como consecuencia de lo anterior se adoptó como diseño general un tipo de torre de acero galvanizado con un doble quiebre del cuerpo piramidal, que sigue más de cerca la variación de solicitaciones a lo largo de la

estructura. Las torres están empotradas en las fundaciones, las que son de hormigón armado.

Existen numerosos tipos diferentes de estructuras, correspondiendo éstas a: estructuras normales en recta y en ángulo; estructura de anclaje y de remate, y estructuras especiales de transposición y cruce de ríos. Para un mismo tipo de estructura existen también varios tipos de fundaciones, de acuerdo con la calidad del terreno; dichas fundaciones fueron efectuadas en sitio.

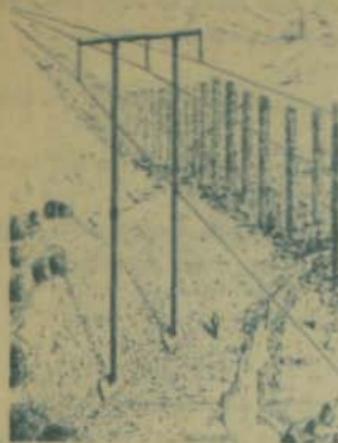
Todas las estructuras empleadas en la línea fueron diseñadas en la ENDESA y algunos de los tipos más característicos fueron ensayados a las solicitaciones de cálculo. La fabricación y galvanización de las mismas fué realizada en maestranzas del país. El empleo de acero nacional, que representa un 71% del tonelaje total usado en la línea, estaba limitado a los perfiles elaborados por la Compañía de Acero del Pacífico (CAP), la que, en lo que respecta a ángulos, sólo fabrica hasta 80 mm de ala.

Tanto desde el punto de vista de las solicitaciones mecánicas como de las eléctricas, la línea está dividida en dos sectores: la zona en donde se ha considerado la formación de una capa de hielo de 5 mm de espesor en los conductores y la zona en donde no se ha supuesto formación de hielo. En la primera también se ha provisto a la línea con un conductor a tierra superior (alambre de guardia) para proteger la línea contra descargas atmosféricas; este conductor es un cable de acero galvanizado de 9,5 mm de diámetro. Esta zona comprende los primeros 46 km. partiendo de la Central y corresponde en general al trazado de la línea en la región cordillerana, que se desarrolla a una altura sobre el nivel del mar superior a 500 m. Se ha usado también alambre de guardia en la proximidad de las dos subestaciones principales.

La sección de conductor de cobre se adoptó teniendo presente la condición más económica representada por la inversión y el monto de las pérdidas eléctricas debidamente valorizadas. El cable de cobre de 200 mm<sup>2</sup>, de 19 hebras, corresponde al tamaño más grande que se ha fabricado en el país en cantidad apreciable. Para algunos de los cruces de ríos importantes se ha empleado el conductor "Copperweld" (con alma de acero), a fin de permitir grandes luces entre estructuras. La aislación se diseñó en consideración a la coordinación de los niveles de impulso del equipo terminal y la resistencia de las conexiones de tierra de las estructuras, para las zonas en que se prevén descargas atmosféricas; estas conexiones de tierra están constituidas por una barra "Copperweld" enterrada vecina a la fundación de cada estructura. La aislación en el resto de la línea se adoptó teniendo en consideración los sobrevoltajes que pueden producirse durante las conexiones y desconexiones al sistema.

La tensión mecánica empleada para los conductores fué fijada en forma de no exceder la fatiga de 19 kg/mm<sup>2</sup>, que es la máxima admisible para el cobre duro y que corresponde a un coeficiente de seguridad ligeramente superior a dos. Para eliminar la posibilidad de deterioro del material del conductor o de las estructuras por efecto de vibraciones causadas por el viento, se han empleado en algunas zonas amortiguadores especiales montados en los conductores.

## CARACTERISTICAS DE LA LINEA ITAHUE-CHARRUA



### ESTRUCTURAS:

PESO DEL ACERO GALVANIZADO: 7,4 toneladas/km.

PESO DEL ZINC: 0,33 toneladas/km.

VOLUMEN DE HORMIGON DE LAS FUNDACIONES: 23,5 m<sup>3</sup>/km.

LONGITUD TOTAL: 242 km.  
NUMERO DE CIRCUITOS: 1.  
VOLTAJE NOMINAL: 154 kV entre fases.  
VOLTAJE MAXIMO DE OPERACION: 169 kV entre fases.  
POTENCIA MAXIMA DE TRANSMISION: 50 MW.

### CONDUCTOR:

MATERIAL: Cable de cobre duro.  
TAMAÑO DE LA SECCION: 152 mm<sup>2</sup> (300 MCM).  
NUMERO DE HEBRAS: 19.

### AISLACION:

AISLADORES DE PORCELANA, DISCOS DE 10" x 5 3/4.  
6 800 KG. DE TENSION MECANICA.  
ESTRUCTURAS PORTANTES: 10 unidades por fase.  
ESTRUCTURAS DE ANCLAJE: 11 unidades por fase.

## 2.2 LINEA ITAHUE-CHARRUA

Las características principales de esta línea se muestran en el cuadro que se acompaña.

El trazado general de ella se desarrolla íntegramente en el valle Central en dirección norte-sur.

Las estructuras portantes están constituidas por portales de tubos de acero galvanizado de 300 mm de diámetro y de 6 mm de espesor. La cruceta está unida a las piernas del portal en forma de que el conjunto trabaja como marco rígido para sollicitaciones mecánicas de dirección perpendicular al trazado de la línea. La adopción de estas estructuras, que son el tipo flexible, es decir, no están calculadas para resistir cortadura de conductores, se hizo teniendo presente el criterio de simplificar al máximo el trabajo de maestranza, debido a que los talleres nacionales estaban sobrecargados por la confección de las torres de la Línea Cipreses-Santiago, a que se ha hecho referencia anteriormente; también se persiguió con este diseño el empleo de materiales del país, para obtener el máximo de economía de divisas. La construcción de esta línea en un plazo mínimo permitió ponerla en servicio antes que el sector Itahue-Cerro Navia de la Línea Cipreses-Santiago y con lo cual se pudo utilizar la energía de la Central Cipreses al iniciar

su funcionamiento en la alimentación de los consumos de la zona de Concepción, mientras se revisaba el canal de la Central Abanico.

El tamaño del conductor de cobre adoptado en esta línea se fijó, también por razones económicas, teniendo presente la potencia máxima de alrededor de 50 000 kW que podrán transmitirse por razones eléctricas.

Para la aislación se siguió el mismo criterio adoptado para la zona sin cable de guardia de la línea Cipreses-Santiago.

Las estructuras de anclaje y de remate están constituidas por torres del tipo "Y" hechas de perfiles de acero galvanizado.

Las fundaciones de todas las estructuras son de hormigón armado, diseñadas de acuerdo con el tipo de terreno que se presenta a lo largo del trazado.

### 2.3 LINEAS DE 66 KV

Las líneas de 66 kV que distribuyen la energía a los diversos pueblos de la región se han construido de acuerdo con los diseños normales adoptados por la ENDESA.

Para las estructuras de estas líneas pueden distinguirse fundamentalmente dos tipos: postes de acero galvanizado del tipo enrejado y postes de hormigón armado de 15 y 11,5 m. Los primeros se han usado en líneas de doble circuito con aisladores de suspensión, y los segundos, para líneas de simple circuito.

Para estas últimas líneas se ha adoptado una aislación de tipo mixto, con cadenas de aisladores de suspensión para dos de las fases, colgadas en los extremos de una cruzeta metálica, y un aislador del tipo "line post" montado sobre el extremo superior del poste para la fase central. Esta disposición permite disminuir las sollicitaciones por torsión del poste de hormigón al mínimo y aprovechar mejor su altura.

En el cuadro que se acompaña se indican las características principales de las líneas de 66 kV alimentadas desde la Subestación Itahue.

#### CARACTERISTICAS DE LAS LINEAS DE 66 KV.

Nombre	N.º de circuitos	Longitud (Km)	Conductor Cable de cobre (mm <sup>2</sup> )	Estructuras
San Fernando-Curicó	1	51	67,4 (#2/0)	Hormigón armado
Curicó-Itahue	2	21	67,4 (#2/0)	Acero galvanizado
Itahue-Talca	2	42	67,4 (#2/0)	Acero galvanizado
Talca-Linares	1	49	53,5 (#1/0)	Hormigón armado

Fuera de estas líneas, se piensa construir en el futuro las siguientes: Linares-Parral, Parral-Cauquenes, Parral-Chillán e Itahue-Licantén.

## PROTECCIONES DE LAS LINEAS DEL SISTEMA CIPRESES

### a) LINEA CIPRESES-ITAHUE-CERRO NAVIA DE 154 KV

- 1) Protección de distancia (relays HZM Westinghouse, de 3 zonas).
- 2) Protección residual (relays HRK Westinghouse instantáneos y relays CR y CRC Westinghouse temporizados).
- 3) Control de pérdida de sincronismo (relays TSO-3 Westinghouse).
- 4) Control de reconexión (relays P4w Brown Boveri Co. para una reconexión rápida tripolar).
- 5) Control por Onda portadora (equipo Carrier Westinghouse; funciona en combinación con los relays de protección).

### b) LINEA ITAHUE-CHARRUA DE 154 KV

- 1) Protección de distancia (relays GCY General Electric, de 3 zonas).
- 2) Protección residual (relays IBCG General Electric, temporizados).
- 3) Control por Onda portadora (equipo Carrier Brown Boveri Co.; funciona en combinación con los relays de protección).

### c) LINEAS DE 66 KV

- 1) Protección de distancia (relays GCX General Electric, de 3 zonas).
- 2) Protección residual (relays ICP General Electric, temporizados).
- 3) Protección de sobrecorriente (relays IAC General Electric, solamente en Sub-estación Itahue).



BIBLIOTECA NACIONAL  
DIRECCIÓN CHILENA

### 3. SUBESTACIONES

#### 3.1 SUBESTACION ITAHUE

Está ubicada al costado del camino longitudinal y frente a la estación Itahue del ferrocarril.

Las funciones de esta subestación son las siguientes:

- a) Seccionalizar la línea de transmisión de Cipreses a Cerro Navia (320 km de longitud total), con lo cual se consigue subir la capacidad de transporte de esta línea por aumento del límite de estabilidad transiente.
- b) Alimentar el sistema de distribución primaria de 66 kV en un punto intermedio entre Rancagua (alimentado por la Central Sauzal) y Charrúa (alimentado por la Central Abanico).
- c) Llegada de la línea de 154 kV entre los Sistemas Cipreses y Abanico.
- d) Incorporar en el futuro la energía generada en toda la hoya del Maule al sistema troncal de interconexión a extraalto voltaje.

La subestación consta fundamentalmente de 3 patios, a 154 kV, 66 kV y 13,2 kV, respectivamente, previstos para ser ampliados cuando el desarrollo del Sistema Cipreses lo justifique. El patio de 154 kV tiene 8 paños, los cuales están comandados por interruptores de aire comprimido con sus desconectores correspondientes conectados a un esquema de barra principal y barra de transferencia. Los paños se distribuyen como sigue: cuatro para los circuitos de entrada y salida de la Línea Cipreses-Santiago, uno para la Línea Itahue-Charrúa, uno para la conexión al transformador de 154/66 kV, un seccionalizador de la barra principal, y el octavo paño ha quedado de reserva para el segundo transformador de 154/66 kV.

El patio de 66 kV consta de diez paños, de los cuales ocho están equipados con sus interruptores de aire comprimido y desconectores, y dos son de reserva, de acuerdo al esquema de barra principal y de transferencia. Desde dichas barras salen líneas a Curicó y Talca y en el futuro a Licantén.

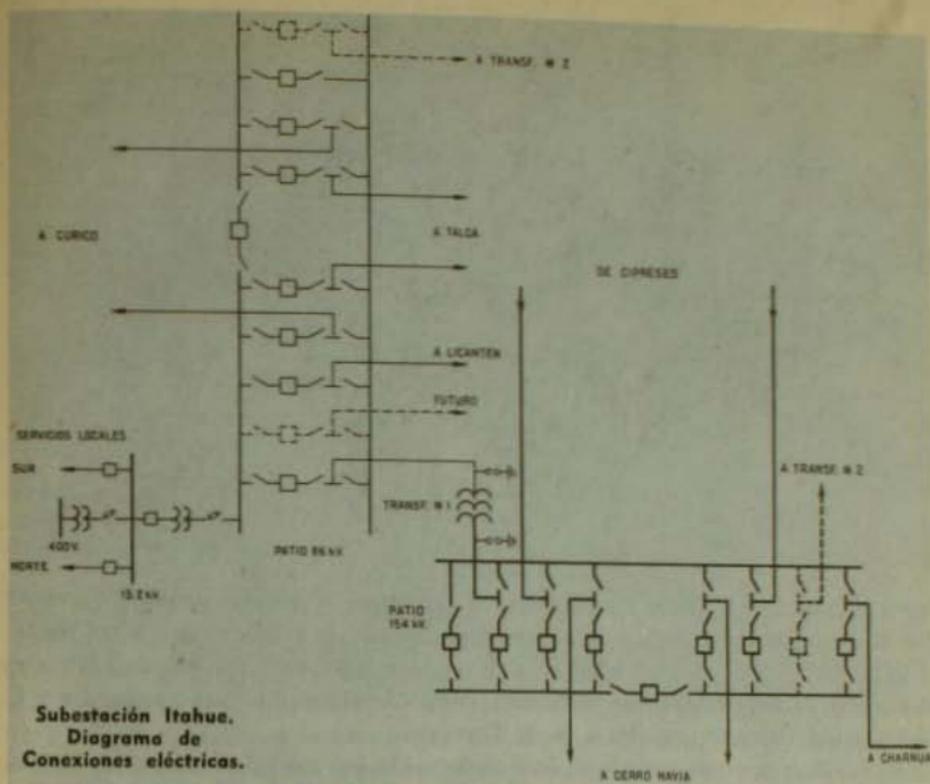
El patio de 13,2 kV, que se alimenta desde un transformador de 66/13,2 kV, está destinado a la alimentación de 2 líneas de distribución de 13,2 kV y de un transformador de servicios auxiliares de 13,2/0,4 kV de 75 kVA.

El transformador de poder, que alimenta las barras de 66 kV, tiene las siguientes características: trifásico, 25 000 kVA nominales, de tipo acorazado, refrigerado por aire con ventilación forzada y de tres enrollados de las siguientes características:

Primario: 25 000 kVA, 154 000 V + 3 x 2½% — 1 x 2½%. Estrella con neutro sólido a tierra, protegido con pararrayos.

Secundario: 25 000 kVA, 69 000 V + 6 x 1,76%. Estrella con neutro sólido a tierra, protegido con pararrayos. Este enrollado está provisto de un cambiador automático de derivaciones bajo carga, que permite variar su voltaje, sin interrumpir el servicio, entre 61 750 V y 76 250 V.

Terciario: 15 000 kVA, 13 200 V, delta. El peso total de este transformador es de 85 toneladas.



El transformador que alimenta los servicios de 13,2 kV es de 500 kVA, 66/13,8 kV, conectado en delta en el lado de 66 kV y en estrella en el lado de 13,8 kV.

La Subestación Itahue cuenta con una población para el personal de operadores y Jefe de la Subestación, así como también para el personal de las brigadas de mantenimiento de líneas, esto último en atención a que Itahue constituye un buen centro de operaciones por estar en el camino longitudinal y contar con radiocomunicaciones con las demás subestaciones importantes del sistema.

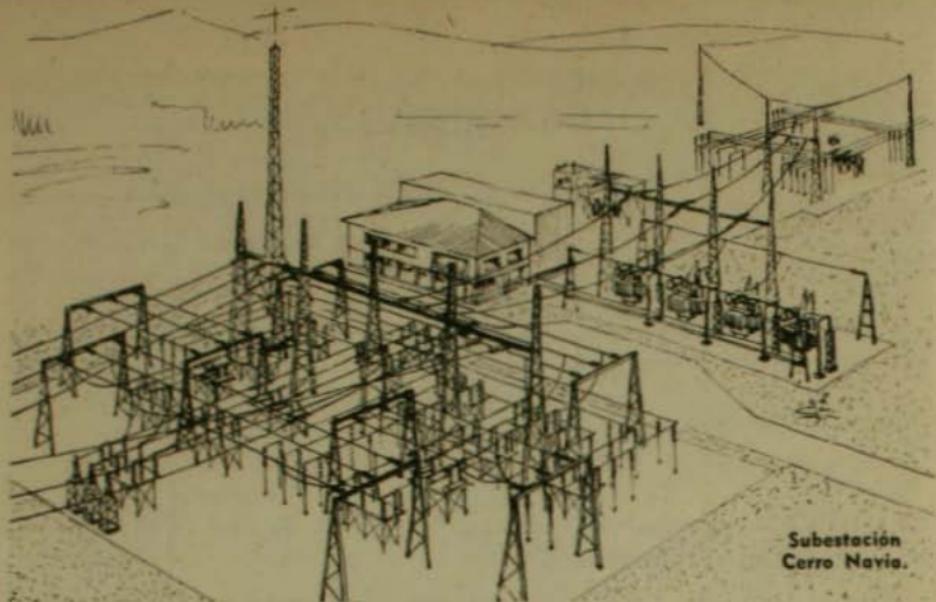
La población consta de 19 casas individuales y una casa de huéspedes, con una capacidad para siete personas, garages, bodegas y demás dependencias.

### 3.2 SUBESTACION CERRO NAVIA

Está ubicada al norponiente de Santiago, con frente al camino Carrascal-Barrancas.

El objeto de esta subestación es recibir la energía proveniente de las plantas del río Maule, y en el futuro de la Central Rapel, y entregarla al Sistema de la Compañía Chilena de Electricidad Ltda.

Tal como se indica en el diagrama unilineal, la energía se recibe en un sistema especial de doble barra y barra de transferencia a través de interruptores de 154 kV, de donde pasa al banco de autotransformadores, que reduce la tensión a 110 kV, para entregarla, a través de uno de los interruptores de 110 kV, a la barra que alimenta la Subestación receptora de la Cia. Chilena de Electricidad. De



Subestación  
Cerro Navia.

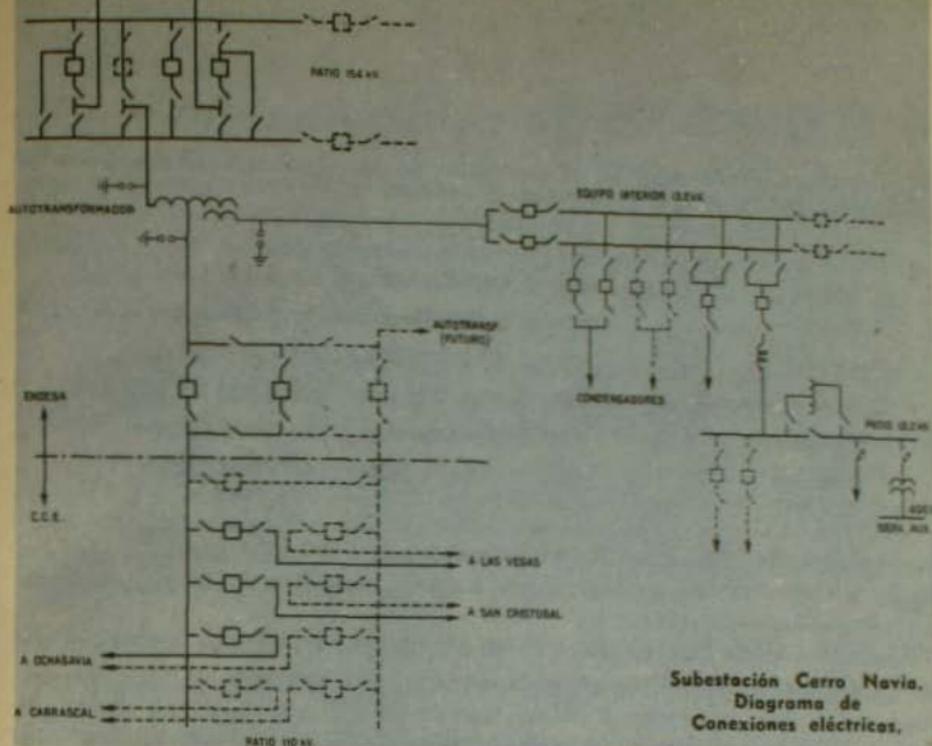
aquí la Compañía Chilena de Electricidad distribuye la energía a través de varias líneas de 110 kV; en la etapa final de desarrollo de la Subestación de la Compañía Chilena de Electricidad saldrán ocho circuitos aéreos de 110 kV, de los cuales dos irán a la Subestación San Cristóbal, dos a la Subestación Las Vegas, dos a la Subestación Ochagavía y dos a la de Carrascal.

El banco de autotransformadores está constituido por tres unidades monofásicas, más una unidad de reserva, cada una de 42 000 kVA de paso, del tipo acorazado, refrigeradas por aire de ventilación forzada, provistas de un enrollado principal para conexión estrella con neutro sólido a tierra y un enrollado terciario para conexión delta, de características tales que el banco trifásico resulta de una capacidad total de 126 000 kVA de paso entre primario y secundario, más de 80 000 kVA de capacidad en el terciario. Los voltajes en el lado primario, secundario y terciario son respectivamente: 154 000 V, ajustable entre  $+ 2\frac{1}{2} \%$  y  $- 7\frac{1}{2} \%$ /110 000 V y 13 200 V, ajustable entre 11 600 y 14 200 V.

El objeto principal del enrollado terciario es permitir la conexión de condensadores en el extremo receptor del sistema, por medio de los cuales se consigue mantener constante el voltaje deseado en Cerro Navia, aumentar los límites de estabilidad y capacidad de transmisión del sistema y, además, reducir las pérdidas de transmisión en las líneas.

Las instalaciones actuales se han previsto para ser ampliadas en el futuro al doble, lo cual se hará necesario cuando entre en servicio la Central Rapel. En su desarrollo final, Cerro Navia tendrá una potencia instalada de 250 000 kVA en transformadores y del orden de 120 000 kVA en condensadores, que serán ya sea del tipo sincrónico o estático.

La Casa de Comando de Cerro Navia consta de 2 cuerpos; el primero contiene el equipo de control de la subestación, y en el segundo cuerpo se ha instalado el equipo de maniobra interior de 13,2 kV, alimentado por el terciario del banco de autotransformadores, y, en el futuro, los condensadores.



Subestación Cerro Navia.  
Diagrama de  
Conexiones eléctricas.

En la sala de comando se encuentran el Tablero y el Pupitre, fabricados totalmente en el país, en los cuales se han montado los elementos de control, los instrumentos de medida y los relays de protección correspondientes a todo el equipo de la Subestación de la ENDESA. El equipo de protección de líneas se detalla en el cuadro que se incluye, y en cuanto a las protecciones del banco de autotransformadores, éstos constan de la protección diferencial, protección Buchholz y protección contra sobretensión del aceite y sobrecorriente de los enrollados. Tanto en el Tablero como en el Pupitre se ha dejado espacio de reserva para prever las ampliaciones correspondientes a la interconexión con la futura Central Rapel y a la instalación de condensadores.

En la sala de comando se ha instalado, además, el Tablero Duplex de la Compañía Chilena de Electricidad para el control del equipo de su Patio de 110 kV, que será comandado desde la sala de comando de la ENDESA. También se ha ubicado aquí una planta telefónica automática para comunicaciones locales en la subestación y para comunicaciones externas, para lo cual se ha acoplado a la red telefónica del servicio público, a los sistemas de comunicación por carrier de la Línea Itahue-Cerro Navia y de Ochagavía-Sauzal, y al sistema de comunicación por radio de la ENDESA.

En el futuro se ha pensado ubicar aquí las oficinas centrales de despacho de carga de la ENDESA, lo que exigirá la ampliación de la sala de comando.

El equipo de maniobra interior de 13 200 V consta de desconectores accionados neumáticamente y de interruptores de aire comprimido para 15 kV de servicio, de 4 000 y de 1 500 A de corriente nominal y de 1 000 MVA de capacidad de corto circuito.

### 3.3 SUBESTACIONES DE 66 KV

El proyecto Cipreses consulta el desarrollo de las siguientes subestaciones de transformación de 66 kV a 13,8 kV:

Curicó	con 2 transformadores de 5 000 kVA c/u.
Talca	con 2 transformadores de 5 000 kVA c/u.
Linares	con 1 transformador de 2 000 kVA
Parral (probable)	con 1 transformador de 2 000 kVA
Cauquenes	con 1 transformador de 2 000 kVA
Licantén	con 1 transformador de 2 000 kVA

y ampliación de Chillán con 2 transformadores de 4 000 kVA c/u.

Existe la alternativa de alimentar Parral desde la línea Itahue-Charrúa, mediante un transformador de 154/66 kV.

Dichas subestaciones, cuyos patios de 66 kV, de 13,8 kV y salas de control son de diseño normalizado, distribuyen la energía a las líneas de 13,2 kV que alimentan las zonas circundantes. En el lado de 66 kV constan de un sistema de barras a donde concurren los circuitos de llegada y salida, los que están comandados por interruptores de aire comprimido, con sus desconectores correspondientes. El lado de 13,8 kV consta de barras desde donde salen los alimentadores a las líneas de distribución, comandados por interruptores de aceite y sus desconectores.

En las salas de control se alojan los tableros con los instrumentos y relays, el equipo de radiocomunicaciones, las baterías de acumuladores con sus cargadores, las compresoras para los interruptores, etc.

Tienen además habitaciones para el operador y demás dependencias, como bodega, garage, etc.

#### CARACTERISTICAS DE LOS INTERRUPTORES DE PODER DEL SISTEMA CIPRESES

Fabricación: Brown Boveri Co. (Suiza).

Tipo: De aire comprimido (15 atm.)

Tiempo de interrupción del arco: 0,06 seg.

Interruptores para tensión de servicio de	154 kV	110 kV	69 kV
N.º de cámaras de extinción en serie .....	4	3	2
Corriente nominal, Amp. ....	600	600	600
Capacidad de ruptura, MVA .....	2 500	1 500	1 000

#### 4. TELECOMUNICACIONES DEL SISTEMA CIPRESSES

Las diferentes centrales y subestaciones de ENDESA pueden comunicarse entre sí y con la oficina central de Santiago por diversos medios, tales como: radio, equipos de onda portadora o *carrier*, teléfono y, en el futuro, teletipo. A continuación se enumeran los medios de comunicación de los cuales se hace uso en el Sistema Cipresses. Estos medios son:

- a) *Carrier* de comunicación duplex de la Línea Cipresses-Itahue-Cerro Navia, de 154 kV. En cada una de estas subestaciones, el *carrier* puede acoplarse a la central telefónica automática local. Además, la central telefónica de Cerro Navia podrá acoplarse a través de hilos telefónicos especiales a la red telefónica pública y a la mesa telefónica de las oficinas de ENDESA en Santiago, con lo cual se pueden establecer comunicaciones entre cualquier anexo de las oficinas en Santiago con las salas de comando de Cerro Navia e Itahue y con la de Central Cipresses por intermedio del operador de Itahue.
- b) *Carrier* de protección simplex de la Línea Cipresses-Itahue, de 154 kV.
- c) *Carrier* de protección simplex de la Línea Itahue-Cerro Navia, de 154 kV.
- d) *Carrier* de comunicación de la Línea Itahue-Charrúa, de 154 kV.
- e) *Carrier* de comunicación de la Línea Talca-Cipresses, de 13,2 kV.
- f) *Carrier* de comunicación de la Línea Sauzal-Ochagavía, de 110 kV; por medio de una línea especial tipo telefónico se une Ochagavía con Cerro Navia, con lo cual hay comunicación directa entre la Central Sauzal y la Subestación Cerro Navia; asimismo, entre las oficinas de ENDESA en Santiago y la sala de comando de Sauzal.
- g) Sistema de radio de frecuencia modulada del Sistema Abanico, que permite la comunicación entre estaciones fijas, como ser de la Central Abanico con la Subestación Charrúa.
- h) Sistema de radio de amplitud modulada para comunicaciones de la Central Cipresses y las subestaciones del Sistema Cipresses (excepto Cerro Navia) entre sí y con el Sistema Sauzal. (5 025 kc frecuencia diurna, 2 755 kc frecuencia nocturna.)
- i) Sistema de radio de amplitud modulada para comunicaciones de la Central Cipresses con las oficinas de ENDESA en Santiago (5 425 kc, 5 025 kc y 5 790 kc.)
- j) Sistema de radio de amplitud modulada para comunicaciones de la Central Abanico y las subestaciones del Sistema Abanico con la Subestación Itahue (4 570 kc frecuencia diurna, 2 770 kc frecuencia nocturna).
- k) Sistema de radio de amplitud modulada para comunicaciones de la Central Abanico con las oficinas de ENDESA en Santiago y con la Subestación Cerro

Navia a través de los hilos telefónicos de interconexión de las mesas telefónicas de las oficinas y la de Cerro Navia (4 570 kc, 5 110 kc, 5 805 kc, 6 950 kc y 7 900 kc).

l) Sistema de radio de frecuencia modulada del Sistema Cipreses (bandas de 30,5 Mc y 30,58 Mc), que permite la comunicación entre estaciones fijas — subestaciones próximas entre sí, Casa de Máquinas de Cipreses con la Bocatoma, etc.—, y entre estaciones móviles y portátiles —Central y subestaciones con los vehículos de radiopatrullas para inspección de líneas.

m) Centrales telefónicas automáticas locales, que en el caso de Itahue y Cerro Navia pueden acoplarse a la red telefónica pública.

n) Citófonos para comunicaciones locales.

o) Red telefónica de servicio público.

p) En el futuro, *link* monocanal entre la Subestación Itahue y la Administración en Talca, mediante el cual esta última podrá entrar a toda la red telefónica, de carrier y radio de amplitud modulada del sistema.

El cuadro siguiente indica mediante la letra correspondiente a la enumeración anterior algunas de las formas de comunicación local, así como las más directas entre los diferentes lugares señalados, ya sea en forma directa o por recádos.

(Estos últimos se han señalado entre paréntesis en el cuadro.)

### POSIBILIDADES DE COMUNICACIONES ENTRE DIVERSOS PUNTOS DEL SISTEMA CIPRESSES

Lugares	Cipreses	Itahue	Cerro Navia	Ofs. Stgo.	Adm. Talca	S. E. Talca	Otras S. E.
Central Cipreses	m n l	a b h	a (b+c) (h+f)	i a (h+f)	e+o (a+p)	e (a+l)	e+o (a+l)
Subestación Itahue	a b h	m l o	a c (h+f)	a (c) (h+f)	p (l+o)	l a+e p+o	l o
Subestación Cerro Navia	a (c+b) (f+h)	a c (f+h)	m l o	o l	a+p (a+e+o)	a+e (a+l)	a+h (a+l)
Oficinas Santiago	i a (f+h)	a (c) (f+h)	o l	m o l	a+p a+e+o	a+e (a+l)	(a+l) (l)
Subestación Talca	e (l+a)	l e+a o+p	e+a (l+a)	e+a (l+a)	o	lo	(l) o
Otras S. E. 66 kV. Sist. Cipreses	o+e (l+a)	l o	h+a (l+a)	(l+a) (l)	o (l+p)	(l) o	(l) o
Central Sauzal	h f+a	h f+a (l)	f h+a	f h	h+p (f+a+p)	(f+a+e) o	h (f+a+l)
Subestación Charrúa	d+a j+a	d j	d+a j+a	d+a (g+k)	d+p j+p	j+p+o (d+l)	(d+l)
Central Abanico	j+a (g+d+a)	j (g+d)	j+a (g+d+a)	k (g+d+a)	j+p (g+d+p)	(j+l)	(j+l)

## 5. FAENAS DE CONSTRUCCION

### 5.0 GENERALIDADES

La construcción de las obras de la central y el montaje de las líneas y subestaciones han sido efectuados íntegramente por la sección especial de la ENDESA a cargo de las construcciones. Esta modalidad de trabajo obedece al hecho de que, en el caso del Sistema Cipreses, la gran mayoría de las obras son de índole muy especializada, que no se construyen con frecuencia en el país, y por esta razón sólo la ENDESA cuenta con los medios adecuados. En especial, el equipo de construcción requerido significa inversiones cuantiosas del orden de US\$ 2 000 000, las que han sido financiadas por el crédito del Banco Internacional a que ya se ha hecho referencia en el Capítulo 0.4, y que ha sido otorgado a la Corporación de Fomento de la Producción y a la ENDESA.

A continuación se dan algunas informaciones de las fases más importantes de las faenas de construcción.

### 5.1 TRABAJOS PRELIMINARES E INSTALACION DE FAENAS

Para la construcción de la Central Cipreses fué necesario realizar numerosos trabajos preliminares e instalaciones provisionales, siendo los más importantes los que se detallan a continuación:

- a) Mejoramiento de 80 km de camino público de Talca a Cipreses y construcción de 40 km de caminos interiores de acceso a las distintas obras.
- b) Construcción de una central hidroeléctrica auxiliar, para las necesidades de la faena, de 2 600 kW de potencia.
- c) Construcción de 150 km de líneas de transmisión de 13,2 kW de Talca a Cipreses y ramales internos en la faena.
- d) Construcción de campamentos para 2 000 obreros y 170 empleados y galpones para todas las instalaciones anexas de las faenas.

### 5.2 BOCATOMA

El método de construcción de la bocatoma se adoptó en consideración a la calidad de la roca en la zona de salida del túnel de aducción a la laguna de La Invernada. El talud del cerro se encontraba cubierto de escombros y la roca estaba muy agrietada, de modo que se decidió abandonar la solución que consultaba prolongar el túnel de aducción hasta las proximidades de la laguna, y volar el último tramo de roca con una tronadura bajo agua.

En cambio se aprovechó el hecho de tener dos tomas para rebajar alternativamente los umbrales de roca frente a cada toma. Este trabajo se puede efectuar con la central en funcionamiento, de modo que, mientras se excava en una toma con las compuertas cerradas, la otra toma está entregando el gasto requerido por la central.

La construcción de la bocatoma se inició con la ejecución de los dos piques de compuertas y de dos piques auxiliares en la ubicación de las rejas. Debido a las



Faena de construcción de uno de los piques de bocatoma.

dificultades encontradas en esa faena, a causa de la calidad de la roca y de las fuertes filtraciones, la excavación se hizo en forma escalonada, consolidando previamente el terreno con inyecciones de cemento.

Una vez terminada la perforación y concretadura del pique de toma y del sector de túnel ejecutado por ese frente, se procedió al montaje de las compuertas de toma y rejas de entrada.

A continuación se inició el rebaje del umbral frente a la toma sur, excavando la mayor parte del terreno en seco. La cuña de roca más próxima a la laguna, de más o menos 4 m de ancho y 8 m de altura, se tronó de una sola vez y el material suelto se extrajo bajo agua, mediante un *clamsbell*, usando finalmente un buzo para dejar limpio un umbral de roca más o menos a la cota 1 295. En ese estado de avance de la construcción de la bocatoma, se puso en marcha la central, y durante su funcionamiento se aplicará el método ya explicado, alternativamente, a ambas tomas, de manera de rebajar los umbrales hasta la cota 1 279.

### 5.3 TUNEL DE ADUCCION

#### Excavación

Las faenas de excavación del túnel se ejecutaron por seis frentes de trabajo, que corresponden a la bocatoma, al extremo del túnel de aducción y a dos por cada una de las dos ventanas intermedias de construcción.

La perforación se realizó a sección completa, para lo cual se usó un *jumbo* con

seis perforadoras Ingersoll-Rand DA-30 y DA-35, cuyos barrenos de 1¼" tenían cabezas removibles. El número de perforaciones por frente varió según la dureza de la roca de 36 a 48, y el consumo medio de dinamita fué de 2,5 kg/m<sup>3</sup> de roca.

Para la extracción de los escombros se usaron palas Eimco 40, accionadas por aire comprimido, que cargaban carros mineros tipo Gramby. Los trenes eran arrastrados por locomotoras eléctricas a batería General Electric, de 10 toneladas, y locomotoras Diesel del mismo peso.

Los trabajos de excavación se realizaron en tres turnos durante las 24 horas del día, con cuadrillas de 21 obreros por frente, bajo las órdenes de un jefe de turno. Las faenas se vieron dificultadas por las grandes filtraciones que aflúan a lo largo de todo el túnel, siendo especialmente importantes las de un tramo de 600 m con aguas termales a una temperatura semejante a 65°. El perfil longitudinal del túnel, con pendientes hacia las ventanas, permitía el desagüe gravitacional de las filtraciones, pero en la bocanoma fué necesario bombear durante todo el tiempo para poder ejecutar los trabajos. La mala calidad de la roca también influyó en el rendimiento, obligando a colocar enmaderación en diversos tramos, que en total sumaron 600 m de túnel. Una falla importante, rellena con arcilla, de más o menos 50 m de longitud, obligó a modificar localmente el trazado del túnel para poder cruzarla.

El tiempo total empleado en la excavación fué de 26,5 meses, con un avance medio de 13,2 m.l. por día y un avance máximo de 40 m.l. por día. El volumen total excavado alcanzó a 137 500 m<sup>3</sup>, con un consumo de 178 000 fulminantes eléctricos, 337 000 kg de dinamita y 4 280 brocas de acero al tungsteno.

### Revestimiento

Las faenas de revestimiento de concreto del túnel se efectuaron desde los mismos frentes de ataque empleados para la excavación.

El ripio y la arena se extraían del río Cipreses mediante una pala, y con cintas transportadoras se abastecían tres plantas de harneado y lavado Cedar Rapids y Diamond. Los materiales eran transportados a las plantas de concreto en camiones de volteo.

El concreto se fabricó en dos plantas Butler Bin de 2 m<sup>3</sup> de capacidad, que permitían la dosificación de los materiales por peso. El transporte del concreto al interior del túnel se hizo en revolvedoras especiales marca Smith.

La colocación del concreto se hizo con colocadoras neumáticas de 1 m<sup>3</sup> de capacidad, marca Press-Weld, y otras similares, fabricadas en la faena. Para la concretadura del arco se usaron moldes metálicos, sistema telescópico, de 8,5 m de largo, que permitían una faena continua.

Los tubos metálicos de revestimiento, que eran de menor diámetro que el resto del túnel, se entraron completos en trozos de 3 m., empleándolos como molde de la concretadura de las zonas falladas.

Las faenas de concretadura se iniciaron antes de terminar las excavaciones, y el tiempo total empleado en la ejecución del revestimiento alcanzó a 26 me-

ses. El avance medio diario fué de 13,2 m.l. por día, con un máximo de 56 m. l. por día. Se colocaron 73 000 m<sup>3</sup> de concreto, con un consumo de cemento de 585 000 sacos.

#### Inyecciones de cemento

Para hacer las inyecciones de cemento se emplearon 11 bombas de tipo especial, marca Gardner-Denver, accionadas por aire comprimido. La faena duró 12 meses y consumió 180 000 sacos de cemento, lo que da un promedio de 1,8 sacos de cemento por m<sup>2</sup> de revestimiento.

#### 5.4 CHIMENEA DE EQUILIBRIO

La excavación de la chimenea de equilibrio se hizo por partes, construyendo primero un pique pequeño de 1,8 m de diámetro a lo largo del eje de la chimenea. Este pique fué atacado desde abajo por el interior del túnel y desde arriba a cielo abierto y su ejecución duró 4 meses. Una vez terminado se procedió a ensancharlo desde la parte superior, botando los escombros a través del pique ya ejecutado y sacándolos por el túnel. Debido a la mala calidad del terreno se hizo un revestimiento previo de concreto, destinado a resistir las presiones del cerro y rellenar los huecos producidos por derrumbes.

Terminada esta faena, se inició la colocación del revestimiento interior de acero con planchas fabricadas y dobladas por la C. A. P., las cuales fueron soldadas en el terreno. La colocación se hizo por anillos sucesivos, concretando inmediatamente el espacio entre la preconcretadura y el palastro. En la soldadura de las 420 toneladas de plancha se usaron alrededor de 10 toneladas de soldadura tipo Indura N.º 98.

Las inyecciones de consolidación que se hicieron posteriormente consumieron aproximadamente 15 000 sacos de cemento.

#### 5.5 TUBERIAS DE PRESION

Para el montaje de las tuberías de presión se construyó un funicular de 10 toneladas de capacidad, ubicado inmediatamente al costado de las tuberías. Los tubos de bifurcación, que pesaban 20 toneladas cada uno, se colocaron con el auxilio de teclés y grúas.

La instalación de las tuberías exigió la excavación de 81 500 m<sup>3</sup> de roca y la colocación de 12 000 m<sup>3</sup> de concreto.

#### 5.6 CASA DE MAQUINAS

La construcción de la Casa de Máquinas exigió la excavación de 116 000 m<sup>3</sup> de terreno y la colocación de 9 400 m<sup>3</sup> de concreto, y 260 000 kg de fierro redondo.

#### 5.7 LINEA CIPRESES-SANTIAGO

La construcción de las fundaciones de concreto de las torres presentó ciertas dificultades, debido a que en varios tramos fué necesario proceder al agotamiento del agua para hacer las excavaciones y la concretadura.

La erección de las torres se realizó mediante cuadrillas de obreros especializados, que en promedio armaban una torre por día.

El tendido y templado de los conductores se efectuó con la ayuda de equipo mecanizado, constituido por winches, enrolladores de cable con motor, máquinas de frenaje de fabricación Schleiss y nacionales, portacarretes, etc. Dada la importancia de la línea y las características del cable, el trabajo se realizó de manera que el conductor no tocaba el suelo, evitando de esa manera que se dañara. El trabajo se inició con el tendido entre dos torres de anclaje de un cable de acero de  $\varnothing 1/4"$ , el que se sostenía en poleas ubicadas en el extremo de las cadenas de aisladores de las torres de suspensión. Mediante dicho cable se hacía pasar otro cable de acero  $\varnothing 1/2"$ , el que a su vez servía para tender el conductor de cobre.

Una vez tendido el conductor se anclaba en una torre de anclaje y se templaba dando tensión desde la torre de anclaje siguiente.

El mejor rendimiento obtenido en tendido y templado fué de 1 km por día. La construcción de la línea de transmisión Cipreses-Santiago se inició en julio de 1951, y quedó totalmente terminada en julio de 1954. Es necesario reconocer el hecho de que una parte importante del tiempo demorado en la construcción la constituyó la obtención de permisos y otros trámites legales para atravesar los terrenos con los elementos requeridos para las faenas.

## 5.8 LINEA ITAHUE-CHARRUA

En el diseño de las estructuras de esta línea primó la consideración de su rápido montaje por razones de poder alimentar desde la Central Cipreses al Sistema Abanico al iniciarse el funcionamiento de la primera.

Los trabajos de erección de los portales de tubos, que constituyen las estructuras portantes de esta línea, se iniciaron con la ejecución de las fundaciones de concreto a un ritmo de 60 al mes en promedio, con un máximo de 130 mensuales. Los portales se armaban horizontalmente en el terreno y se levantaban mediante grúas especialmente diseñadas, hasta dejarlos colocados en su posición definitiva sobre los pernos de fundación. La faena de armar y parar los portales tuvo un rendimiento promedio de 70 al mes, con un máximo de 150 mensuales. La construcción de las fundaciones y el montaje de las torres de anclaje de esta línea fué hecha en forma similar al de las torres de la Línea Cipreses-Santiago. El templado de los conductores se hizo en forma similar al de la Línea Cipreses-Santiago.

La construcción de la línea se inició en diciembre de 1953 y quedó totalmente terminada a principios de 1955.

## 6. PROVEEDORES

Para la realización del Sistema Cipreses, la ENDESA ha tenido una gran cantidad de proveedores, lo cual es difícil citar en el texto de la descripción de las obras. A continuación se da una lista de los proveedores más importantes tanto extranjeros como nacionales:

### 6.1 PROVEEDORES EXTRANJEROS

No se incluyen los proveedores del equipo de construcción que se detallan en el texto ni los de los materiales de consumo.

	FABRICANTE	PAIS
<b>CENTRAL CIPRESES</b>		
<b>BOCATOMA</b>		
Compuertas principales y de emergencia	DINGLER	Alemania
Perfiles metálicos para las rejas	MANNSTRAEDT	Alemania
<b>TUNEL</b>		
Válvula de desagüe	ETS. NEYRPIC	Francia
Revestimiento de palastro	MANNESMANN	Alemania
<b>TUBERIAS DE PRESION</b>		
Válvulas de sobre velocidad	J. M. VOITH	Alemania
Tuberías de presión	MANNESMANN	Alemania
Huinche para el funicular	M. B. WILD	Inglaterra
<b>CASA DE MAQUINAS</b>		
<b>Equipo mecánico</b>		
Turbinas	J. M. VOITH	Alemania
Reguladores de velocidad para turbinas	J. M. VOITH	Alemania
Válvulas esféricas y de desagüe de tuberías	J. M. VOITH	Alemania
Puente grúa	A. RIDINGER	Alemania
Bombas de refrigeración de las unidades generadoras y bombas de drenaje	BYRON JACKSON	EE. UU.
Tecla manorriel	DEMAG	Alemania
Equipo de aire acondicionado	GENERAL ELECTRIC	EE. UU.
Maquinaria herramienta	V. D. F. ALZMETALL, FLOTT, KLOPP,	Alemania
Gatos mecánicos	DUFF NORTON	EE. UU.
Instrumentos hidráulicos	ECKARTT, OTT	Alemania
Equipo extinguidores incendio Mulsifyre	MATHER & PLATT	Inglaterra
<b>Equipo eléctrico</b>		
Generadores	WESTINGHOUSE	EE. UU.
Reguladores de voltaje para generadores	BROWN BOVERI	Suiza
Cables de poder de 13,8 kV.	KERITE	EE. UU.
Interruptores de 13,8 kV. en celdas blindadas para generadores	WESTINGHOUSE	EE. UU.
Interruptores de 13,8 kV. en celdas blindadas para servicios auxiliares	REYROLLE	Inglaterra

**Equipo eléctrico (Continuación)**

Transformadores de subida (13,2/154 kV.)  
 Pararrayos para transformadores de 154 kV.  
 Transformadores de servicios auxiliares  
 (13,2/0,4 kV.)  
 Regulador de voltaje para barra de 13,8 kV,  
 de servicios auxiliares  
 Reactor para alimentador de 13,8 kV.  
 Reactores para servicios auxiliares de 400 V.  
 Interruptores para servicios auxiliares de  
 400 V.  
 Instrumentos, relays y materiales para ta-  
 bleros de control y comando

Batería de acumuladores  
 Cargadores de batería  
 Equipo supervisor para telecontrol del pa-  
 tío de A. T.

Cables de control y servicios auxiliares  
 Terminales para cables de control  
 Soportes de cables y cañerías

Reloj patrón y relojes secundarios  
 Aisladores  
 Artefactos y material de alumbrado

Material de instalación

Desconectores en aceite  
 Barras de conexión a tierra

**PATIO DE ALTA TENSION**

Interruptores de aire comprimido de 154 kV.  
 Desconectores de 154 kV.  
 Transformadores de corriente de 154 kV.  
 Transformadores de potencial de 154 kV.  
 Equipo carrier para protecciones y comu-  
 nicaciones

Aisladores  
 Accesorios para cables aéreos  
 Acero para estructuras

Zinc para galvanización de estructuras  
 Relays, instrumentos, baterías y cargadores,  
 cables de control, material de instalacio-  
 nes, relojes, barras de tierra, etc.

**LINEAS DE TRANSMISION**

Aisladores (Línea Cipreses-Santiago)  
 Aisladores (Línea Itahue-Charrúa y de  
 66 kV.)  
 Accesorios metálicos para líneas aéreas  
 Conductores para tramos especiales  
 Uniones para conductores

**FABRICANTE****PAIS**

A. C. E. C.  
 GENERAL ELECTRIC  
 BELGICA  
 EE. UU.

HACKBRIDGE  
 Inglaterra

SIEMENS SCHUCKERT  
 A. E. G.  
 BROWN BOVERI  
 Alemania  
 Alemania  
 Suiza

GENERAL ELECTRIC  
 EE. UU.

WESTINGHOUSE  
 GENERAL ELECTRIC  
 BROWN BOVERI  
 LANDIS & GYR  
 A. E. G.  
 SAFT  
 A. E. G.  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 Suiza  
 Suiza  
 Alemania  
 Francia  
 Alemania

SIEMENS SCHUCKERT  
 SUDKABEL  
 GARDY  
 KLEIN  
 DELTA STAR  
 A. E. G.  
 LOCKE  
 GENERAL ELECTRIC  
 WESTINGHOUSE  
 CROUSE & HINDS  
 XAMAX  
 BURNDY  
 WESTINGHOUSE  
 DELTA STAR  
 G. & W.  
 COPPERWELD  
 Alemania  
 Alemania  
 Suiza  
 Alemania  
 EE. UU.  
 Alemania  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 Suiza  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 EE. UU.

BROWN BOVERI  
 GENERAL ELECTRIC  
 BROWN BOVERI  
 SIEMENS HALSKE  
 Suiza  
 EE. UU.  
 Suiza  
 Alemania

WESTINGHOUSE  
 ELECTRO CERAMIQUE  
 OHIO BRASS  
 BETHLEHEM  
 KAISER  
 AMERICAN SMELTING  
 EE. UU.  
 Francia  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 EE. UU.

Igual que para Casa de Máquinas

ELECTRO CERAMIQUE  
 OHIO BRASS  
 OHIO BRASS  
 COPPERWELD  
 ANACONDA  
 Francia  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 EE. UU.  
 EE. UU.

## FABRICANTE

## PAIS

## Linea de Transmisi3n (Continuaci3n)

Amortiguadores de vibraci3n para conductores

Cable de acero (alambre de guardia)  
Acero para estructuras

Zinc para galvanizaci3n de estructuras  
Pernos, golillas, tuercas y escalines

Barros de tierra

HUBBARD  
VOLPATO  
BETHLEHEM  
BETHLEHEM  
COLUMETA  
AMERICAN SMELTING  
FERROSTAAL  
MANNESMANN  
COLUFLANDES  
COPPERWELD

EE. UU.  
Italia  
EE. UU.  
EE. UU.  
Luxemburgo  
EE. UU.  
Alemania  
Alemania  
B3lgica  
EE. UU.

## EQUIPO SUBESTACIONES

Transformadores de 154/66 y 154/110 kV.  
Transformadores de 66/13,8 kV.

Interruptores de aire de 154, 110 y 66 kV.  
Transformadores de corriente de 154 y 110 kV.

Transformadores de potencial de 154 y 110 kV.

Desconectadores de 154, 110 y 66 kV.  
Transformadores de corriente de 66 kV.

Transformadores de potencial de 66 kV.

Equipos de aire acondicionado

Equipo carrier para protecciones y comunicaciones (Lnea Cipreses-Santiago)

Equipo carrier para protecciones y comunicaciones (Lnea Itahue-Chorrúa)

Pararrayos de 154 y 110 kV.

Pararrayos de 66 y 13,2 kV.

Interruptores de aceite de 13,2 kV.

Desconectadores fusibles de 66 y 13,2 kV.

Aisladores y accesorios, acero y zinc para estructuras, barras de puesta a tierra, etc.

Relays, instrumentos, baterias y cargadores, cable de control y poder, material de alumbrado e instalaci3n, relojes, etc.

A. C. E. C.  
ELIN  
BROWN BOVERI

B3lgica  
Austria  
Suiza

BROWN BOVERI

Suiza

SIEMENS HALSKE  
LINE EQUIPMENT  
DELLE  
GENERAL ELECTRIC  
GENERAL ELECTRIC

Alemania  
Inglaterra  
Francia  
EE. UU.  
EE. UU.

WESTINGHOUSE

EE. UU.

BROWN BOVERI  
GENERAL ELECTRIC  
A. S. E. A.  
SPRECHER & SCHUH  
GENERAL ELECTRIC

Suiza  
EE. UU.  
Suecia  
Suiza  
EE. UU.

Igual que patio de A. T. de la Central.  
Igual que Casa de M3quinas de la Central Cipreses.

## TELECOMUNICACIONES

Equipo de onda portadora para protecci3n y comunicaci3n

WESTINGHOUSE  
BROWN BOVERI  
GENERAL ELECTRIC

EE. UU.  
Suiza  
EE. UU.

Equipo de radioenlace telef3nico Itahue-Talca

Plantas telef3nicas autom3ticas

Equipos de radiopatrullas de F. M.

HASLER S. A.  
SIEMENS & HALSKE  
GENERAL ELECTRIC  
MOTOROLA  
INTERNATIONAL STAND-  
ARD ELECTRIC  
TELEGRAPH CONSTRUCTION & MAINTENANCE  
SÜDKABEL  
SIEMENS SCHUCKERT

Suiza  
Alemania  
EE. UU.  
EE. UU.

Radioestaciones de A. M.

Cables telef3nicos

EE. UU.  
Inglaterra  
Alemania  
Alemania

Accesorios telef3nicos

Equipos de protecci3n telef3nica

ERICSSON  
GENERAL ELECTRIC  
ERICSSON

Suecia  
EE. UU.  
Suecia

	FABRICANTE	PAIS
<b>Telecomunicaciones (Continuación)</b>		
Citófonos	SIEMENS & HALSKE WHEELER INSULATED WIRE	Alemania
Baterías telefónicas	DEAC	EE. UU.
Fuentes de energía de emergencia	ONAN	Alemania
Accesorios radiotelefónicos	SIEMENS SCHUCKERT AMPHENOL	EE. UU. Alemania

## 6.2 PROVEEDORES NACIONALES

Sólo se incluyen los proveedores de los materiales y equipos más importantes. No se incluyen los elementos que se emplean en las construcciones corrientes; sobre esto cabe decir que el total del cemento, la madera y el acero para las obras de hormigón armado que se ha usado en el Sistema Cipreses es de procedencia nacional; también son nacionales los vidrios, puertas y ventanas, cerrajería, artefactos sanitarios, etc., usados en los edificios.

### CENTRAL CIPRESES

#### Obras Civiles de la Central

Rejas de la bocatoma, revestimiento de palastro del túnel, maldes para concretar, tapa de entradas y pieza de empalme del túnel con Chimenea de Equilibrio	SOCOMETAL C. A. P. MAESTRANZA MADRID
Revestimiento de palastro del túnel	ENDESA
Máquina limpia-rejas de bocatoma	SOGECO
Carros monorriel	MAESTRANZA CHILE
Puente grúa ventana del túnel	ENDESA
Contrapeso válvulas limitadoras de velocidad, poleas y polines del funicular, compuertas de descarga, equipo de transporte de transformadores	MAESTRANZA CHILE
Carro del funicular	FUNDICION LIBERTAD
Compuertas de descarga	JUAN WINTER
Estanque de aceite de transformadores, compuertas de descarga	IMMAR
Estanque de aire comprimido	MAESTRANZA CHILE MAESTRANZA MADRID

#### Instalaciones eléctricas de la Central

Estructuras metálicas de subestación, celdas para reguladores de voltaje, galvanización	SOCOMETAL
Planchas y perfiles de acero para tableros y estanques de transformadores de distribución	C. A. P. ERIC KING
Piezas metálicas líneas de distribución, galvanización	MADECO
Tubos de cobre y bronce, cables de cobre desnudo, cables de control y de poder, planchas y barras de cobre, tubería para aire comprimido	COBRE CERRILLOS
Alambres para transformadores, alambres forrados en general	JAMES CARR
Transformadores de distribución de 13,2 kV. y de instrumentos	S. E. G. CARLOS STEHLI
Transformadores de distribución de 13,2 kV., tableros de control	ELECTROCOMERCIAL
Transformadores de distribución de 13,2 kV.	

Alambrado de pupitre y tableros de control

Desconectores fusibles de 15 kV., ganchos de alumbrado, etc.

Partes de equipo eléctrico

Aisladores para líneas de baja tensión y telefónicas, bushings para transformadores

Globos de iluminación

Postes metálicos ornamentales

Tubos y planchas de asbesto-cemento

Barras mímicas para tableros de control

#### LINEAS DE TRANSMISION

Cables de cobre para líneas de 154, 66 y 13,2 kV.

Huinchos de tendido de conductores, frenos y enrolladores

Huinchos de tendido (partes)

Poleas para tendido de conductores

Acero para estructuras

Estructuras metálicas galvanizadas

Pernos y galvanización de estructuras

Pernos

Peinetas protectoras para torres, chicotes de puesta a tierra

Peinetas protectoras

#### SUBESTACIONES

Acero para estructuras

Estructuras metálicas galvanizadas

Tableros y pupitres de control

Pernos

Transformadores de distribución de 13,2 kV., tubos y cables de cobre, desconectores fusibles, aisladores, bushings, materiales de instalación y de alumbrado, etc.

INGELSAC  
H. BRIONES Y CIA.

FUNDICION "EL PROGRESO"  
MARIO GALLARDO

FANALOZA  
CRISTALERIAS DE CHILE  
EMPRESA DE DESAGÜES DE  
VIÑA DEL MAR  
PIZARREÑO  
JORGE SMITH

MADECO

FUNDICION LIBERTAD  
MAESTRANZA CHILE  
E. TELLO  
MAESTRANZA "EL PROGRESO"  
C. A. P.  
SOCOMETAL  
C. A. P.  
MAESTRANZA LOURDES  
MECANICA INDUSTRIAL  
FUNDICION LIBERTAD

E. TELLO  
SOGECO

C. A. P.  
Igual a líneas  
ERIC KING  
SOCOMETAL  
S. E. G.  
BRIONES  
ENDESA  
ACHURRA & LUKSIC  
Igual a líneas

Igual a la Central

BIBLIOTECA NACIONAL  
SECCION CHILENA

BIBLIOTECA NACIONAL  
26 AGO 1955  
Secc. Control y Cat.

# INDICE

	Págs.
Mapa de la 3. <sup>a</sup> y 4. <sup>a</sup> región geográfica	Reverso de la portada
Panorama de la Central Cipreses	Anexo
Prefacio	3
Introducción	5
<b>0. GENERALIDADES</b>	<b>10</b>
0.1 Descripción del Sistema Cipreses	11
0.2 Funcionamiento del Sistema Cipreses	12
0.3 Esfuerzo nacional	13
0.4 Financiamiento de las adquisiciones en el extranjero	13
0.5 Costo de las Obras	14
<b>1. CENTRAL CIPRESES</b>	
1.0 Generalidades	17
1.1 Tranque	19
1.2 Bocatoma	21
1.3 Túnel de Aducción	22
1.4 Chimenea de Equilibrio	23
1.5 Cámara de válvulas	23
Foto en colores de la Central	24-25
1.6 Tuberías de presión	26
1.7 Casa de Máquinas	26
1.8 Canal de desagüe	28
1.9 Instalaciones mecánicas	28
1.10 Instalaciones eléctricas	31
1.11 Instalaciones para el personal	35
<b>2. LINEAS DE TRANSMISION</b>	<b>37</b>
2.0 Generalidades	37
2.1 Línea Cipreses-Santiago	38
2.2 Línea Itahue-Charrúa	41
2.3 Líneas de 66 kV.	42
<b>3. SUBESTACIONES</b>	<b>44</b>
3.1 Subestación Itahue	44
3.2 Subestación Cerro Navia	45
3.3 Subestaciones de 66 kV	48

4.	TELECOMUNICACIONES DEL SISTEMA CIPRESSES	49
5.	FAENAS DE CONSTRUCCION	51
5.0	Generalidades	51
5.1	Trabajos preliminares e instalación de faenas	51
5.2	Bocatoma	51
5.3	Túnel de Aducción	52
5.4	Chimenea de equilibrio	54
5.5	Tuberías de presión	54
5.6	Casa de Máquinas	54
5.7	Línea Cipreses-Santiago	54
5.8	Línea Itahue-Charrúa	55
6.	PROVEEDORES	56
6.1	Proveedores extranjeros	56
6.2	Proveedores nacionales	59
	Índice	61





*ESTE FOLLETO SE TERMINO DE IMPRIMIR EL 25 DE AGOSTO DE 1955 EN LOS TALLERES DE LA EMPRESA EDITORA ZIG-ZAG, S. A., SANTIAGO DE CHILE.*

*FOTOGRAFIAS DEL ING. ANTONIO MERCADO; SE EXCEPTUAN LAS DE LA PAG. 52 Y CONTRAPORTADA. TEXTO, ESQUEMAS Y DIBUJOS DEL DEPARTAMENTO DE OBRAS DE LA EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD.*

*ARREGLO TIPOGRAFICO Y DIAGRAMACION DEL DEPARTAMENTO DE PUBLICIDAD Y PROPAGANDA. DIRECTOR: F. DIAZ OSSA. EMPRESA EDITORA ZIG-ZAG, S. A.*

