Los talleres y fuerza motriz de Chuquicamata

EN ESTE ARTÍCULO SOBRE LAS MINAS DE CHUQUICAMATA SE DESCRIBEN LOS DIFERENTES TALLERES Y DEPENDENCIAS DEL ESTABLECIMIENTO METALÚRGICO. LA CENTRAL TÉRMICA, SITUADA A ORILLAS DEL MAR, QUEMA EXCLUSIVAMENTE PETRÓLEO Y USA AGUA SALADA PARA LA CONDENSACIÓN.

Durante la construcción del establecimiento, iniciada en 1912, se erigió un taller provisional para la ejecución de trabajos y reparaciones en general. Más tarde se reemplazó éste por un edificio de acero de tres naves de 71 metros de largo por 25 de ancho dotado de todas las máquinas herramientas necesarias. En la nave central de este edificio se instaló una grúa locomóvil de 35 toneladas, de construcción Whiting, y en una de las naves laterales se instaló una grúa de mano de cinco toneladas. Todos los trabajos de fundición, herrería, calderería, así como las reparaciones de locomotoras y palas de vapor, se efectuaron en este edificio, el cual tiene también un cuarto para guardar las máquinas y herramientas.

Pronto se hizo evidente que los trabajos de reparación necesarios en un establecimiento de esta magnitud, situado a más de 6 440 kilómetros de los centros fabriles, necesitaban nuevos y mayores edificios donde fabricar repuestos y hacer las reparaciones del material. En efecto a principios de 1916 se dió comienzo a la construcción de nuevos edificios para talleres, los que se terminaron y se pusieron en servicio en los primeros meses de 1919.

FUNDICION

El edificio de la fundición es de acero y hormigón armado, de 55 metros de largo por 24 de ancho. Fuera del espacio para las compresoras de aire, ventiladores, cubilotes y piso para la limpieza de piezas fundidas, queda aún un espacio de 700 metros cuadrados para las operaciones de moldeo.

El material de este taller consiste de un horno eléctrico de 1 tonelada, de construcción Snyder; de un cubilote Núm. 3, de un cubilote Núm. 5 , de un horno de petróleo para fundir latón de 1,5 toneladas, de dos hornos para crisoles y de un tambor para limpiar las piezas de fundición.

El material de moldeo consiste de un pisón, de construcción Mumford, con mesa de 76 por 100 centímetros y cilindro neumático de 20 centímetros; de una moldeadora, de construcción Mumford, con mesa cuadrada de 41 centímetros que viene a ser una combinación de prensa pisonadora, vibradora y extractora de modelos; de una tina de 1,5 metros para moler y mezclar la arena; de un horno para sacar los machos o núcleos, que consiste de dos cámaras de 4,5 por 5,4 metros provista de carretillas y vías para el transporte de los machos. El material se lleva hasta la plataforma de carga del cubilote en un ascensor eléctrico de 5 toneladas, de construcción Otis. Al salir las piezas de fundición del piso de limpieza, éstas se pesan y se llevan directamente al taller mecánico o almacén destinado a este objeto.

La grúa eléctrica locomóvil, que abarca el claro de la nave central, se mueve a lo largo de todo el edificio y puede alcanzar cualquier punto del piso de la fundición. Actualmente, la fundición está produciendo 3 855 kilógramos de hierro colado y 1 587 kilógramos de piezas de latón por mes. Como el 10 por ciento de estas ultimas son de latón común, y el resto de latón resistente a los ácidos.

Taller mecanico

El actual edificio del taller mecánico, es de acero, de 88 metros de largo por 32 de ancho, y de 1 115 metros cuadrados de ventanas hacen este taller, que es uno de los más modernos y completos, el mejor alumbrado en el norte de Chile. La herrería, cuyas fraguas son todas de petróleo, se encuentran en un extremo de este edificio. En la nave central hay una grúa eléctrica locomóvil de 11,5 metros de luz capaz de izar 30 toneladas. Las naves laterales tienen sendas grúas eléctricas locomóviles de 15 toneladas y 8,5 metros de luz.

En este taller se hacen las reparaciones de las 45 locomotoras de entrevía normal, 6 para entrevía de 76 centímetros, 150 vagones para mineral y 211 vagones volcables de 12 y 15 metros cúbicos, además de todas las reparaciones inherentes al establecimiento de beneficio de 16 000 toneladas.

Caldereria

La calderería consiste de un patio abierto provisto de una grúa eléctrica locomóvil de 10 toneladas, de 19,5 metros de luz y de 134 metros de trayecto. Al alcance de esta grúa se encuentran las secciones de los frenos neumáticos, soldadura eléctrica y autógena, cizallas, prensas hidráulicas, punsonadoras, curvadoras de planchas, sierras, afiladoras, etc.

Todo el oxígeno necesario para soldar se produce en una instalación especial para este objeto.

Abastecimiento de agua

Puesto que Chuquicamata se halla en un desierto seco y estéril, ha sido menester que la Chile Exploration Company invierta ingentes sumas a fin de abastecerse del agua suficiente para su consumo y fines industriales.

A causa de la escasez de agua en el norte de Chile el gobierno ha tomado medidas preventivas para la regulación de su consumo y uso para fines industriales, siendo necesario hacer uso de ella por medio de mercedes autorizadas por dicho Gobierno. El agua de la mayoría de los ríos es salada e inadecuada para beberla, pero, por otra parte, bastante buena para las aplicaciones industriales.

Las mercedes que obtuvo la compañía son de dos clases: una para el agua industrial y la otra para el agua potable. Las mercedes de agua para fines industriales concedidas alcanzan a 30 000 toneladas diarias, y las de agua potable a 2 160 toneladas.

Las fuentes de abastecimiento son el río Loa y sus tributarios. El agua del Loa, propiamente tal, es salada, pero las de algunos de sus tributarios está libre de sales, especialmente las aguas del rio Toconce desde el cual la compañía obtiene actualmente el agua dulce para su establecimiento.

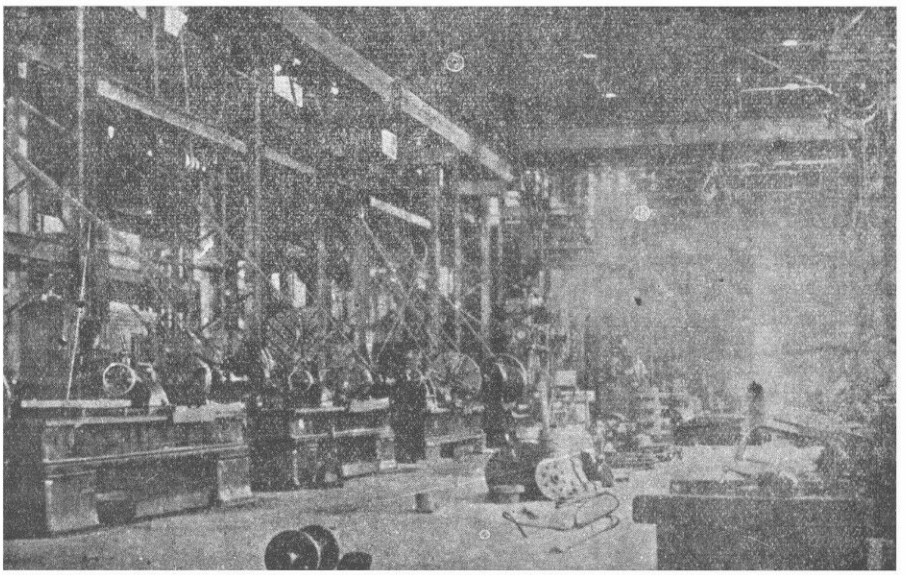
Todos estos ríos tienen su orígen en las crestas nevadas de los Andes de la frontera boliviana. La cuenca del Toronce se encuentra a una altitud de 4 054 metros, en medio de un agreste y pintoresco panorama. La conducción de agua desde su nacimento hasta Chuquicamata se hace por gravedad mediante una cañería de 97 kiómetros de largo. Esta cañería tiene en su mayor parte 23 centímetros de diámetro, salvo en los últimos 12 kilómetros, donde es sólo de 15 centímetros. El agua potable se conduce hasta dos estanques de hormigón de 1 500 toneladas métricas cada uno, situados sobre la mina a una altitud de 3 088 metros.

De las fuentes de abastecimiento de agua para fines industriales sólo se ha aprovechado hasta

el presente la mitad de una de ellas. Esta merced se le conoce con el nombre de concesión del río San Pedro.

El San Pedro es una vertiente estrecha, que pasa como a 25 kilómetros mas arriba de la estación de San Pedro del ferrocarril de Antofagasta a Bolivia. El gasto medio de este río es muy cerca de 51 000 toneladas métricas diarias. Tiene su orígen en cinco manantiales termales situados entre los altísimos picos de San Pablo y Paniri.

Las aguas de estos manantiales forman una laguna, al sur de la cual se extiende una pampa angosta y cubierta de sales blancas, por lo que se le da el nombre de pampa blanca. Los mantos salinos que dan a esta pampa su aspecto blanquecino tuvieron su orígen en la evaporación de los manantiales aludidos. A los aficionados a la caza les interesará saber que en esta laguna habitan millares de patos silvestres y de cuando en cuando se realizan allí cacerías que no tienen par en otras partes del mundo.



Talleres mecánicos de Chuquicamata. Estos talleres son un modelo en su clase. Todo su equipo fué comprado en los Estados Unidos

La bocatoma establecida por la compañía se encuentra en el desfiladero del río San Pedro, un poco más arriba que la bocatoma del ferrocarril de Antofagasta a Bolivia y a 3 183 metros de altitud. El agua desciende hasta el establecimiento por gravedad mediante una cañería cuyo extremo superior es de 23 centímetros, y el inferior de 15 centímetros.

El largo de la cañeria es de 59 kilómetros y descarga en tanques de almacenamiento ubicados en el establecimiento. El gasto es de 8 200 toneladas por cada 24 horas. Los depósitos de almacenamiento consisten de un tanque de acero y de un estanque de hormigón, cuya capacidad combinada es de 15 000 toneladas.

La central termica de tocopilla

Esta central está situada en la costa misma de Tocopilla, a una distancia de 141 kilómetros al oeste de Chuquicamata. Su situación facilita la descarga del petróleo desde los barcos, a la vez que permite usar el agua del mar para la condensación, alcantarillado, lavado, etc. La instalación consiste de dos edificios independientes, uno de los cuales contiene los transformadores y aparatos de alta tensión, y el otro las calderas, turbogeneradores, cuadros de distribución y aparatos de baja tensión. Los edificios son de acero, con paredes, pisos y tabiques hechos de losas de hormigón. El techo es de hierro ondulado, protegido y aislado con corcho por el lado interior. A causa de las perturbaciones sísmicas, frecuentes en esta parte del país, se tomaron precauciones especiales en el proyecto de los cimientos y edificios a fin de proteger éstos y las instalaciones que encierran.

La instalación de Tocopilla dispone tambien de un edificio para las oficinas, de otro para el laboratorio, ambos de madera, y de un almacén de hormigón armado de amplias proporciones. Hay también un taller mecánico bien montado donde pueden hacerse las reparaciones sencillas del material.

Las habitaciones para los empleados superiores, ubicadas como a 1 000 metros de la central, las proporciona la compañía. Estas son de madera y de cuatro clases: Casas para los jefes superiores, casas para los superintendentes, habitaciones para los empleados casados y habitaciones para los solteros. Las casas para los jefes superiores se encuentran sobre un morro que domina el panorama, como a 1 000 metros desde la costa y a 30 de altitud. La mayor parte de las habitaciones para los casados se hallan alrededor de una curva en forma de herradura en cuyo interior hay una cancha de raqueta, una fuente y un cuadro de flores y cesped tan hermoso como el más del norte de Chile siendo a la verdad un grato y agradabilísimo sitio en ese desierto.

Cerca de esta herradura se encuentran las habitaciones de los empleados solteros y unas cuantas casas para casados, el hospital, la escuela de la compañía y la llamada "casa de recreo" que la empresa facilita como balneario para los empleados superiores de Chuquicamata que prefieran pasar sus vacaciones en Tocopilla por estar esta ciudad a menor altura.

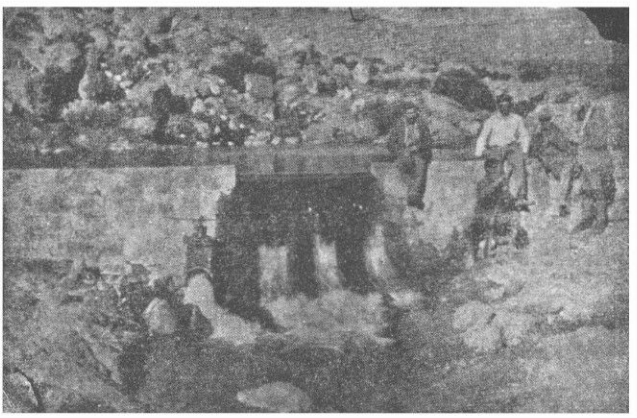
Lo único que los empleados superiores tienen que pagar por el uso de estas casas consiste en una cuota nominal que va a un fondo de reseva para reponer el moblaje, además de un pequeño recargo por el consumo de electricidad que pase de cierta cantidad. El agua dulce se suministra gratuitamente. Dentro del envergado que rodea la central de energía hay también una casa para visitantes que usan los empleados superiores de paso en Tocopilla o visitantes de la compañía.

Los obreros chilenos viven en la ciudad de Tocopilla, pero la compañía les suministra gratuitamente el agua dulce. Otros habitantes de la ciudad compran el agua en barriles de 20 litros.

El 21 de Mayo de 1913 la compañía firmó un contrato para la erección de las cuatro primeras unidades y aparatos auxiliares de la central termica, cuya construcción se debió terminar antes del primero de Abril de 1915. Esta instalación consiste de 16 calderas de 600 caballos, tipo marino, de construcción Babcock and Wilcox, cada una provista de recuperadores tubulares de acero; de cuatro turbinas de 10 000 kilovatios, conectadas directamente con generadores trifásicos de 10 000 kilovatios, 5 000 voltios y 50 ciclos. La instalación consiste, además, de cuatro transformadores de 10 000 kilovatios y de todos los aparatos de alta y baja tensión necesarios para conducir la corriente hasta las líneas de transmisión. Además de estos aparatos, se instalaron cuatro evaporadores de una camara, de construcción "Weir," capaces de suministrar 10 toneladas de agua destilada por hora. De 1918 a 1919 el edificio de la central se ensanchó por el lado del norte para instalar dos nuevas calderas del mismo tipo y construcción que las anteriores, pero de 1 350 caballos cada una; un turbogenerador de 10 000 kilovatios, construido por la General Electric Company, y todos los aparatos correspondientes, incluso un transformador de 10 000 kilovatios. También se instaló en esta nueva extensión un evapo-

rador, de construcción "Lille", de tres cámaras, con capacidad de 10 toneladas de agua destilada por hora. Esta nueva instalación exigió el aumento del tamaño de la bocatoma en el mar. En 1921 se aumentó nuevamente la instalación con otra unidad de 18 000 kilovatios, compuesta de un turbogenerador y construida por la General Electric, ubicandola en el extremo sur del edificio. Esta instalación se suplementó con una unidad evaporadora de una cámara, de construcción Rowe y Davis, con capacidad de 2 toneladas de agua por hora.

Como combustible se usa exclusivamente petróleo, para cuyo almacenamiento se usan tres depósitos de acero de 55 000 barriles cada uno. El petróleo se conduce directamente desde los barcos hasta los depósitos por medio de bombas y a través de una tubería compuesta de secciones de acero colocadas alternativamente con mangas de goma soportadas por pontones, siguiendo después por tierra por una tubería de acero. El petróleo entra con una presión de 10.2 atmósferas en los quemadores de los fogones, los cuales pulverizan mecánicamente el combustible. Antes de entrar este en los quemadores se calienta hasta que su temperatura le dé la viscosidad necesaria para su perfecta combustión.



Bocatoma en el río San Pedro

El tiro lo suministran ventiladores accionados mecánicamente, y cada caldera está dotada de un ventilador para tiro inducido que descarga el aire al pie de la chimenea por medio de una tobera especial. Cada caldera tiene, además, su correspondiente recuperador y recalentador. Tanto el agua de alimentación como el agua dulce para el consumo del personal se obtienen evaporando el agua salada en los aparatos antes mancionados. El vapor de los evaporadores de una cámara se condensa en los tanques para el agua de alimentación de las calderas por medio de las condensaciones que vuelven de los fosos de los condensadores principales. La unidad de una cámara está provista de condensadores especiales, usando como medio refrigerante bien el agua salada o las condensaciones de una de las unidades principales. Para el almacenamieno del agua dulce hay dos tanques, cuya capacidad total es de 2 700 toneladas. Hay además un calentador, de construcción Cochrane, para el agua de las calderas el cual conduce el agua hasta los recuperadores a una temperatura no menor de 100 grados Celcius; el calor de estos lo suministran los evaporadores y el vapor de escape de los aparatos auxiliares movidos por el vapor. Las tuberías de agua para las calderas son dobles, y para dar al servicio la mayor adaptabilidad posible se emplean bombas de vapor y eléctricas para la alimentación de las calderas. El vapor va a la tubería colectora a una presión de 18,3 atmósferas y a 288 grados Celcius aproximadamente.

La central térmica está construída de acuerdo con los principios de las centrales eléctricas modernas. La central primitiva se proyectó con casi todos los aparatos auxiliares movidos por vapor. y del vapor producido por los aparatos evaporadores se dependía para la calefacción del agua de las calderas. Los generadores construidos por la General Eléctric están provistos de aparatos auxiliares eléctricos, y el vapor para la calefacción del agua para las calderas se obtiene del escape de una turbina que trabajará en paralelo con la barra colectora principal mediante un cortacircuito. Los condensadores primitivos están construidos de acuerdo con la práctica europea, teniendo, por tanto, cuerpo de acero; las máquinas construidas por la General Electric son, por supuesto, de construcción norteamericana, con cuerpo de hierro fundido. Los tubos de condensación son de calibre normal, pero se les ha sometido a un proceso de fabricación especial que permite usar con excelentes resultados, agua salada para la condensación.

Se emplean varias clases de bombas neumáticas para la condensación hidráulica, y en la unidad compuesta de aparatos de contrucción General Electric hay una tobera de vapor para los casos de emergencia. los excitadores pueden moverse por vapor o eléctricamente.

A causa de la gran cantidad de algas marinas que las tormentas arrojan en Tocopilla, se tomaron medidas especiales, instalando parrillas ipermutables y bocatomas dobles. Para desviar de las bocatoma las corrientes naturales del litoral se construyó un rompeolas a su alrededor.

Los aparatos de gobierno y los cuadros de distribución son del tipo moderno aprobado y muy completos.

El edificio en que se encuentran los aparatos de conmutación consiste de tres pisos y está contiguo a la sala de turbinas; el cuadro de distribución y los conmutadores de aceite para 5 000 voltios se encuentran en el segundo piso, y las barras colectoras dobles en el piso de más arriba. En la planta del edificio hay instalados dos transformadores para el servicio de la central de 1 500 kilovatios, 5 000 a 500 voltios, con reguladores de inducción; en este mismo piso están también los acumuladores eléctricos y los reóstatos para el campo magnético de los generadores. Estos últimos se gobiernan a mano y están situados inmediatamente debajo del tablero de manejo del generador.

Los cinco generadores para incrementar el voltaje de la corriente, junto con todos los aparatos de alta tensión se encuentran en un edificio separados y muy lejos del de conmutación. Cada uno de estos transformadores es de 10 000 kilovatios trifásicos, conectados en Y y para elevar el voltaje de 5 000 a 110 000, con aislamiento por aceite y enfriamiento mecánico, provisto de tanques para la expansión del aceite, bombas para la circulación de este último y serpentines de plomo para el enfriamiento dispuestos en tanques de hormigón. El aceite se lleva desde los tanques del transformador a los serpentines de plomo que están sumergidos en agua.

Las barras colectoras dobles y todos los conductores de alta tensión son de tubos de latón, soportados por aisladores rígidos de pocelana y dispuestos para rendir el mayor servicio con toda la seguridad necesaria.

La protección contra altas frecuencias y perturbaciones en el voltaje se efectúa por medio de bobinas de reactancia conectadas a tierra desde la transmisión y provistas de arrollamientos secundarios para el voltímetro, junto con antenas conectadas en delta e Y, además de la resistencia de límites para la energía, sumergidas en aceite y provistas de timbres de alarma en los tableros de distribución para anunciar las altas temperaturas.

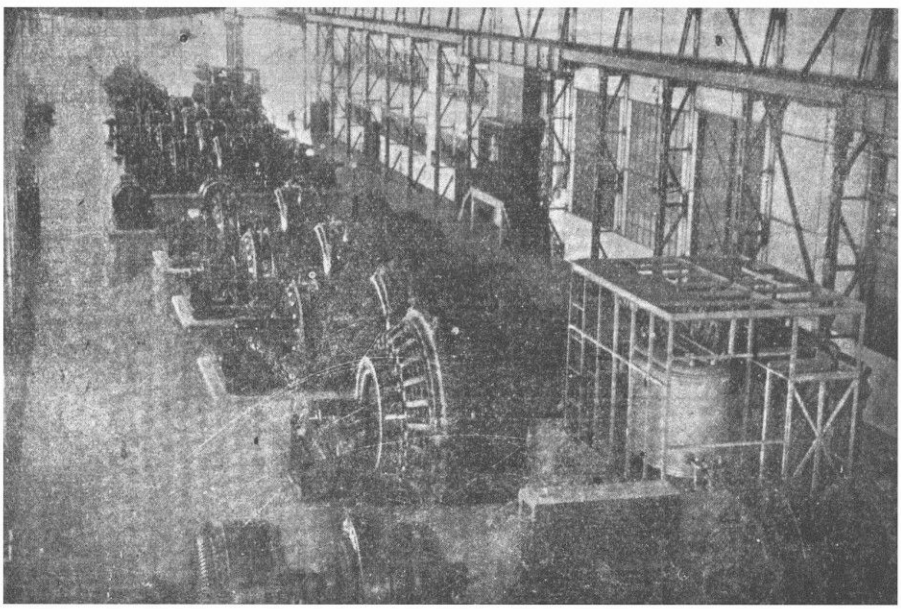
Las dos líneas de transmisión a Chuquicamata están provistos de cortacircuitos de aceite y de interruptores, todos ubicados en el edificio de conmutación de alta tensión. Estas líneas de transmisión son de un sólo circuito y consisten de torres de acero que soportan tres conductores de 7 ramales de calibre 3-0 y situados en un plano horizontal y a 4 metros de distancia. En ambas líneas se usan aisladores colgantes de 7 discos o platos. Estas dos líneas convergen en un punto situado a 10 kilómetros de la central generatríz, donde se conectan con una barra colectora que a su vez está acoplado con la línea de Chuquicamata. Fué necesario recurrir a esta construcción a causa de que la sal de costa se acu-

mula en los aisladores. Para prevenir las fugas eléctricas es menester lavar los aisladores de la sección de la costa de tiempo en tiempo.

El rendimiento mensual de esta central es como término medio, de 20 000 000 de kilovatios hora. El 90 por ciento de la carga es constante y en tales proporciones que permite mantener las máquinas funcionando a su capacidad máxima casi todo el tiempo que está en servicio. Como se quema exclusivamente petróleo se puede medir con toda precisión el consumo diario, y los mejores rendimientos hasta hoy alcanzados dan 5 342 calorías por kilovatios hora.

La instalacion de energia en Chuquicamata

Como ya queda dicho, la energía se transmite desde Tocopilla por medio de una línea de transmisión de 144 kilómetros, compuesta de tres conductores montados sobre torres de acero. En Chuquica-



Subestación de distribución eléctrica en Chuquicamata

mata el voltaje de la línea se mantiene a 100 000 voltios. Desde el kilómetro 10 que es el punto de empalme en las afueras de Tocopilla y donde las dos líneas se reunen, las condiciones climatológicas son adecuadas para la transmisión de energía, puesto que esa región es un desierto muy seco y la única desventaja consiste en la diferencia de temperatura de 32 grados Celcius entre el día y la noche.

La subestación principal de distribución, ubicada en Chuquicamata, consiste en un edificio de acero y hormigón armado y contiene convertidores rotativos y grupos electrógenos con un rendimiento total de 33 420 kilovatios de corriente continua (130 200 amperios) más los aparatos transformado-

res necesarios para reducir el voltaje desde 100 000 a 500 y 182 voltios. Este último voltaje es suministrado por un transformador independiente de 7 500 kilovatios, que reduce el voltaje de 100 000 a 182 voltios, instalado a la intemperie, el cual suministra corriente a dos convertidores rotativos de 3 480 kilovatios. Además de estas máquinas, hay instalados dos convertidores rotativos semejantes en construcción y tamaño al interior, cada uno de los cuales recibe la corriente por intermedio de transformadores que la reducen de 5 000 a 182 voltios. Los transformadores para estos cuatro convertidores rotativos tienen también una derivación de calibre 2-3 en el lado secundario, la cual, junto con el dispositivo de regulación en el aparato rotativo, permiten un voltaje de corriente continua que varía entre 120 y 290 voltios. Los convertidores están proyectados para funcionar a toda carga con un factor de potencia suficiente para contrarrestar el retardo de corriente del material asíncrono en todo el establecimiento metalúrgico y la mina.

Además de los convertidores rotativos, hay siete grupos electrógenos de 2 500 kilovatios cada uno Estos grupos consisten de dos generadores trifásicos de corriente continua de 5 000 voltios, movidos por motor, con excitación independiente suministrada por un generador de corriente continua y movido por un motor de 5 000 voltios. Cuatro de los motores que mueven los grupos de 2 500 kilovatios son de tipo asíncrono, siendo síncronos los tres restantes. Tanto los convertidores rotativos como los grupos de generadores síncronos se ponen en marcha usando uno de los excitadores como generador el cual suministra un voltaje reducido por el extremo de la corriente contínua de la máquina de que se trata de poner en marcha. Este voltaje se aumenta gradualmente hasta que la máquina alcance una velocidad síncrona. Los grupos electrógenos asínconos adquieren su velocidad por medio de aparatos de arranque con líquido usados en el devanado secundario de los motores. Las conexiones pueden hacerse desde el extremo de la corriente continua de los convertidores rotativos y de los grupos electrógenos para que estos aparatos suministren independientemente la corriente necesaria para los diferentes circuitos de los tanques electrolíticos, o bien pueden combinarse dos o más máquinas en caso de ser menester una corriente extraordinaria en cualquiera de dichos circuitos.

En la instalación electrolítica se utiliza aproximadamente entre el 80 y 85 por ciento de la corriente total que se recibe en la subestación.

Además de la corriente para la instalación electrolítica, se llevan hasta los centros de distribución conductores de 5 000 voltios, cuya corriente se utiliza en el establecimiento metalúrgico y en la mina La mayor parte de estos conductores son cables trifásicos subterráneos de 152 milímetros cuadrados. La red de distribución de la mina consiste de varios cables subterráneos de 5 000 voltios situados en los diferentes cortes para el servicio de las palas eléctricas, cada una de las cuales está provista de transformadores de 5 000 a 500 voltios que suministran la corriente a los electromotores de las palas. Los cables blindados a flor de tierra y situados entre los conductores principales de los cortes y las palas son de largo suficiente que las palas se mueven libremente a lo largo de los hastiales de los cortes y por una distancia de varios centenares de metros. En los conductores de los cortes hay cajas de empalme que permiten cambiar facilmente la conexión de los cables a flor de tierra de uno a otro lugar. Hay también varias compresoras de aire movidas por electromotores síncronos que suministran el aire necesario para los diversos cortes. Hay asimismo pequeñas estaciones para la transformación de corriente que suministran la energía de los talleres de reparación y las sondas accionadas eléctricas.

En los establecimientos metalúrgicos hay estaciones de transformación de 11 000 kilovatios amperios de 5 000 a 500 voltios provistas de cables de transmisión de baja tensión que van a los diferentes departamentos. Una estación de transformación suministra la corriente necesaria para el volcador de vagones y para la trituración primaria del mineral. Otra estación suministra la corriente para la trituración secundaria, transportadores sin fin y para los puentes cargadores de mineral que hay sobre las tinas de lixiviación. Una tercera estación suministra la corriente para la instalación desclorizadora, para las bombas de la solución, para el departamento en que se fabrican los tubos de mástique asfál-

:ico, para la instalación en que se fabrican los ánodos y el edificio de los tanques (exclusos los para precipitación electrica). La cuarta estación transformadora está situada en la fundición y suministra a corriente para ese departamento. así como para los talleres mecánicos, fundición, calderería, instaación del oxígeno y para el alumbrado de una población compuesta de 12 000 obreros chilenos.

En todo el establecimiento existen 952 motores de inducción, cuya potencia suma en total 78 874 caballos.

(*Ingeniería Internacional*),

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE