

LA CENTRAL HIDROELECTRICA JUAN CAROSIO-MOYOPAMPA, EN LIMA (PERU)

Por W. WACHTER, Ingeniero.

Presentamos en dos artículos la descripción de un importante aprovechamiento hidroeléctrico construido en Lima, que ha tenido la amabilidad de enviarnos el autor, Director General de la Compañía Bell, de Lucerna, participe en la construcción y explotación del mismo.

Generalidades.

Como en todas partes, el aumento de consumo de energía eléctrica (que por término medio fué el 8,6 por 100 durante los últimos años) y la dificultad de adquirir durante la guerra maquinaria para aumentar los medios de producción determinó una escasez grande de energía eléctrica en la región de la capital del Perú, donde el abastecimiento de luz y fuerza está concedido a la "Empresas Eléctricas Asociadas, S. A." (Lima Light & Power Co.), que más tarde se integró en la Compañía Hidrandina o Energía Hidroeléctrica Andina.

Al término de la guerra había una gran demanda de energía imposible de cubrir, debido a la escasez de medios de producción, por lo que se decidió la construcción de la Central Hidroeléctrica Juan Carosio-Moyopampa.

Las obras empezaron en el año 1947, inaugurándose la Central en 1951, en cuya fecha el consumo anual de energía por habitante en la zona abastecida es de 350 Kw./hora anual (la séptima parte de promedio en Suiza), lo que señala las grandes posibilidades de desarrollo industrial que presenta el país.

Como la Compañía concesionaria es la única que

puede suministrar energía en la zona, es necesaria una gran seguridad de servicio, lo que exige importantes instalaciones de reservas.

El proyecto, la instalación y el suministro de maquinaria han sido hechos totalmente por empresas suizas.

Capital suizo está interesado en la la Empresa, a pesar de lo cual se ha publicado muy poco hasta la fecha en Suiza sobre la Central hidroeléctrica que nos ocupa.

Cuenca hidrológica.— La Central de Moyopampa utiliza el desnivel del río Santa Eulalia, en el tramo comprendido entre el pueblo de Chosica, situado unos 40 Km. al este de Lima hasta la Central situada en Callahuanca.

El tramo en cuestión mide unos 14 Km., en el que el río pierde aproximadamente un desnivel de 500 m.

La cuenca hidrológica que alimenta al río tiene 1 200 Km.² de extensión, de los cuales la mitad aproximadamente se encuentran a altitudes comprendidas a 3 000 y 6 000 m., que son las que verdaderamente aportan agua al río, pues en la otra mitad de la cuenca, con altitudes menores de 3 000 m., sólo llueve excepcionalmente.

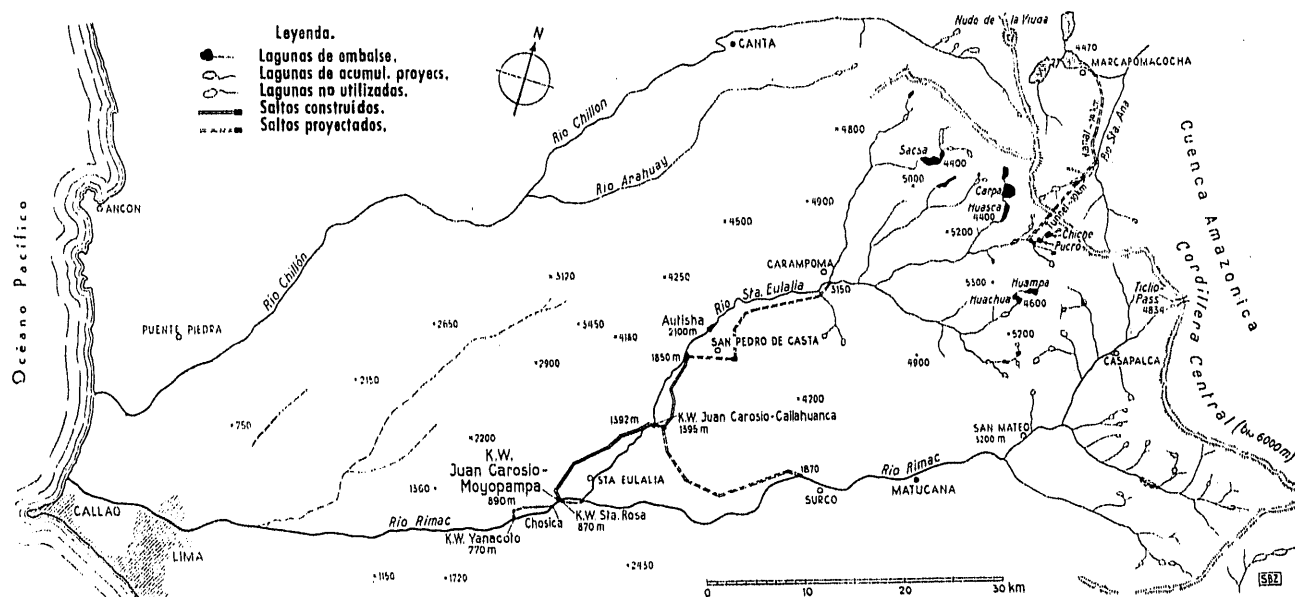


Fig. 1.ª — Cuenca de los ríos Rimac y Santa Eulalia, con los saltos existentes y proyectados. Escala: 1:700 000.



Fig. 2.ª — Presa de contención de la laguna Sacsá, a una altura de 4,000 m.; capacidad útil, 16 millones de m.³.



Fig. 3.ª — La laguna Pucro (en primer término) y Chiche, con una capacidad total de 4,3 millones de m.³. A la derecha de Pucro, las casitas de los guardas con la estación de radio.

El estiaje del río Santa Eulalia, al igual que los otros de la región del Este de los Andes, es largo y pronunciado, lo que ha obligado a la Sociedad Anónima Empresas Eléctricas Asociadas a agotar las posibilidades de embalses utilizando al máximo las lagunas naturales y creando embalses artificiales que permiten acumular unos 70 000 000 de m.³, haciendo posible que el caudal del río en estiaje aumente desde 1,5 m.³ por segundo hasta 4,5 m.³ por segundo.

Cuadro 1. — Datos principales del salto Moyopampa.

		En construcción	
		Inicial	Definitiva
Cuenca de alimentación.	km.²	1200	2000
Caudal.	m.³/s.	10 2/3	16
Caida bruta	m.	500	500
Caida neta (a plena carga).	m.	460	460
Potencia de las turbinas.	HP.	60 000	90 000
Potencia de los alternadores.	KW.	42 000	63 000
Grupos	cantidad	2	3
Tuberías de presión.	cantidad	2	3
Producción anual de energía en mill. KW/h.		190	400

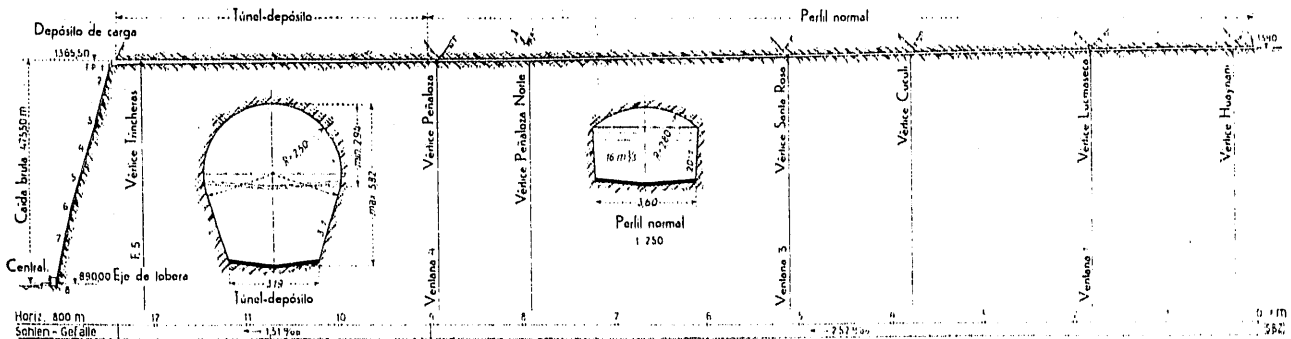


Fig. 4.ª — Perfil longitudinal del salto Moyopampa. Longitudes, 1:75 000; alturas, 1:15 000.

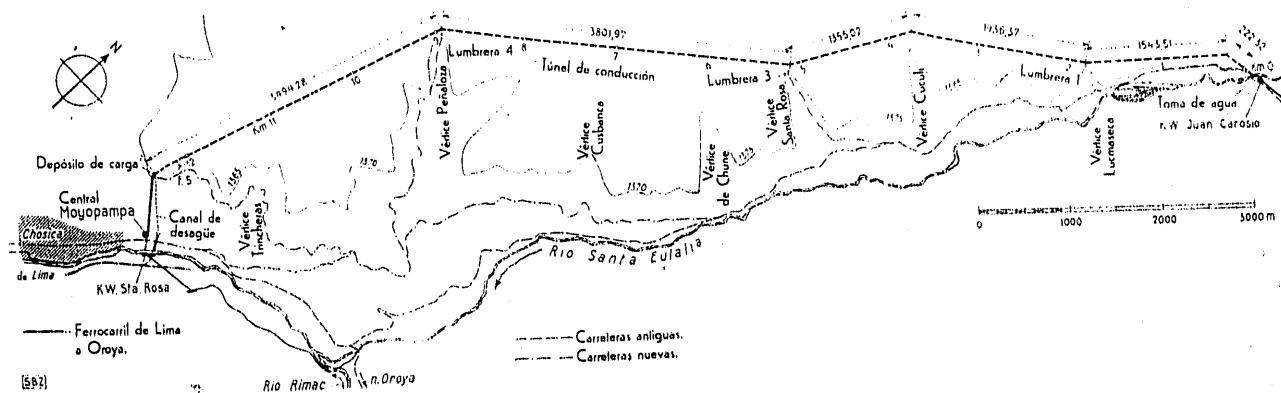


Fig. 5.ª — Plano general del salto de Moyopampa. Escala: 1:75 000.

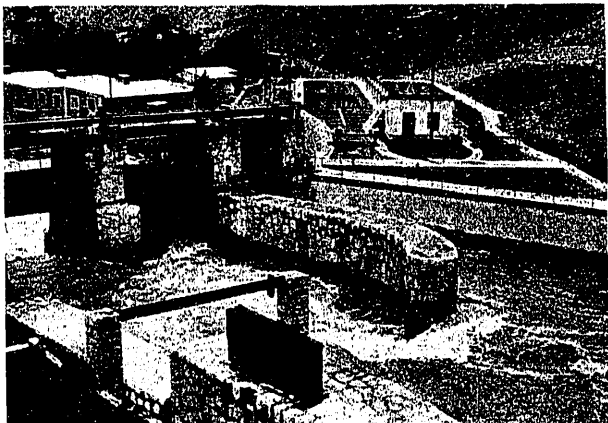


Fig. 6.ª — Toma de agua Moyopampa.

Existe también la posibilidad de trasvasar el caudal de otros ríos al Santa Eulalia, lo que permitiría doblar el caudal de este último, circunstancia que se ha tenido en cuenta al proyectar la Central que nos ocupa.

Toma de agua. — La disposición de la toma de agua se puede observar en las figuras 6.ª a 9.ª.

A la salida del canal de la Central de aguas arriba se ha construido una presa de toma con una compuerta de desvío que permite que el agua, después de pasar por las turbinas de aquella Central, vaya por un sifón situado en la solera de la presa, bien sea al canal que alimenta la Central de Moyopampa o al río.

Las compuertas y los mecanismos de toma se accionan eléctricamente y pueden dar paso a un caudal de 180 m.³ por segundo, sin que el remanso normal en el vertedero supere la cota de 1 392 m.

Como la pendiente del río es muy pronunciada (del 4 a 5 por 100) y los arrastres a veces muy importantes, se ha construido un desarenador formado por cinco conos de sedimentación, que permite separar sucesivamente las arenas gruesas y el guijo.

La rejilla tiene 38 mm. de separación entre barras y de ella parten dos canales de 3 m. de ancho cada uno, capaces de dar paso a un caudal de 8 m.³ por segundo, sobre los que se han construido 9 embudos de sedimentación que pueden purgarse individualmente.

Al final de los desarenadores está el embalse dotado de un vertedero, en previsión de cualquier falsa maniobra de las compuertas.

Desde el embalse la conducción se hace en túnel.

A la entrada del túnel hay una rejilla gruesa, y el túnel, que tiene 12,5 Km. de longitud, permite un gasto de 16 m.³ por segundo.

La topografía y la naturaleza del terreno han permitido ensanchar considerablemente la sección del túnel en su último tramo.

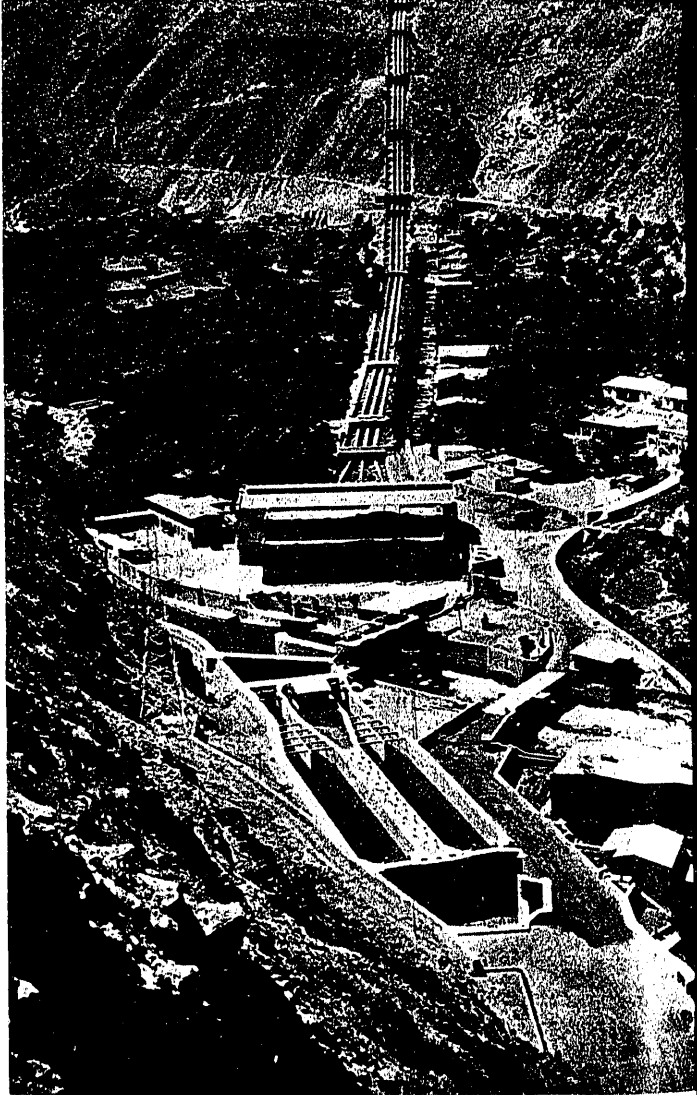


Fig. 7.ª — Presa y desarenadores de Moyopampa, con la central Juan Carlos Callahuanca, en el fondo.

De este modo se ha podido acumular hasta 3 500 metros cúbicos de agua, formando un depósito a la entrada de la tubería forzada, lo que permite cubrir pequeñas puntas en la carga de la Central.

Todo el canal está construido con soleras de hormigón, lo que hace posible recorrerlo en jeep, facilitando así las revisiones y las reparaciones de averías.

Depósito de carga. — El depósito está dotado de otros tres embudos de sedimentación, con purga individual, para separar las piedras y la arena que pudiesen caer en las partes del canal no recubierto.

En el borde hay un aliviadero que, mediante otro canal, conduce de nuevo al río el agua que rebosa.

A la entrada de la tubería forzada existe un cierre de madera accionado a mano, que se emplea únicamente en las revisiones.

En cada uno de los tubos que alimentan las turbinas hay un cierre que actúa automáticamente en cuanto el gasto excede en un 20 por 100 de lo normal. Este cierre puede accionarse también eléctricamente desde la Central.

Tubería forzada. — Es completamente recta y

va apoyada sobre el terreno, formado todo él de rocas sólidas.

Tiene 800 m. de longitud, dividida en tramos que van anclados en los puntos de fijación y llevan juntas de dilatación.

La pendiente varía entre el 66 y el 70 por 100,

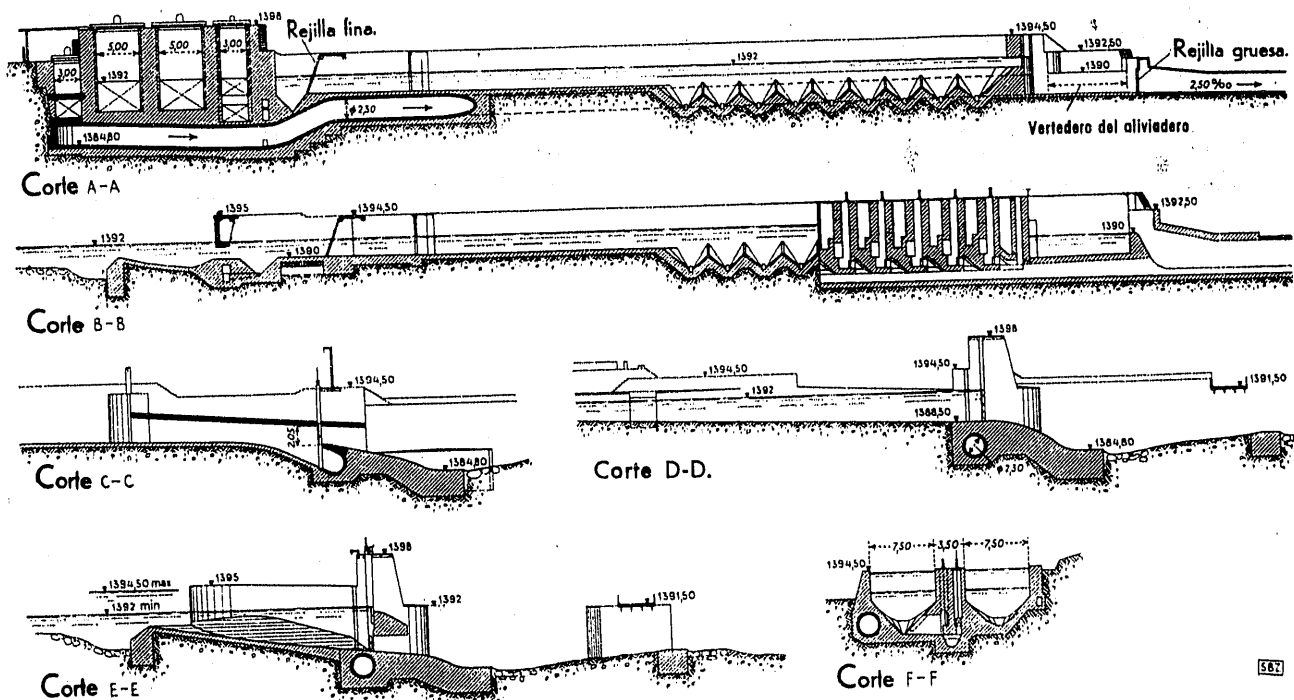


Fig. 8.ª — Cortes relacionados con la figura 9.ª. Escala, 1:800.

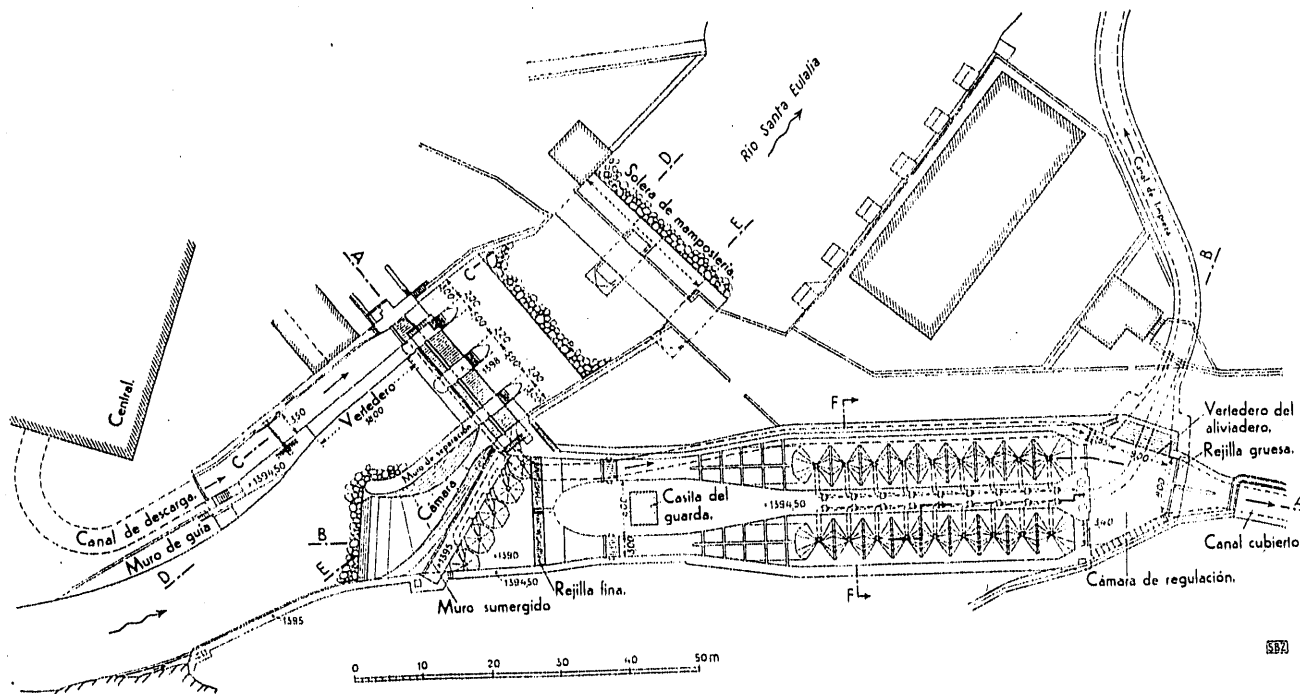


Fig. 9.ª — Toma de agua y desarenadores. Planta. Escala: 1:1000.

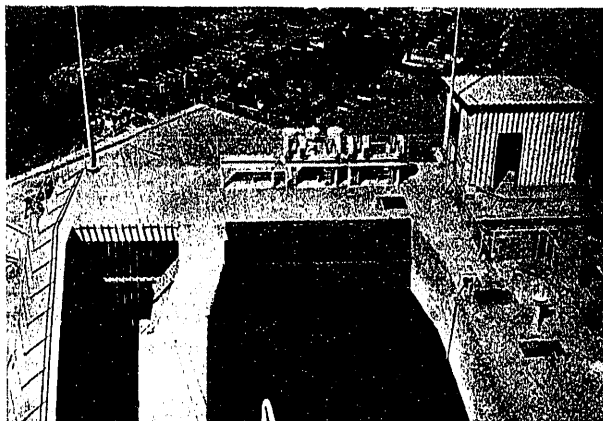


Fig. 10. — Depósito de carga con aliviadero de fondo, en el valle Chosica.

y el diámetro que en el depósito de carga es de 1 250 milímetros disminuye hasta 1 050 mm. con espesores crecientes desde 10 hasta 27 mm.

Los apoyos van distanciados 9 m. en el tramo superior y 6 m. en el tramo inferior. Los tubos de espesor menor de 20 mm. van reforzados a ambos lados del apoyo por un aro de chapa de acero.

Al lado de la tubería se ha construido un funicular en la forma usual.

A la entrada de la Central hay un tubo de bifurcación con dos derivaciones que ha resultado muy favorable desde el punto de vista hidráulico, pues gracias a la forma curva no tienen importancia las tensiones suplementarias y las deformaciones que se producen como resultado de las variaciones de longitud de las tuberías, producidas por las oscilaciones de temperaturas y de tensión.

La unión de las tuberías forzadas a los tubos de bifurcación se ha hecho en forma deslizante, lo que reduce al mínimo el esfuerzo suplementario.

El diámetro interior de los distribuidores varía entre 1 050 y 650 mm.

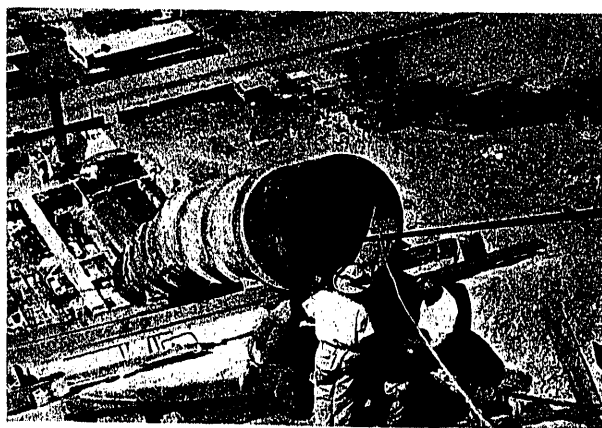


Fig. 11. — Montaje de la tubería forzada.

Un tercer tubo de distribución será montado cuando exista el tercer grupo en la Central y se unirá directamente al actual por medio de bridas.

La tubería está construida con acero Siemens, de calidad M.1 para los tubos de 1 250 de diámetro, y de calidad M.2 para los de mayor espesor y los de distribución. Todas las juntas circulares y longitudinales de los tubos van soldadas eléctricamente.

Los tubos de distribución y los de más de 20 mm. de espesor se han recocido a 620° para eliminar la tensión interior.

El espesor teórico se aumentó en un 10 por 100, para tener en cuenta cualquier sobrepresión estática. Se admite una tensión circular de 10 a 11,5 Kg. por milímetro cuadrado, y para tener en cuenta la oxidación se aumenta el espesor señalado para los tubos rectos de 1 mm., y 2 mm. para las piezas de otras formas.

La tubería, que fué pulida y limpiada con chorro

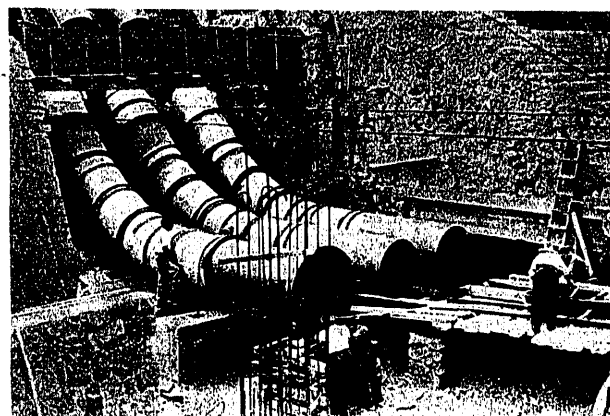


Fig. 12. — Tuberías forzadas en el punto más bajo de anclaje, contiguo a la central.

de arena cuidadosamente, se pintó con dos manos de Inertol en fábrica.

Al terminar el montaje se volvieron a dar dos manos de Inertol por el exterior y una en el interior, y para contrarrestar la intensidad de radiación solar, la segunda mano de Inertol se aplicó al exterior, mezclada con un pigmento de aluminio.

Central. — Después de estudiar algunos emplazamientos se decidió su situación por la proximidad a la carretera que conduce al interior del país, lo que daba gran facilidad de transporte y además porque la tubería era más corta.

La Central consta de tres secciones que constituyen otros tantos edificios, que son:

La casa de máquinas, el edificio donde están los transformadores y la casa-administración.

Los edificios son de ladrillo, pero el armazón es de cemento armado; la cubierta plana común a los

tres es también de cemento armado con juntas de dilatación. En el cálculo de la Central se ha tenido en cuenta la circunstancia de que se encuentra en una zona sísmica.

Construcciones auxiliares.—El canal de desagüe, el foso previsto para caso de rotura de la tubería, el canal que conduce de nuevo al río el agua que rebosa del depósito de carga y un pequeño ramal de ferrocarril que une la Central con la vía férrea, situada en la orilla opuesta, son las principales construcciones auxiliares de este salto.

El canal de desagüe consta de un tramo cubierto de 70 m. que cruza por debajo de la carretera de acceso a la Central, y un segundo tramo de la misma longitud, pero ya descubierto.

En la unión de ambos tramos va un amortiguador con vertedero dispuesto para realizar medidas de pruebas.

Ejecución de las obras.—Tanto el proyecto como la ejecución de las obras fueron contratados por Hidrandina con la Motor Columbus, S. A., de Baden (Suiza).

Las obras de fábrica se contrataron a su vez con la sucursal peruana de la Empresa Constructora danesa "Christiani & Nielsen".

La dirección técnica fué confiada a un grupo de Ingenieros de los que la mitad eran peruanos y la otra mitad suizos y daneses.

También intervinieron accidentalmente italianos y franceses.

Comenzaron las obras en enero de 1947 con la construcción de la carretera de acceso, línea de transporte de energía eléctrica, perforación de túneles y colonia para alojar unos 1 500 obreros.

Parte del campamento se encontraba en la región del mosquito del paludismo, contra el cual se luchó con éxito, gracias al empleo intensivo del DDT.

La construcción de la presa se hizo en tres etapas que correspondieron a cada una de las dos mitades del vertedero y al desarenador. Los agotamientos fueron de pequeña importancia.

La perforación del túnel se hizo abriendo previamente pozos que permitieron simultanear el trabajo en siete frentes.

El tramo mayor mide escasamente 4 km., y para el avance se emplearon martillos de aire comprimido con inyección de agua, palas automáticas y carros "Jumbo" arrastrados por locomotoras eléctricas.

Una dificultad importante fué el conseguir agua para los martillos, pues la que se podía bombear del valle fué insuficiente, y aunque se hicieron instalaciones de bombeo a muchos kilómetros, hubo que completar la dotación de agua transportándola por medio de camiones.

En los tramos estrechos del túnel, cuya sección es de 9,3 m.², la perforación se hizo de una vez en toda la sección, pero en el tramo bajo, donde la sección llega hasta 24 m.², se perforó primero una zona central que luego se ensanchó hasta conseguir la sección definitiva.

Cuadro 2.—Obreros y tiempo empleado para las diversas construcciones.

Construcción	Número de obreros en promedio	TIEMPO EMPLEADO		
		Meses	Principio	Fin
Toma de agua. . .	165	30	julio 48	dic. 50
Túnel de conducción.	450	39	junio 47	agosto 50
Depósito de carga.	55	18	nov. 48	abril 50
Fundaciones de la tubería forzada .	120	24	abril 47	marzo 49
Central con edificios auxiliares. .	200	36	sept. 47	agosto 50

La pega fué eléctrica y con detonadores triples.

Para los revestimientos se empleó el mismo material extraído del túnel.

La sala de máquinas, que es el edificio de mayor luz y altura, empezó por la construcción de los pilares para permitir la colocación de los carriles del puente-grúa; a continuación se colocaron las dos vigas de 35 Tn. cada una, sobre las cuales se montó el armazón provisional de madera, a fin de utilizar el andamio móvil así formado para construir el techo de hormigón vibrado en tres etapas, lo que resultó muy económico.

(Continuará.)