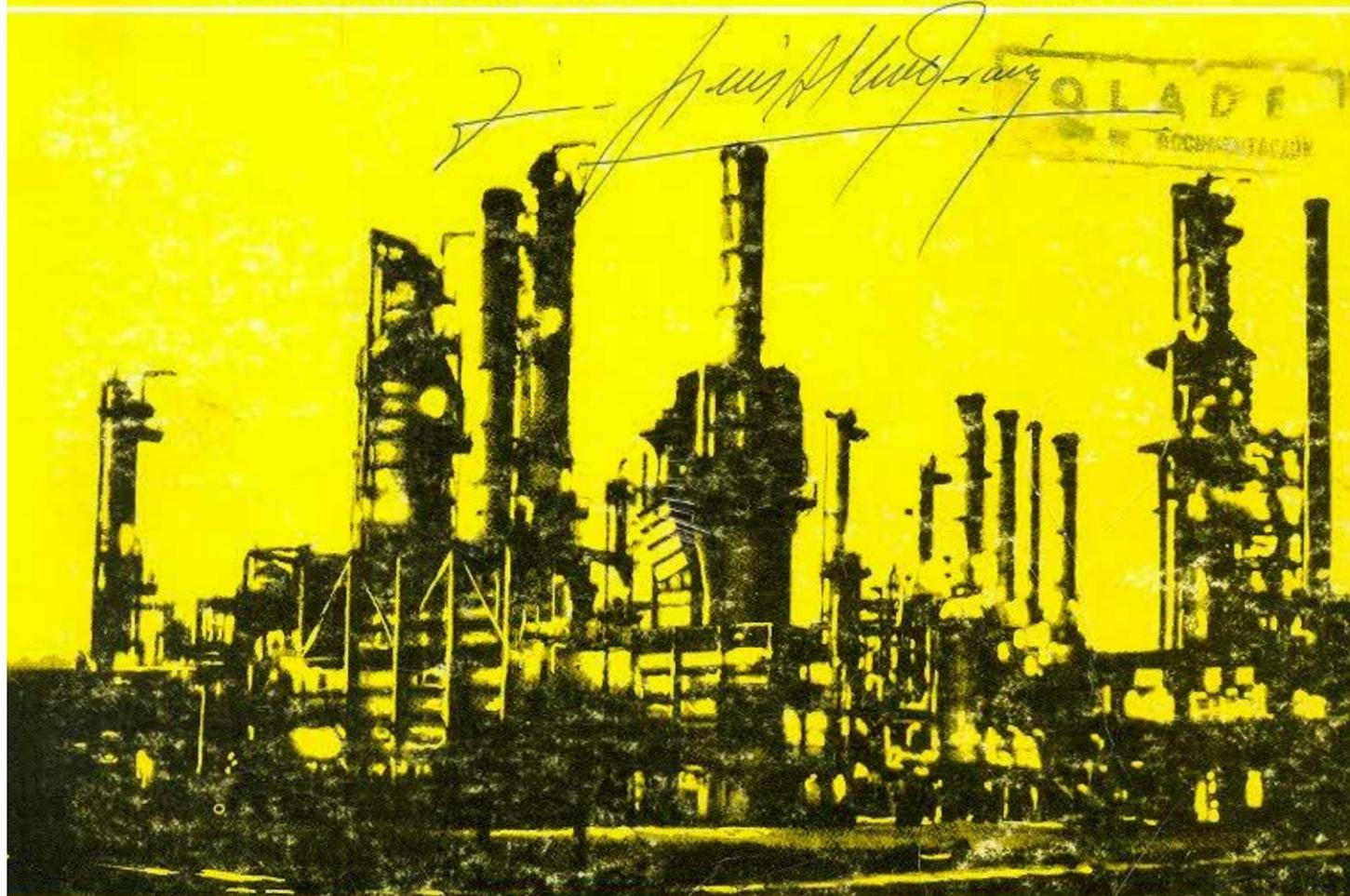


**ORGANIZACION
LATINOAMERICANA
DE ENERGIA**

SECRETARIA PERMANENTE

BOLETIN ENERGETICO No. 2

MARZO-MAYO 1977



ORGANO DE DIVULGACION TECNICA

DEPARTAMENTO DE INFORMACION

Y ESTADISTICA

LA REPRESA HIDROELECTRICA DE SALTO GRANDE

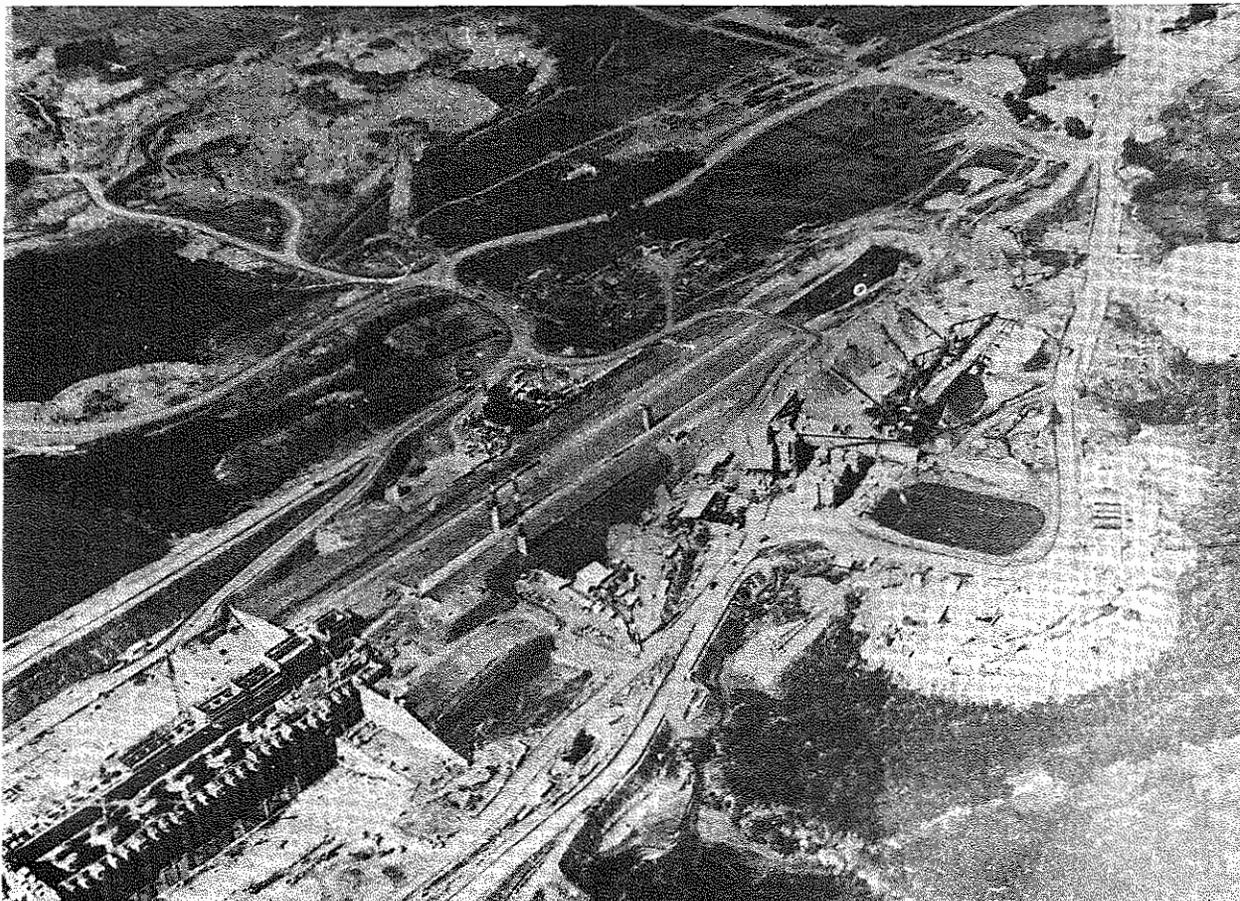
● ROMAN BERRO CASTELLS

ASESOR ENERGETICO DEL MINISTERIO
DE INDUSTRIAS Y ENERGIA DEL
URUGUAY.

I.- ANTECEDENTES

I.a.- Primeras actuaciones

Corresponde al ingeniero Juan T. Smith la prioridad de toda la actividad vinculada al aprovechamiento hidroeléctrico de Salto Grande. En efecto, en 1907, este profesional uruguayo, luego de un viaje a Europa, planteó al propio Presidente de la República la necesidad de ir dando forma, mediante los estudios previos necesarios, a la posible Central de Salto Grande, por lo cual se le designó, el 29 de enero de ese año, cuando aún no había cumplido los 30 años, "con el cometido de efectuar el estudio de la utilización de las fuerzas motrices del Río Uruguay, en las caídas del Salto por el establecimiento de una instalación hidroeléctrica con el maximum de potencia aprovechable de que es capaz dicho curso de agua".



ROMAN BERRO CASTELLS

- Ingeniero Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Uruguay.
- Ingeniero de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE).
- Master of Science - Georgia, Institute of Technology.
- Delegado del Comité Uruguayo de la CIER ante la Comisión de Integración Eléctrica Regional (CIER).
- Especialista del Sector Energético en el Banco Interamericano de Desarrollo-(BID)- 1967 - 1972.
- Catedrático de Planificación de la Facultad de Ingeniería de Montevideo, Uruguay.
- Representante del Gobierno Uruguayo a la Reunión de Expertos Energéticos de la Cuenca del Plata.
- Representante del Gobierno Uruguayo a la IV y V Junta de Expertos de la Organización Latinoamericana de Energía.
- Representante del Gobierno Uruguayo a la V, VI y VII Reunión de Ministros de la OLADE.

THE HYDROELECTRIC DAM OF SALTO GRANDE

This binational project held by Argentina and Uruguay - the first one between these two Latin American countries in the field of hydroelectric energy - is analyzed in this article under three chapters, which comprises the following:

Background of the work.- After fulfilling the first international formalities, starting on January 1938, is put into effect as a binational institution the Mixed Technical Commission of Salto Grande, on December 1946, formed by an equal number of delegates per country and in charge of all matters related to utilization, damming and water derivation of the Uruguay River.

Between 1969 and 1974 the whole concept of the project is achieved and is under execution since April 1, 1974.

Goals of the project under construction.- This chapter deals with the unique aspects of development of the Hydroelectric Basin which, besides serving as supply of pure water, will assure navigation, saving obstacles like Los Saltos, will facilitate the irrigation of its margins and link the road and railroad systems between both countries.

It is stated that the Hydroelectric Plant of Salto Grande will have a final capacity of 1.890 MW.

Finally, in the chapter corresponding to *Work Performed Up to December 31, 1976*, different work, common and uncommon are specified which is being executed by both countries. The total cost of the project is calculated in approximately 1.000 million dollars.

El mismo decreto determinaba además: "Tratándose de una fuerza motriz establecida en aguas jurisdiccionales, diríjase nota al Ministro de Relaciones Exteriores, a fin de que comunique lo resuelto al Gobierno Argentino invitándolo para efectuar en común los estudios topográficos e hidrográficos que sean necesarios.

De inmediato el ingeniero Smith visitó las autoridades de la República Argentina, país que hasta el momento solamente estaba encarando los problemas de navegación del río limítrofe, pero que recibió de buen grado las ideas esbozadas y aceptó colaborar en los estudios previos que iniciaría el Ing. Smith. Fue así que se comenzaron las primeras actividades destinadas al futuro proyecto de central hidroeléctrica de Salto Grande, entre los años 1907 y 1908.

En 1911 visitó el Río de la Plata el ingeniero francés Maurice Mollard, quien luego de interiorizarse sobre los trabajos emprendidos, presentó en agosto de 1912 al Congreso Nacional de la República Argentina, por sí, y en representación de capitalistas extranjeros, una solicitud de concesión para utilización del Río Uruguay a fin de mejorar la navegación y aprovechar la fuerza en producción de energía eléctrica.

Dicha proposición no prosperó y quedó trunca por la iniciación de la Primera Guerra Mundial.

Sin embargo, entre 1923 y 1924 apareció una misión francesa que hizo estudios hidrológicos y geológicos en la zona, basándose también en los informes iniciales del ingeniero Smith.

I.b. — Primera formalidad internacional

En Buenos Aires, el 13 de enero de 1938, se labró un Acta en la Cancillería Argentina, en la que los Gobiernos de los dos países del Plata establecieron varios conceptos relativos a incidencias habidas en el Río Uruguay, pero además suscribieron el punto 5o. que reza: "Conceptuando de interés común el aprovechamiento de la fuerza hidráulica del Río Uruguay, para ambos Países, acuerdan promover la designación de una Comisión Técnica Mixta Argentina-Uruguay que procederá al estudio respectivo e informará a la brevedad posible a ambos Gobiernos para los efectos de su realización".

Este primer documento fue aprobado por ambos Gobiernos el 22 de enero de 1938.

I.c. — La Comisión Técnica Mixta (C.T.M.)

Esta entidad binacional, a pesar de los términos del instrumento suscrito que se menciona en el inciso anterior, recién tuvo vigencia a partir del Convenio suscrito entre ambas Repúblicas el 30 de diciembre de 1946, que en su artículo 2o. dice: "Las Altas Partes contratantes acuerdan designar y mantener una Comisión Técnica Mixta compuesta por igual número de delegados por cada país, la que tendrá a su cargo todos

los asuntos referentes a la utilización, represamiento y derivación de las aguas del Río Uruguay."

Si bien esa fecha marca la institucionalización de la C.T.M. Salto Grande, la Delegación Uruguaya había comenzado su actividad con anterioridad, y su Acta No. 1 es del 19 de agosto de aquel año, y posteriormente dedicó el lapso de tiempo hasta finales de año para, en colaboración con la Delegación Argentina, elaborar un proyecto de Convenio y otro de Protocolo adicional que fueron elevados a las respectivas Cancillerías de los dos Gobiernos y merecieron la aprobación mencionada en el párrafo anterior.

El 27 de enero de 1947 tuvo lugar la primera reunión oficial de la Comisión Técnica Mixta en Buenos Aires. Es digno de mencionarse que el Ing. Juan T. Smith, presidente de la Delegación Uruguaya en todo ese período previo, no pudo asistir a la sesión de Buenos Aires por motivos de salud, y por ello también debió renunciar a su alto cargo en febrero del 47. Sin embargo, la actividad de la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande quedó reducida a aspectos programáticos de actividad, sin poder pasar a la etapa de realizaciones hasta que se concretaran las Reglamentaciones necesarias para efectivizar el Convenio de 1946.

I.d. — Puesta en marcha del proyecto

El 26 de noviembre de 1973 se sanciona el acuerdo reglamentario del Convenio, el que define la condición jurídica de la C.T.M., establece parámetros básicos sobre el proyecto y define asimismo las obras comunes y las que no lo son. A continuación, la propia Comisión elabora los reglamentos de detalle para los distintos tipos de tareas y permite, consecuentemente, que se arme debidamente todo el andamiaje estructural de la C.T.M.

Durante el lapso transcurrido se habían adelantado los trabajos técnicos, y es así que en 1962 la C.T.M. Salto Grande recibe de la firma consultora seleccionada SADELEC el estudio de factibilidad primario, que proponía dos centrales de 720 MW cada una.

En 1969 la Comisión vio llegado el momento de actualizar el proyecto de SADELEC y firma un contrato con el Consorcio formado por ACRES Int. con consultoras argentinas y uruguaya, que se presenta en 1971. En este caso ya se van delineando los elementos en una forma definitiva.

El tercer y definitivo paso tuvo lugar en 1972, cuando la C.T.M. llamó a concurso de Consultoras para realizar el proyecto definitivo y los planos para los llamados a licitación de la obra. Este concurso fue firmado con el Consorcio formado por Chas T. MAIN Int. (de EE.UU.), IATASA e INCONAS (Rep. Argentina) y la consultora ICLA (de Uruguay).

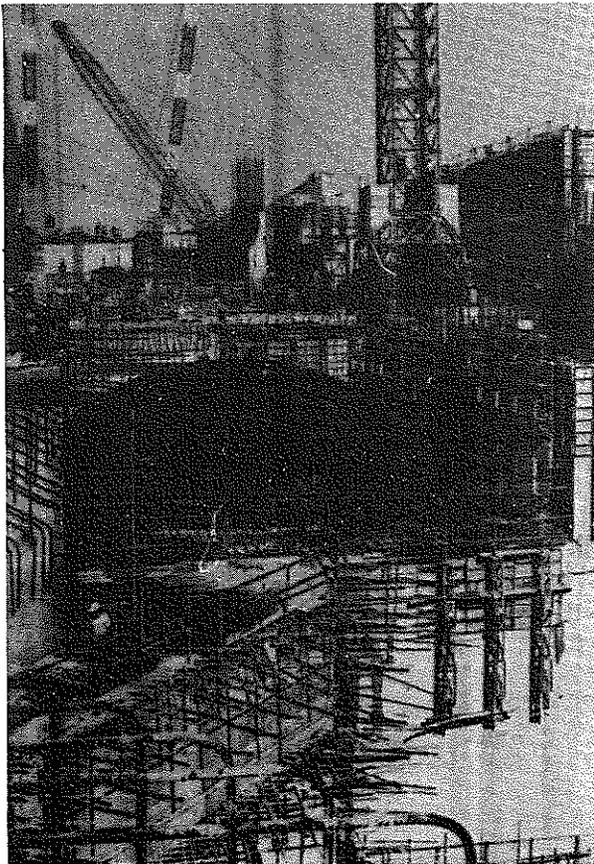
De esta manera se alcanzó la concepción del proyecto definitivo que está en ejecución desde el 1o. de abril de 1974.

La principal modificación del concepto sobre la Central entre el plan que se ejecuta y el estudio de ACRES y Asociados estriba en el hecho que ahora se construyen dos casas de máquinas enteramente iguales, una en cada margen del Río, mientras que la idea anterior consistía en una sala central de carácter binacional. Una consecuencia directa de esta circunstancia promovió asimismo el establecimiento de un sistema de transmisión de Extra Alta Tensión, previsto inicialmente en 400 KV del lado uruguayo y 500 KV en el territorio argentino, el que fuera modificado durante la primera etapa de construcción de la obra, para unificar ambas tensiones en 500 KV para el anillo común y las transmisiones a los sistemas de AyEE (Argentina) y de UTE (Uruguay).

II.- METAS DEL PROYECTO EN CONSTRUCCION

II.a.- Aspectos singulares del aprovechamiento

- En primer término, debe significarse que esta obra binacional es la primera que se emprende entre dos países latinoamericanos en el campo de la energía, constituyéndose así en líder dentro de su rama, donde ahora está en marcha la Central mayor del mundo, Itaipú, entre Brasil y Paraguay, sobre el Río Paraná.
- En segundo lugar, constituye la C.H.E. de Salto Grande un aprovechamiento múltiple de las aguas del Río Uruguay, por cuanto:



servirá para abastecimiento de agua potable; asegurará la navegación, salvando los obstáculos de los Saltos; posibilitará el riego en sus márgenes; promoverá el uso armónico y la calidad de las aguas en el embalse; vinculará el sistema vial y también el ferrocarril entre los dos países limítrofes.

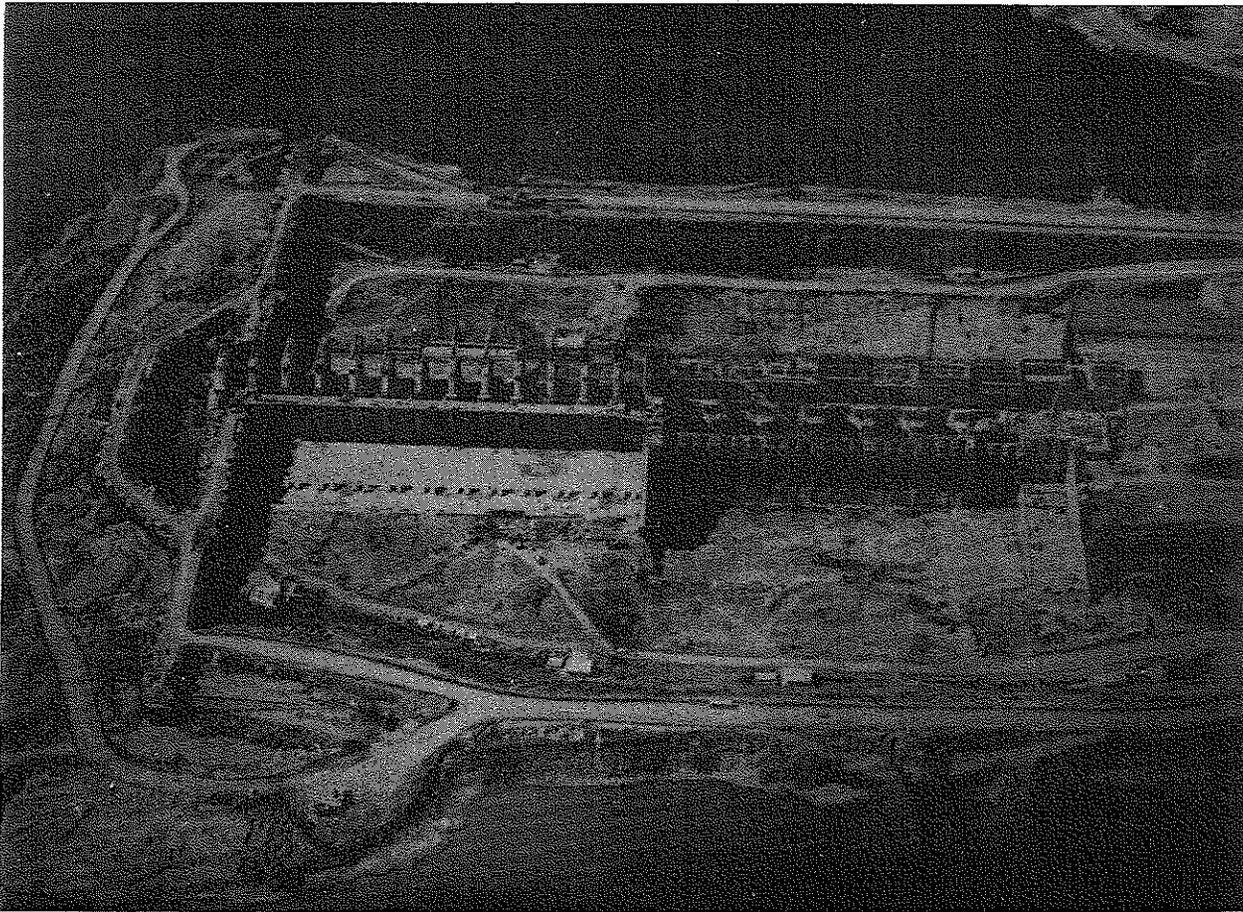
- Y todo ello además de haberse logrado una Central que tendrá una potencia final de 1.890 MW, mediante la instalación de dos centrales gemelas de 6 unidades cada una de 135 MW inicialmente, y luego de quedar montadas, una séptima unidad sobreequipará cada Sala de Máquinas hasta conseguir así 945 MW para cada país y 3.300 GWh anuales en cada subestación marginal.

- El cronograma prevé la puesta en servicio de las dos primeras unidades en 5 años de plazo, o sea para abril de 1979, estando fijado que a fines de 1980 estará en servicio la totalidad del equipamiento indicado en 12 turbinas Kaplan que aprovechan una caída media de 25,30 m. en el desnivel normal del Río luego del embalse.

II.b.-El proyecto de obras

Las partes funcionales del proyecto de obras civiles consta de:

- Un vertedero ubicado en el centro del río, formado por 19 vanos de 15,30 m. de luz libre con una longitud total de 375 m., que descargan en un lecho amortiguador y se equipan con compuertas radiales de 18 m. de altura. Inicialmente, la estructura de 12 vanos del vertedero, con un umbral rebajado a la cota 6,50, será utilizado para la derivación del río en las etapas constructivas.
- Dos centrales iguales, con ocho módulos de 29,50 m. de largo y 236 m. de longitud total, simétricamente ubicadas a los costados del vertedero. Cada central consta de 6 módulos para turbogeneradores y 2 para salas de montaje, además de un edificio separado de comando y servicios auxiliares. Debajo de cada uno de los módulos de las salas de montaje se ubicarán 3 descargadores de fondo, pero uno de los módulos de las salas de montaje es diseñado para que, una vez concluido el mismo, pueda albergar la séptima unidad adicional de instalación futura.
- Dos diques de materiales sueltos con revestimientos de escollera completarán el cierre del embalse entre las estructuras de hormigón y las dorsales del terreno de ambas orillas.



- Un puente internacional, vial y ferroviario, de 833 m. de longitud, ubicado aguas arriba sobre las estructuras centrales y el vertedero, que se prolonga sobre el coronamiento de los diques laterales para conectar los sistemas de ambos países.
- Una esclusa de navegación sobre la margen derecha (territorio argentino), aguas arriba de la presa, dimensionada para embarcaciones de 9 pies de calado, en un cuenco de 135 por 24 m.
- El largo total de la presa, incluyendo las obras citadas, alcanza en sus extremos un metraje de 3.933, correspondientes a cada dique de tierra: 1.650 m. en la margen derecha y 1.500 m. en la izquierda.
- La altura media de 25,30 m. puede alcanzar un máximo de 32,50 m. y mínimo de 18,50 m. Se ha diseñado para un caudal medio de 4.643 m³/s, pero se ha previsto el diseño para un volumen máximo de crecida de 67.500 m³/s.
- El embalse resultante abarca una superficie normal de 620 km², conteniendo un volumen total de agua de 5.000 Hm³, siendo útil un volumen de 1.800 Hm³. Debido a los cau-

dales muy variables del río, la capacidad del embalse de Salto Grande es insuficiente para regularlos. Los estudios revelaron que es preferible mantener el nivel de operación, salvo en periodos de estiaje muy prolongados. En consecuencia, las centrales utilizarán los caudales disponibles con una regulación diaria y semanal. Durante las crecidas, la necesidad de evacuarlas prácticamente sin variación de nivel del embalse, causará fuertes reducciones en la caída de operación de las turbinas. En los casos de estiajes prolongados que abarquen períodos extensos, se utilizará durante las horas de pico parte del agua almacenada, para mantener la potencia garantida. Sin embargo, el hecho de asegurar la navegación aguas abajo impondrá ciertas restricciones a la velocidad con que se podrá tomar la carga del pico.

- El canal para navegación sobre la margen izquierda se extenderá 12 km. y tendrá, asimismo, una esclusa en su extremo aguas abajo, próximo a la ciudad argentina de Concordia, con lo que se prolongará la navegabilidad cerca de 150 km. aguas arriba de la presa, hasta el extremo limítrofe de las dos Repúblicas involucradas.

Con referencia al equipamiento electromecánico,

pueden referirse brevemente los siguientes datos:

- Las turbinas son del tipo Kaplan para potencia de 187.500 CV bajo la caída media con velocidad de sincronismo de 75 rpm.
- Los generadores con potencia nominal de 150 MVA con factor de potencia de 0,9 y tensión de generación de 13,8 kV. Su disposición se ha adoptado con la solución de cojinete de empuje apoyado sobre la tapa de la turbina y de un único cojinete guía sobre el rotor del generador.
- La sección de toma de cada turbina se equipa con compuerta plana de 6,50 m. por 15 de altura, protegida por reja de 6,50 x 18 m., compuesta de cuatro elementos. El cierre auxiliar se hará por tableros de chapa de acero, tanto del lado de toma como de aguas abajo, ambos accionados por las respectivas grúas pórticos exteriores.
- Los 19 vanos del vertedero se cerrarán mediante compuertas radiales, teniendo también tableros auxiliares de cierre.
- En cada central irán dos grúas puente de 350 T. cada una y otra auxiliar de 25 T. Exteriormente, las grúas pórticos podrán soportar 150 T. del lado de toma y 35 T. aguas abajo de cada central.

Tocante a la financiación, puede informarse que: Costo total del proyecto (con escalamiento anticipado previsto hasta la financiación): algo más de US\$ 1.000 millones.

Existen los siguientes elementos de financiación:

Banco Interamericano de Desarrollo:	US\$ 174 millones
Crédito proveedores:	US\$ 186 millones
Aportes locales:	US\$ 600 millones
A determinar (canal para navegación):	US\$ 70 millones
Total:	US\$ 1.030 millones

III.- OBRA REALIZADA AL 31 DE DICIEMBRE 1976

Quedó construída en el mes de septiembre de 1976 la estructura básica de sala de máquinas y 12 tramos de vertedero del lado uruguayo, se comenzó de inmediato la tarea de permitir el paso del río a través de los descargadores de fondo y vertederos rebajados para comenzar con las ataguías de la margen argentina, para ejecutar así la segunda etapa de la obra civil básica

que incluye la sala de máquinas derecha y los 7 tramos restantes de vertedero y los descargadores de fondo, que en la tercera etapa permitirán el pasaje del río por entre la estructura.

La excavación del lado argentino ha comenzado para ir a la cota de fundación del proyecto, mientras se continúan, en lo pertinente, las obras de la margen izquierda.

Al mismo tiempo, se ha proseguido con la inspección en fábrica de los diversos contratos ya firmados para los aprovisionamientos electromecánicos de la central, tanto en la sala de máquinas como en vertederos, tomas, etc.

En la actualidad se encuentran en estudio las ofertas para las líneas de transmisión, que incluyen un estrecho rectángulo (llamado anillo común) que une las dos centrales en Salto Grande y se extiende por los bordes del Río Uruguay hasta Colonia Elía (República Argentina) y San Javier (República Oriental del Uruguay), quedando cerrado el anillo entre estos dos puntos.

Las líneas no comunes corresponden en la primera etapa a los tramos:

Salto Grande—Santa Fé y C. Elía—Buenos Aires (República Argentina) y S. Javier—Montevideo (lado uruguayo). Se incluyen las correspondientes subestaciones en los puntos señalados, amén de algunas intermedias, como ser la de Gral. Rodríguez en la proximidad de B. Aires y la de Palmar, en la nueva Central Hidroeléctrica que construirá Uruguay.

