

Sistema de previsión de caudales aguas abajo de la central hidroeléctrica Itaipu Binacional

José Quevedo, Giovanni Gomes, Paulo Abrantes, Auder Vieira

División de Estudios Hidrológicos y Energéticos - Superintendencia de Operación – ITAIPU Binacional

Paraguay

RESUMEN

La principal atribución de la División de Estudios Hidrológicos y Energéticos (OPSH) de la Itaipu Binacional es elaborar la previsión de caudales afluentes, aguas arriba y aguas abajo de la central, para el apoyo a la programación y planificación de la operación energética. Además, es responsable de la emisión del Boletín de Alerta Hidrológico (BAH), en caso de una inminente crecida o aumento importante de los niveles del Río Paraná en el tramo aguas abajo de la Itaipu.

El objetivo de este artículo, es presentar la nueva metodología utilizada por la OPSH para realizar estas tareas, basada en la implementación del modelo hidrodinámico HEC-RAS para el tramo de aguas abajo. La metodología incluye: a) adquisición y consistencia de datos, b) supervisión del sistema y definición de las descargas de las centrales, c) simulación de la red de aguas abajo con el modelo HEC-RAS, d) emisión de la previsión de caudales. La rutina de previsión de caudales afluentes consiste en proveer diariamente, el valor del caudal incremental en el tramo del río Paraná comprendido entre la central Itaipu y la estación hidrométrica R11. Este valor de caudal de discretización horaria, es de mucha importancia para la operación de la Central, porque permite estimar las cotas en la estación hidrométrica R11 para controlar las restricciones hidráulicas de niveles en esta sección del río Paraná establecidas en el Tratado Tripartito entre Argentina, Brasil y Paraguay. También permite estimar en forma horaria, los niveles en el canal de fuga y por ende el salto bruto de la Central, tanto en etapa de programación como en operación en tiempo real, dentro del proceso de generación. Con relación a la emisión del BAH, el objetivo es proveer información a los órganos responsables de la divulgación exterior de la Itaipu, sobre previsiones de niveles del río Paraná en un horizonte de cortísimo plazo, en situaciones de posibles inundaciones, que afectarán a poblaciones o instalaciones ubicadas aguas abajo de la central Itaipu, en territorio paraguayo y brasileño.

PALABRAS CLAVES

Previsión de caudales, modelo hidrodinámico, crecidas, alerta hidrológico.

1. INTRODUCCIÓN

La Central Hidroeléctrica de Itaipú (CHI) es un emprendimiento binacional (brasileño-paraguayo) que cuenta con una potencia instalada de 14.000 MW, localizado en el río Paraná, aproximadamente a 22 Km aguas arriba del punto de frontera tripartita (Paraguay, Brasil y Argentina) como se muestra en la Figura 1. Su área de drenaje es de 820.000 Km², de los cuales 241.000 Km² no están controlados y responden por 20 a 50 % de la afluencia promedio mensual al embalse.

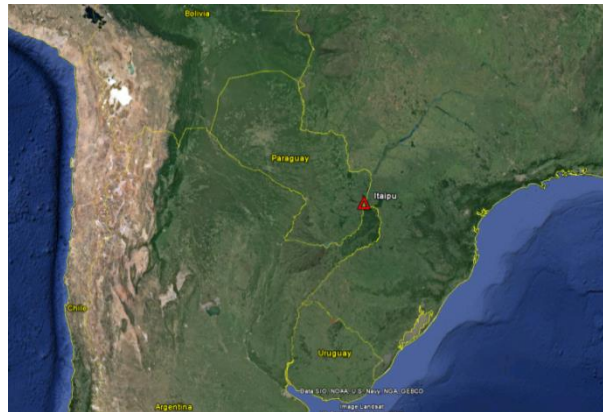


Figura 1: Ubicación de la Central Hidroeléctrica Itaipu

La División de Estudios Hidrológicos y Energéticos (OPSH) de la Itaipu Binacional tiene a su cargo dos tareas principales. La primera, es realizar la previsión de caudales (aguas arriba y aguas abajo) para el apoyo a la supervisión y, programación de la operación energética de la Central, y la segunda tarea, es emitir el Boletín de Alerta Hidrológico (BAH), en caso de una inminente crecida de los niveles del Río Paraná aguas abajo de la Itaipu.

El Sistema de aguas abajo de la CHI (Figura 2), cuya área de drenaje es de aproximadamente 88.200 Km², está compuesto por: el río Paraná, tramo comprendido desde la CHI hasta la estación hidrometeorológica R11 aguas abajo de la confluencia con el río Iguazú; y tres ríos afluentes al Paraná, el río Iguazú (Brasil-Argentina), tramo comprendido desde la CH Salto Caxias hasta la confluencia con el río Paraná, el río Acaray y el río Monday (ambos en Paraguay). Dentro del sistema de telemetría de Itaipu, se tienen estaciones de control sobre los ríos Paraná (Canal de Fuga, R4, Puente de la Amistad, Iate Clube Cataratas y R11), Iguazú (Porto Capanema y Hotel Cataratas) y Monday (Nuevo Puesto Silva), que proporcionan datos a cada hora de los niveles y caudales observados.

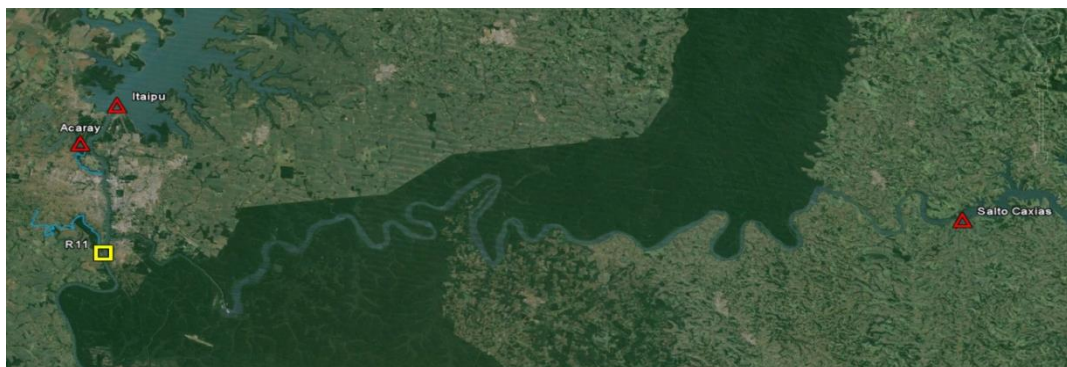


Figura 2: Sistema de aguas abajo de la CHI

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

Además de la CHI, también se encuentran operando las centrales hidroeléctricas de Acaray (Paraguay) y la de Salto Caxias (Brasil).

Para la CHI, existen dos situaciones de mucha atención y control, en lo que a la red de aguas abajo se refiere. La primera es el control de las restricciones hidráulicas de la CHI (variación de $\pm 2,0$ mts. en 24 horas y $\pm 0,50$ mts. en 1 hora) según lo establecido en el acuerdo tripartito firmado por Argentina, Brasil y Paraguay. La segunda es el aumento del nivel del canal de fuga de la Itaipu, a causa de un aumento en los caudales del río Iguazú, ocasionando una disminución en el salto bruto, afectando directamente a la generación hidroeléctrica de la CHI, además de las poblaciones e instalaciones paraguayas y brasileñas que se encuentran en zonas vulnerables, principalmente en el tramo comprendido entre la CHI y la confluencia con el río Iguazú. Ante estas situaciones de crecida en los niveles de los ríos, la OPSH emite el BAH.

Los niveles de alerta están definidos en el SOSEM (Sistemática de Operación en Situación de Emergencia Hidrológica) y se muestran en la figura 3, con la curva de permanencia de las cotas en la estación hidrométrica Puente de la Amistad en el período 1983-2015, donde se puede observar que el 87% del tiempo los niveles se encuentran por debajo del Estado de Alerta 1-A.

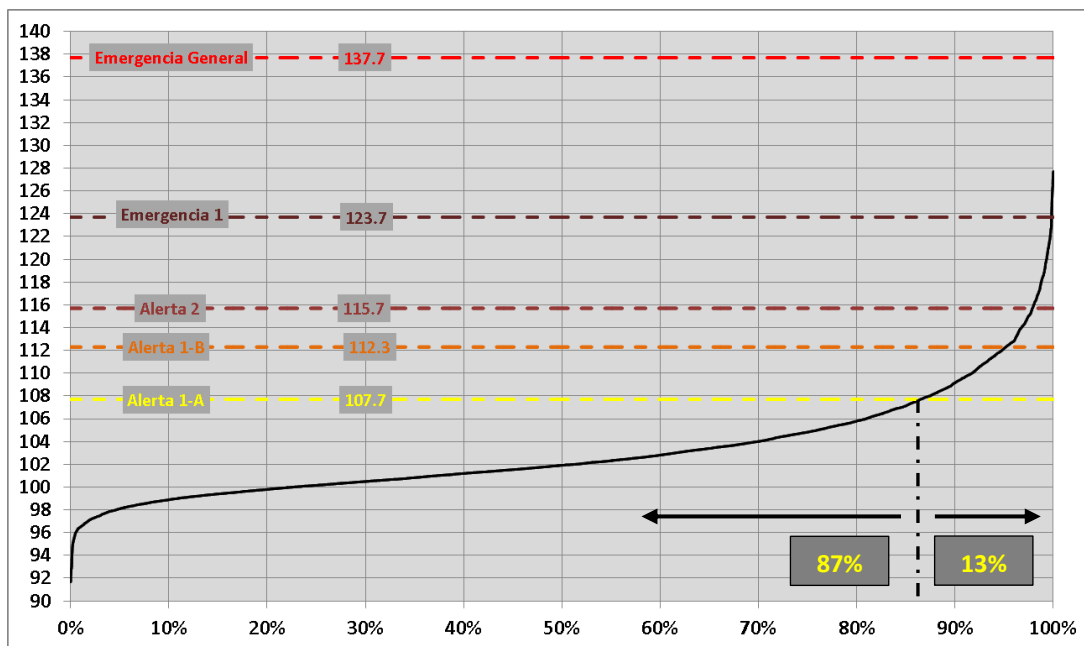


Figura 3: Curva de permanencia de las Cotras en la estación Puente de la Amistad (1983-2015) y límites de los Estados de Situación (referidos a las cotras en la estación Puente de la Amistad)

2. METODOLOGÍA

La implementación del HEC-RAS dentro de la OPSH tuvo dos etapas. La primera etapa fue el proyecto de modelación propiamente dicho, realizado por Gaete (2014) [1], en el que ha sido diseñada y calibrada la red.

La segunda etapa, fue la implementación de la red diseñada en el HEC-RAS, en la rutina de operación dentro de los procesos de previsión de caudales aguas debajo de la Itaipu. Esta etapa fue desarrollada íntegramente por los autores de este artículo y tuvo como objetivo principal, automatizar los procedimientos de modo a agilizar la carga de datos (anteriormente manual) y disponer de esa forma de mayor tiempo para análisis inherentes a la previsión de caudales y niveles en los puntos de interés, principalmente en momentos de alerta hidrológico.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

La metodología incluye: a) adquisición y consistencia de datos, b) supervisión del sistema y definición de las descargas de las centrales, c) simulación de la red de aguas abajo con el modelo HEC-RAS, d) emisión de la previsión de caudales.

Los procedimientos implementados, presentados en la Figura 4, son realizados mediante planillas electrónicas MS Excel, rutinas desarrolladas en MS Visual Basic y el HEC-DSSVue, software de almacenamiento y gestión de datos desarrollado por el HEC, con el plug-in de intercambio de datos entre MS Excel y el HEC-DSSVue.

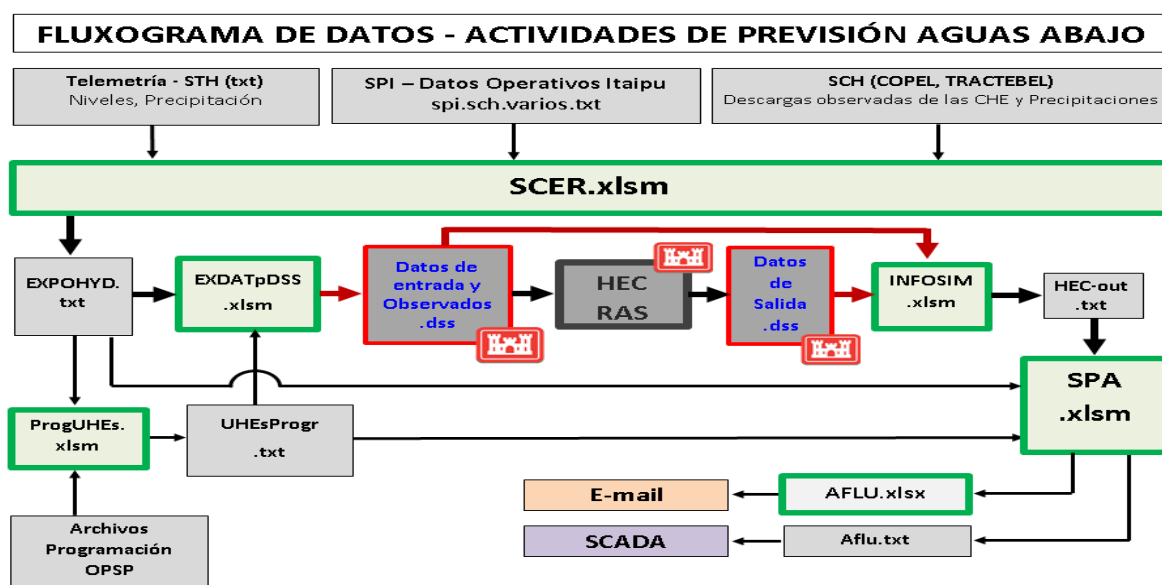


Figura 4: Flujograma de procedimientos de la previsión de caudales de aguas abajo de la CHI

3. RESULTADOS

La implementación de este sistema de previsión, basado principalmente en el HEC-RAS, ha permitido mejorar las estimaciones de niveles en la estación R11, tanto en etapa de Programación como en la Operación en Tiempo Real de la CHI. La estación R11 es el punto de control principal para la operación de la CHI, debido a la restricción hidráulica establecida en el tratado tripartito. El mejor control de los niveles en R11, conlleva al mismo tiempo a mejorar las estimaciones de niveles de Canal de Fuga y el cálculo de Caudales Turbinados. También permite mejorar las estimaciones de cotas para eventos de crecidas. Después de la implementación de este sistema, se ha evaluado y comparado su desempeño, simulando con datos observados el período comprendido del 01/08/2014 al 31/05/2016. Se presentan en la figura 5, los resultados de cota en la estación R11:

01/08/2014 al 31/05/2016	Observado - Método Anterior	Observado - HEC-RAS
Error Máximo Positivo	3.062	1.312
Error Máximo Negativo	-1.719	-0.615
Error Promedio	0.420	-0.006
Error Promedio Absoluto	0.504	0.107
Error Medio Cuadrático	0.39351	0.01925
Coefficiente de correlacion	0,9949	0,9995

Figura 5: Comparación de resultados de cota en la estación R11

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

4. CONCLUSIONES

Con la implementación operativa de la nueva red diseñada en el HEC-RAS (Figura 6) y los nuevos procedimientos adoptados, se ha obtenido una mejoría en la previsión de caudales y niveles en las secciones de los ríos, visualización de los mismos (Figura 7), y en la posibilidad de realizar diferentes simulaciones en tiempo real con mayor velocidad y agilidad, disminuyendo de esa forma la ocurrencia de errores involuntarios en la carga de datos de entrada al modelo.

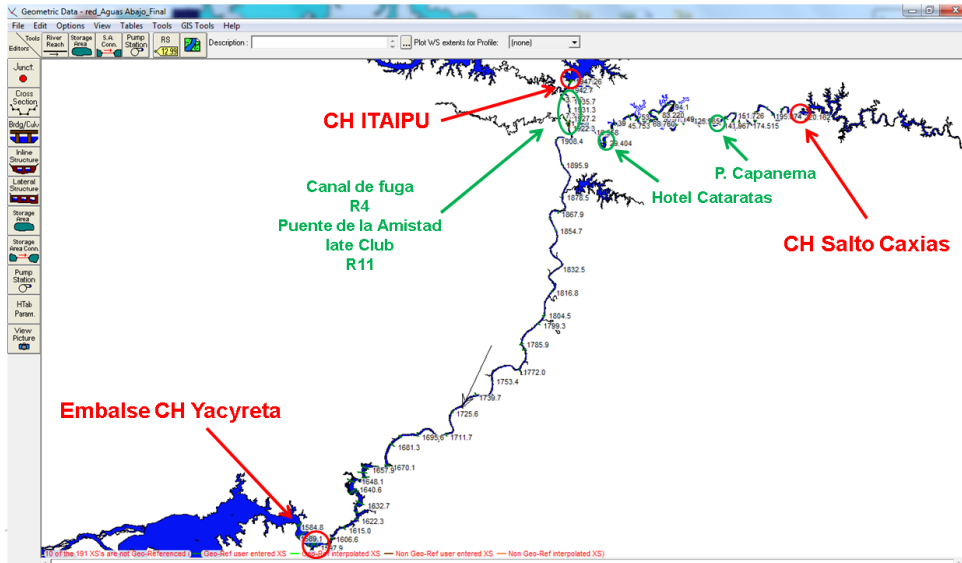


Figura 6: Diseño en planta de la red de aguas abajo de la CHI

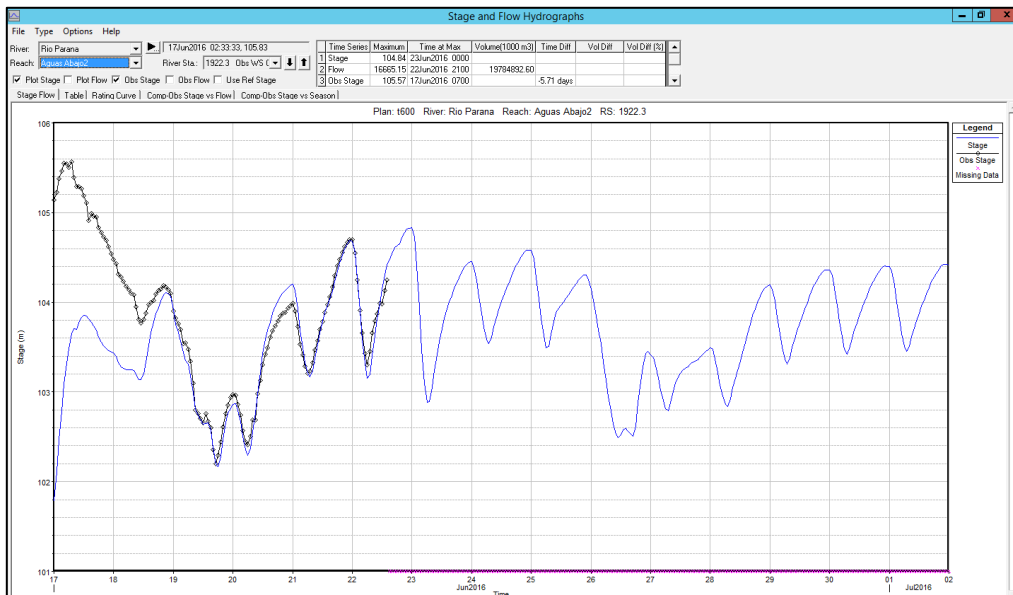


Figura 7: Cotagramas simulado y observado

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Gaete, P. (2014). Modelación Hidrodinámica del Río Paraná con HEC-RAS. Asunción, Paraguay.