

# Operacionalización de Modelos Hidrológicos e Hidrodinámicos sobre plataforma WEB del Centro Internacional de Hidroinformática (CIH)

El CIH cuenta con un aplicativo WEB, denominado YRATO, que permite el monitoreo en tiempo cuasi-real (NRT) de variables hidrológicas, estos para los principales ríos del Paraguay. El aplicativo se caracteriza por hacer empleo de software libre y datos abiertos, todos estos mediante automatización de tareas. A continuación algunas características de la herramienta:

- Monitorear en tiempo real (RT) los estados hidrométricos de los principales ríos del Paraguay, mediante información disponibilizada por instituciones varias.
- Permite supervisar el progreso de la precipitación en tiempo cuasi-real (NRT), utilizando información de detección remota del proyecto Global Precipitation Measurement (GPM), de las agencias NASA-JAXA
- Permite observar pronósticos de precipitación, temperatura y humedad de suelo del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF).
- Permite Realizar estadísticas periódicas de la precipitación (GPM y ECMWF) por áreas (departamentos, localidades, cuencas, etc).
- Utilizar información del proyecto colaborativo Openstreetmap
- Mapeo y cuantificación de áreas afectadas para las ciudades de Concepción, Asunción, Alberdi y Pilar
- Permite la carga de capas de datos geoespaciales
- Administración de datos, insumo de información a la base de datos del CIH
- Análisis de sesgo entre precipitación del GPM y estaciones con pluviómetros.

Más detalles de la herramienta pueden ser encontrados en el artículo científico denominado *“Sistema de Monitoreo Hidrológico en Tiempo Real para el Paraguay, Centro Internacional de Hidroinformática. Itaipu - UNESCO, Paraguay DOI: 10.29104/PHI-2018-AQUALAC-V10-N2-08”*

La gran capacidad de recolección de datos hidrometeorológicos con que cuenta la herramienta a nivel país, representa una alternativa ideal para el acople de los modelos hidrológicos e hidrodinámicos realizados sobre el Río Paraguay, posibilitando llegar a operacionalizarlos de forma sistémica. De esa manera, profesionales del CIH procedieron al diseño e implementación de procesos automatizados para las corridas diarias de los modelos, obteniendo y disponibilizando previsiones de niveles y caudales con un horizonte de 12 días a lo largo del Río Paraguay.

## 1. Implementación

Posterior a un análisis y diseño del alcance de los procesos de acople de los modelos a la plataforma informática del CIH, se realizó la implementación de los requerimientos en tres componentes principales que abarcan desde procesamientos por lotes (modo batch) hasta el desarrollo de interfaces de visualización WEB, a continuación más detalles de los mismos.

### a) Componente HMS

El objetivo es acoplar los modelos Hidrológicos del proyecto (HEC-HMS) a la plataforma tecnológica del CIH, utilizando datos meteorológicos almacenadas en el CIH, y dejarlas de

manera operativa (A partir de lluvias obtener caudal), generando insumos para las corridas del modelo hidrodinámico (HEC-RAS). Todo el volumen de información de cada corrida es guardada en el banco de datos del CIH. Las tareas llevadas a cabo en la componente:

- Diseño del esquema de funcionamiento de las corridas de los modelos hidrológicos, desde el pre-procesamiento de las entradas necesarias hasta el almacenamientos de los resultados en armonía con la base de datos del CIH.
- Desarrollo de un proceso, utilizando el lenguaje de programación Python, que permitirá ejecutar los modelos en batch (Script de ejecución). Características de la corrida de los modelos:
  - Las entradas de los modelos, provienen de datos pre-procesados de estaciones hidrometeorológicas almacenados en YRATO (Precipitación), previamente asociadas a las cuencas del proyecto HEC-HMS. Actualmente las entradas de precipitación son generados a partir de datos de sensoramiento remoto del GPM (Datos cada 30 min) en combinación con previsiones extraídas del ECMWF (Pronósticos a 12 días).
  - Las variables de salida son almacenadas completamente en la base de datos del CIH, todas ellas relacionada a un nodo del modelo.
- Desarrollo de paneles de visualización de resultados de las corridas de los modelos hidrológicos. Dichos resultados pueden ser desplegados a través de los nodos representados en el visualizador de mapas del aplicativo.

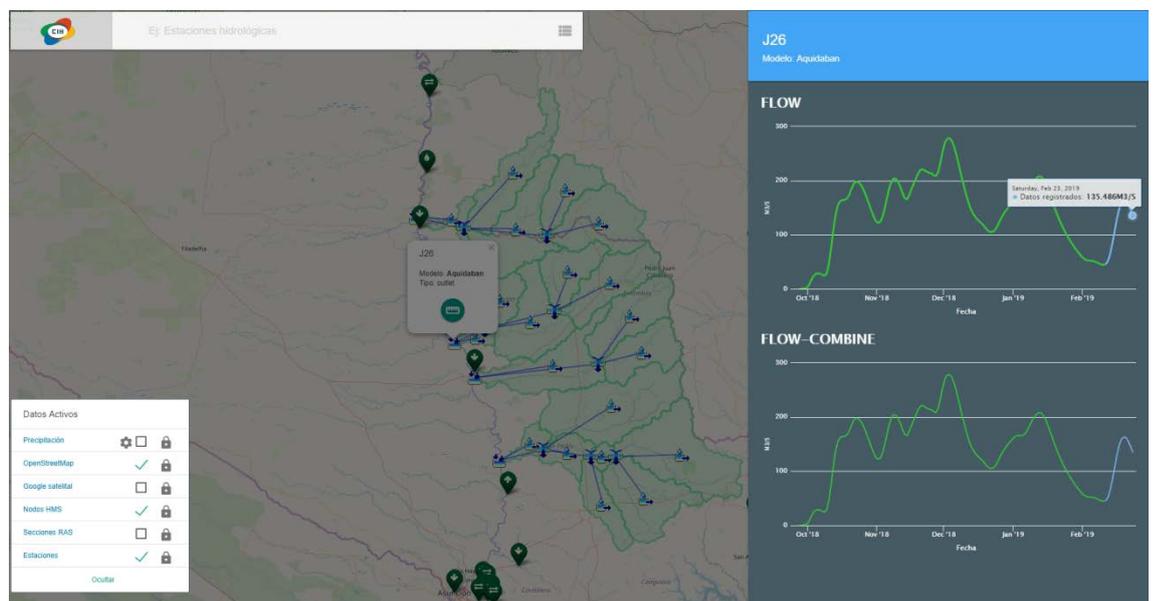


Figura 1. Panel HMS en YRATO

## b) Componente RAS

El objetivo es acoplar el modelo Hidrodinámico del proyecto a la plataforma tecnológica del CIH y dejarlas de manera operativa, utilizando resultados de los modelos hidrológicos e hipótesis tomadas en las condiciones de borde. Características de la corrida del modelo:

- Diseño del esquema de funcionamiento de las corridas de los modelos hidrodinámicos, desde el pre-procesamiento de las entradas necesarias hasta el almacenamiento de los resultados en armonía con la base de datos del CIH.
- Caudal de afluentes son obtenidos de las corridas de los modelos hidrológicos del proyecto.
- En las condiciones de bordes fueron tomadas algunas hipótesis para las previsiones. Teniendo en cuenta que los modelos hidrológicos cuentan con pronósticos de caudales en un horizonte de 12 días:
  - Condición de borde, Caudal en Estación Porto Moutinho: el último dato capturado de caudal es tomado para los siguientes 12 días.
  - Condición de borde, Nivel en Estación Pilar: el último dato capturado de nivel es tomado para los siguientes 12 días.
- Desarrollo de un proceso, utilizando el lenguaje de programación Python, que permitirá ejecutar los modelos en batch (Script de ejecución).
- Desarrollo de paneles de visualización de resultados de las corridas de los modelos Hidrodinámicos. Dichos resultados pueden ser desplegados a través de las secciones representadas en el visualizador de mapas del aplicativo.

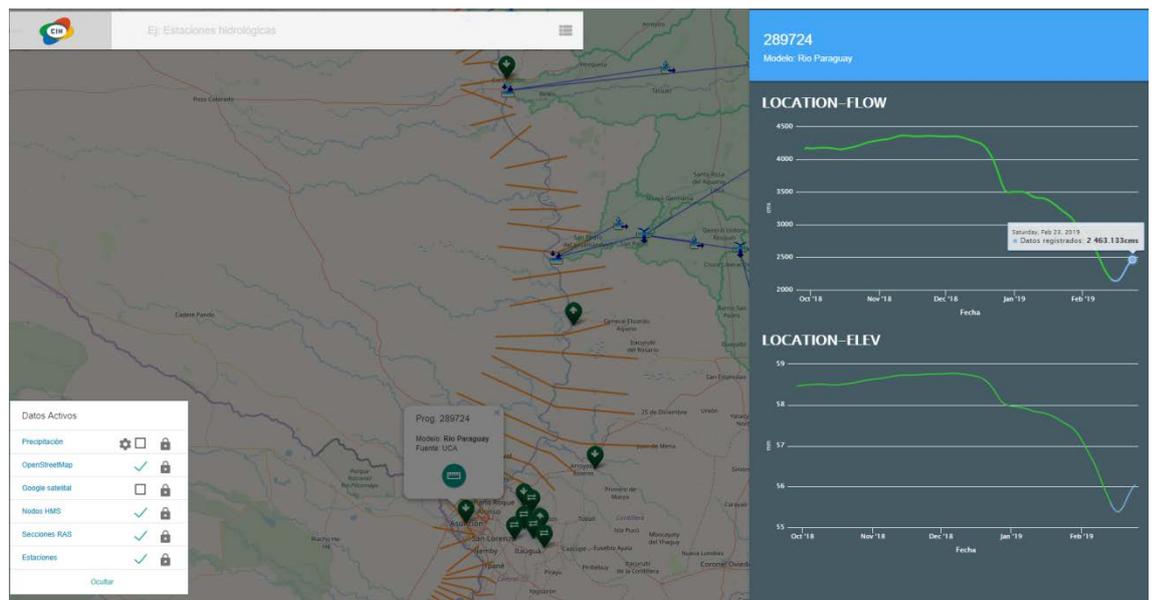


Figura 2. Panel RAS en YRATO

### c) Integración HMS – RAS

Esta componente se encarga de sincronizar y automatizar los procedimientos en batch desarrollados para la ejecución de los modelos hidrológicos e hidrodinámicos. El mismo fue desarrollado en el lenguaje de programación Python y cuenta con las siguientes características:

- Ejecución sistémica y automática todos los días a las 10:00 am.

- Los modelos hidrológicos son ejecutados inicialmente para luego servir de insumo en los modelos hidrodinámicos.
- Los datos son disponibilizados de manera automática en la plataforma YRATO, una vez que las corridas hayan finalizado.
- Todos los scripts de ejecución y modelos se realizan en un servidor destinado exclusivamente a ello dentro de la infraestructura informática de la ITAIPU BINACIONAL.

El aplicativo WEB se encuentra en un ambiente de producción, por lo que su acceso es posible a través del siguiente enlace: <https://hidroinformatica.itaipu.gov.py/yrato/>

## Proceso de acople y operacionalización de modelos Hidrológicos e Hidrodinámico en plataforma web del Centro Internacional de Hidroinformática (CIH)

El CIH cuenta con un aplicativo WEB, denominado YRATO1, que permite el monitoreo en tiempo cuasi-real (NRT) de variables hidrológicas para los principales ríos del Paraguay (Vera & Vázquez, 2018)<sup>2</sup>. Se desarrollaron rutinas y funcionalidades para la automatización y operacionalización del modelo hidrológico e hidráulico confeccionado en el presente estudio. Se incorporan datos de la red hidrológica del país, de teledetección y previsión meteorológica con un horizonte de hasta 12 días. Los modelos generan resultados diariamente y estos poseen un esquema de notificación que permiten informar a instituciones claves sobre la evolución del comportamiento del río. A continuación, se observa de manera esquemática y muy resumida los procesos que permiten acoplar y operar automáticamente a los modelos existentes.

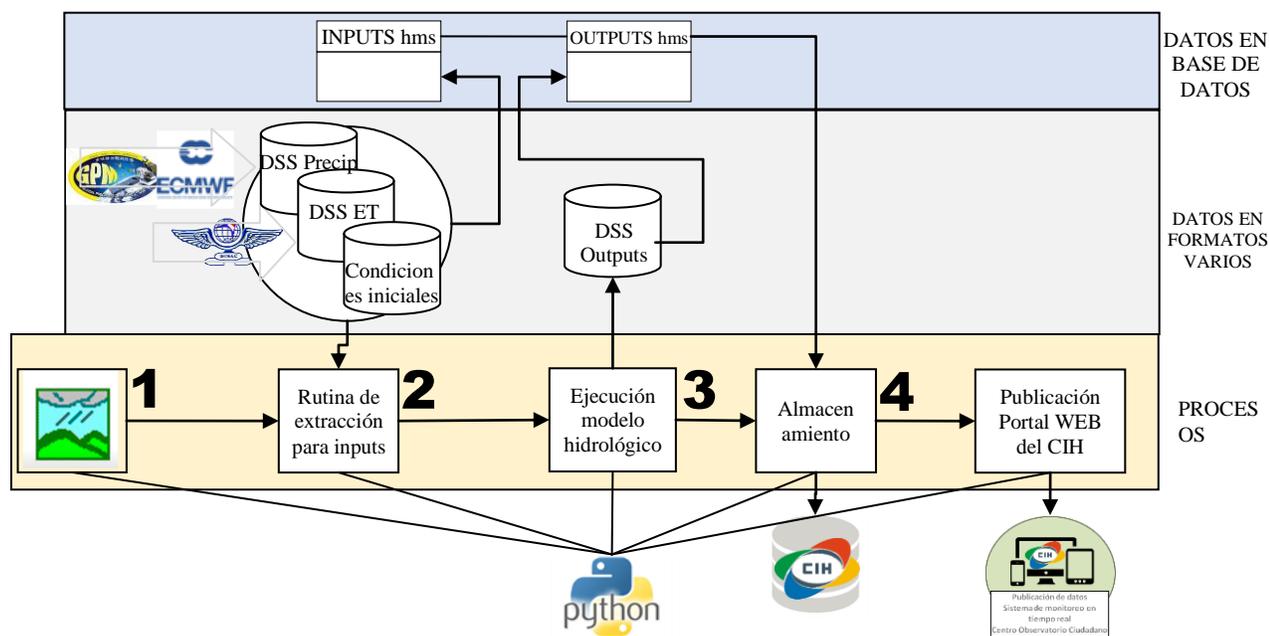


Figura 1 – Esquema simplificado de procesos para la automatización del modelo hidrológico

1. Obtener modelos: Reconocimiento de 5 modelos hidrológicos desarrollados dentro del marco del proyecto CTA-CONACYT, correspondientes a los aportes incrementales del río Paraguay;
2. Captura de datos: cada modelo hidrológico está compuesto de series temporales de precipitación, evapotransporización y condiciones iniciales de variables de estado del método Soil Moisture Accounting, este último se alimenta de ejecuciones previas del modelo hidrológico. Datos de precipitación provienen de ponderaciones areales por subcuenca, de la base de datos del proyecto Global Precipitation Measurement (GPM) y del Modelo Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio. Los datos de entrada son transformados a formato compatible para hec-hms (DSS);

<sup>1</sup> <https://hidroinformatica.itaipu.gov.py/yrato/>

<sup>2</sup> Sistema de Monitoreo Hidrológico en Tiempo Real para el Paraguay, Centro Internacional de Hidroinformática. Itaipu - UNESCO, Paraguay DOI: 10.29104/PHI-2018-AQUALAC-V10-N2-08

3. Ejecutar modelo: Los 5 modelos hidrológicos son ejecutados de manera secuencial en batch (líneas de comando), con tareas programadas y a paso diario (operacionalmente);
4. DSS a BD CIH: todos los outputs en DSS son insertados a la base de datos del CIH, para la visualización en el portal web y para su posterior uso en el modelo hidrodinámico.

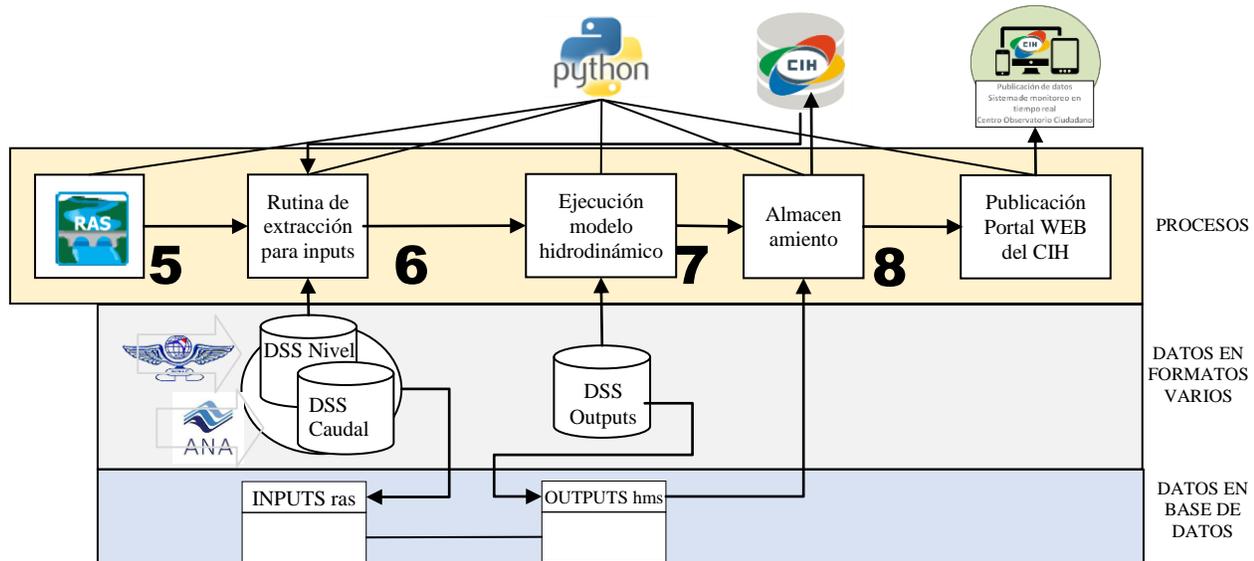


Figura 2 – Esquema simplificado de procesos para la automatización del modelo hidrodinámico

1. Obtener modelos: Reconocimiento del modelo hidrodinámico desarrollado en el presente estudio, desde Puerto Mourtinho hasta Pilar;
2. Captura de datos: Se emplean series temporales de caudal y nivel observado como condiciones de borde, y series de modelado del aporte hidrológico (paso 3). Para la previsión de condición de borde se emplea la hipótesis de condiciones permanentes de nivel y caudal, lo que permite pronosticar niveles y caudales hasta el periodo de transito de la onda de crecida. Los datos de entrada son transformados a formato compatible para hec-ras (DSS);
3. Ejecutar modelo: El modelo hidrodinámico es ejecutado posterior a la finalización de todos los modelos hidrológicos, con tareas programadas y a paso diario (operacionalmente);
4. DSS a BD CIH: todos los outputs en DSS son insertados a la base de datos del CIH, para la visualización en el portal web.

# Operacionalización de Modelos Hidrológicos e Hidrodinámicos sobre plataforma WEB del Centro Internacional de Hidroinformática (CIH)

El CIH cuenta con un aplicativo WEB, denominado YRATO, que permite el monitoreo en tiempo cuasi-real (NRT) de variables hidrológicas, estos para los principales ríos del Paraguay. El aplicativo se caracteriza por hacer empleo de software libre y datos abiertos, todos estos mediante automatización de tareas. A continuación algunas características de la herramienta:

- Monitorear en tiempo real (RT) los estados hidrométricos de los principales ríos del Paraguay, mediante información disponibilizada por instituciones varias.
- Permite supervisar el progreso de la precipitación en tiempo cuasi-real (NRT), utilizando información de detección remota del proyecto Global Precipitation Measurement (GPM), de las agencias NASA-JAXA
- Permite observar pronósticos de precipitación, temperatura y humedad de suelo del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF).
- Permite Realizar estadísticas periódicas de la precipitación (GPM y ECMWF) por áreas (departamentos, localidades, cuencas, etc).
- Utilizar información del proyecto colaborativo Openstreetmap
- Mapeo y cuantificación de áreas afectadas para las ciudades de Concepción, Asunción, Alberdi y Pilar
- Permite la carga de capas de datos geoespaciales
- Administración de datos, insumo de información a la base de datos del CIH
- Análisis de sesgo entre precipitación del GPM y estaciones con pluviómetros.

Más detalles de la herramienta pueden ser encontrados en el artículo científico denominado *“Sistema de Monitoreo Hidrológico en Tiempo Real para el Paraguay, Centro Internacional de Hidroinformática. Itaipu - UNESCO, Paraguay DOI: 10.29104/PHI-2018-AQUALAC-V10-N2-08”*

La gran capacidad de recolección de datos hidrometeorológicos con que cuenta la herramienta a nivel país, representa una alternativa ideal para el acople de los modelos hidrológicos e hidrodinámicos realizados sobre el Río Paraguay, posibilitando llegar a operacionalizarlos de forma sistémica. De esa manera, profesionales del CIH procedieron al diseño e implementación de procesos automatizados para las corridas diarias de los modelos, obteniendo y disponibilizando previsiones de niveles y caudales con un horizonte de 12 días a lo largo del Río Paraguay.

## 1. Implementación

Posterior a un análisis y diseño del alcance de los procesos de acople de los modelos a la plataforma informática del CIH, se realizó la implementación de los requerimientos en tres componentes principales que abarcan desde procesamientos por lotes (modo batch) hasta el desarrollo de interfaces de visualización WEB, a continuación más detalles de los mismos.

### a) Componente HMS

El objetivo es acoplar los modelos Hidrológicos del proyecto (HEC-HMS) a la plataforma tecnológica del CIH, utilizando datos meteorológicos almacenadas en el CIH, y dejarlas de

manera operativa (A partir de lluvias obtener caudal), generando insumos para las corridas del modelo hidrodinámico (HEC-RAS). Todo el volumen de información de cada corrida es guardada en el banco de datos del CIH. Las tareas llevadas a cabo en la componente:

- Diseño del esquema de funcionamiento de las corridas de los modelos hidrológicos, desde el pre-procesamiento de las entradas necesarias hasta el almacenamientos de los resultados en armonía con la base de datos del CIH.
- Desarrollo de un proceso, utilizando el lenguaje de programación Python, que permitirá ejecutar los modelos en batch (Script de ejecución). Características de la corrida de los modelos:
  - Las entradas de los modelos, provienen de datos pre-procesados de estaciones hidrometeorológicas almacenados en YRATO (Precipitación), previamente asociadas a las cuencas del proyecto HEC-HMS. Actualmente las entradas de precipitación son generados a partir de datos de sensoramiento remoto del GPM (Datos cada 30 min) en combinación con previsiones extraídas del ECMWF (Pronósticos a 12 días).
  - Las variables de salida son almacenadas completamente en la base de datos del CIH, todas ellas relacionada a un nodo del modelo.
- Desarrollo de paneles de visualización de resultados de las corridas de los modelos hidrológicos. Dichos resultados pueden ser desplegados a través de los nodos representados en el visualizador de mapas del aplicativo.

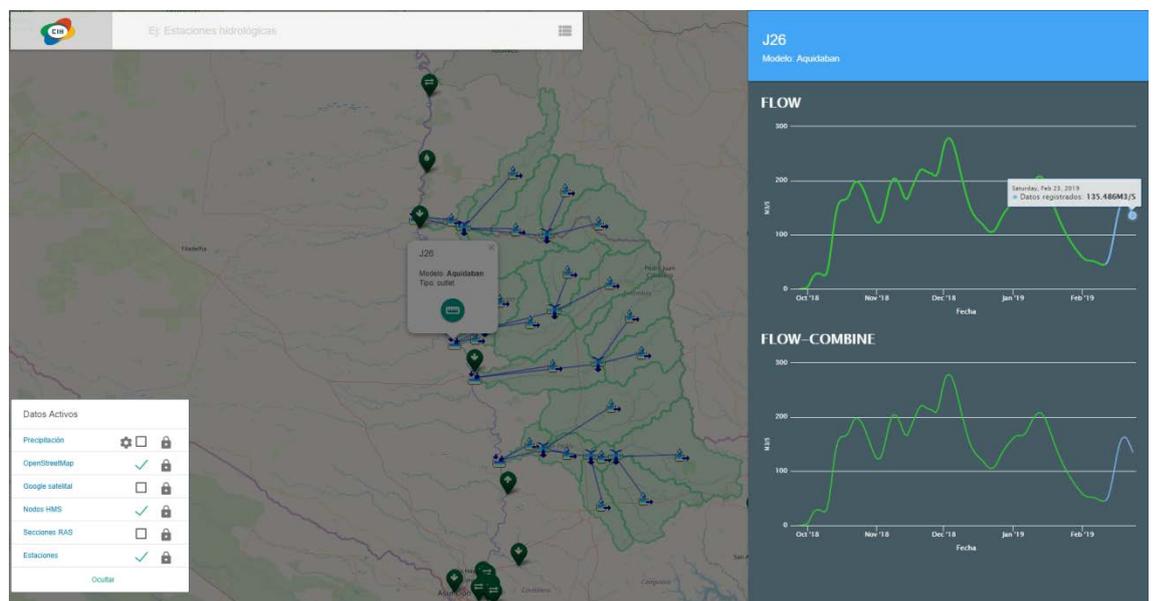


Figura 1. Panel HMS en YRATO

## b) Componente RAS

El objetivo es acoplar el modelo Hidrodinámico del proyecto a la plataforma tecnológica del CIH y dejarlas de manera operativa, utilizando resultados de los modelos hidrológicos e hipótesis tomadas en las condiciones de borde. Características de la corrida del modelo:

- Diseño del esquema de funcionamiento de las corridas de los modelos hidrodinámicos, desde el pre-procesamiento de las entradas necesarias hasta el almacenamiento de los resultados en armonía con la base de datos del CIH.
- Caudal de afluentes son obtenidos de las corridas de los modelos hidrológicos del proyecto.
- En las condiciones de bordes fueron tomadas algunas hipótesis para las previsiones. Teniendo en cuenta que los modelos hidrológicos cuentan con pronósticos de caudales en un horizonte de 12 días:
  - Condición de borde, Caudal en Estación Porto Moutinho: el último dato capturado de caudal es tomado para los siguientes 12 días.
  - Condición de borde, Nivel en Estación Pilar: el último dato capturado de nivel es tomado para los siguientes 12 días.
- Desarrollo de un proceso, utilizando el lenguaje de programación Python, que permitirá ejecutar los modelos en batch (Script de ejecución).
- Desarrollo de paneles de visualización de resultados de las corridas de los modelos Hidrodinámicos. Dichos resultados pueden ser desplegados a través de las secciones representadas en el visualizador de mapas del aplicativo.

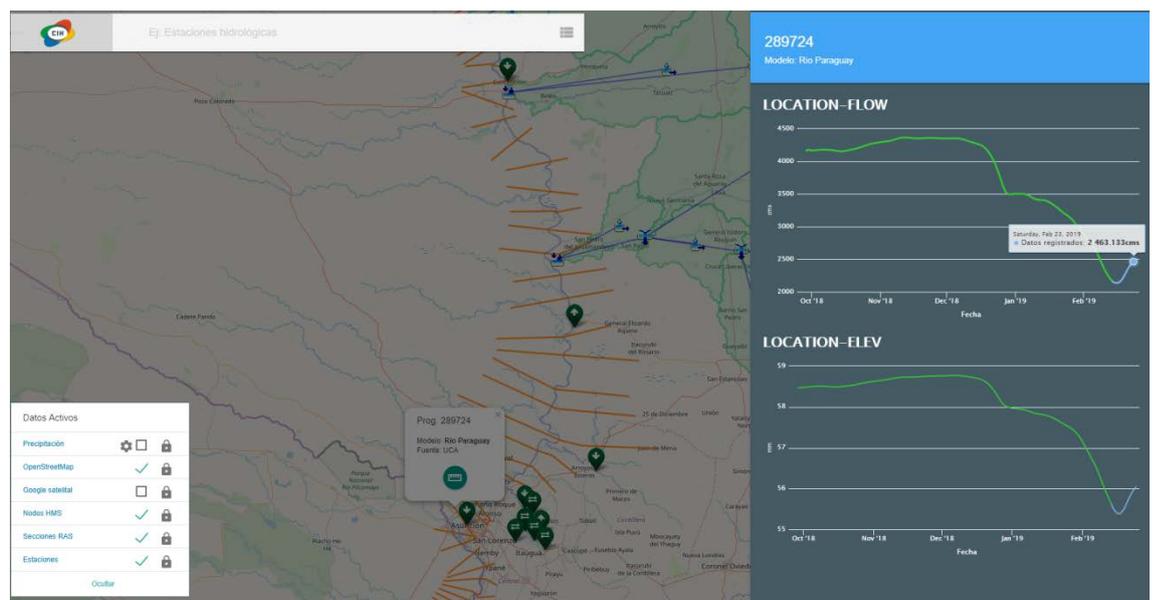


Figura 2. Panel RAS en YRATO

### c) Integración HMS – RAS

Esta componente se encarga de sincronizar y automatizar los procedimientos en batch desarrollados para la ejecución de los modelos hidrológicos e hidrodinámicos. El mismo fue desarrollado en el lenguaje de programación Python y cuenta con las siguientes características:

- Ejecución sistémica y automática todos los días a las 10:00 am.

- Los modelos hidrológicos son ejecutados inicialmente para luego servir de insumo en los modelos hidrodinámicos.
- Los datos son disponibilizados de manera automática en la plataforma YRATO, una vez que las corridas hayan finalizado.
- Todos los scripts de ejecución y modelos se realizan en un servidor destinado exclusivamente a ello dentro de la infraestructura informática de la ITAIPU BINACIONAL.

El aplicativo WEB se encuentra en un ambiente de producción, por lo que su acceso es posible a través del siguiente enlace: <https://hidroinformatica.itaipu.gov.py/yrato/>

SE ADJUNTA NOTA DE SOLICITUD DE APOYO DE LA UC A ITAIPU PARA AUTOMATIZACION DE PROCESOS DE MODELACION EXPERIMENTAL EN LA PLATAFORMA DEL CENTRO DE HIDROINFORMATICA CON EL OBJETIVO A MEDIANO PLAZO PARA FORTALECIMIENTO DEL SERVICIO HIDROLOGICO NACIONAL EN LA DIRECCION DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA



UNIVERSIDAD CATOLICA "NUESTRA SEÑORA DE LA ASUNCION"  
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA  
 CENTRO DE TECNOLOGIA APROPIADA  
 Campus Universitario del Barrio Santa Librada, Cantaluppi y Villalón  
 Asunción Paraguay  
 Teléfono: (595 21) 311 820 Fax: (595 21) 311 820  
 C.C. 1683 e-mail: [cta@uca.edu.py](mailto:cta@uca.edu.py)

Nota CTA Nro. 059 / 2018

Asunción, 01 de agosto de 2018

Señor  
**JAMES SPALDING**, Director General Paraguay  
 Entidad Binacional ITAIPU  
 Presente



José Etchegaray  
 Central de Protocolo - Asunción  
 Itaipu Binacional

032179-18  
 03/08/2018 12:02 PM  
 PROTOCOLO ITAIPU-ASU

Tengo el agrado de dirigirme a Usted en el marco de la ejecución del proyecto de investigación "Sistema de Pronóstico de Niveles y Caudales del Río Paraguay" financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología – CONACYT y ejecutado por el Centro de Tecnología Apropiada, dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción", a fin de solicitar sus buenos oficios para desarrollar un aplicativo informático con el apoyo del Centro Internacional de Hidroinformática CIH, dependiente de vuestra institución.

El presente pedido, se realiza con el objetivo de proveer herramientas para automatizar los pronósticos de niveles y caudales a lo largo del río Paraguay y disponibilizar los resultados de la investigación para los diferentes usuarios, aprovechando las facilidades que actualmente se disponen en el Centro Internacional de Hidroinformática de Itaipu para el desarrollo de aplicativos para su visualización en la Web, Internet.

A los efectos de coordinar cuestiones inherentes a lo solicitado, se designa al Ing. Roger Monte Domecq, coordinador técnico de la investigación, cuyos datos son e-mail: [roger.monte-domecq@uc.edu.py](mailto:roger.monte-domecq@uc.edu.py), teléfono (021) 311-820.

Sin otro particular, hago propicia la ocasión, para saludar al Sr. Director con las expresiones de mi mayor consideración y estima.

Prof. Ing. Roberto Lima Morra, Msc.  
 Director CTA



P.A. *Mano Monte Domecq* 4340820

Ing. Pedro Domaniczky L.  
 Director de Coordinación Ejecutiva

DIRECCIÓN GENERAL PARAGUAYA			
<input type="checkbox"/> AS.TD	<input type="checkbox"/> AS.FD	<input type="checkbox"/> RS.GP	<input type="checkbox"/> PE.GP
<input type="checkbox"/> AS.IE	<input checked="" type="checkbox"/> AS.CE	<input type="checkbox"/> SI.GG	<input type="checkbox"/> CS.GP
<input type="checkbox"/> AS.AE	<input type="checkbox"/> CA.GP	<input type="checkbox"/> ER.GP	<input type="checkbox"/> AM.GP
<input type="checkbox"/> AS.GP	<input type="checkbox"/> DA.FUNC.	<input type="checkbox"/> FPTLPY	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> TIPIEMO	<input type="checkbox"/> BUCAS	<input type="checkbox"/> ALPY	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> ANALISIS Y MANIFIESTACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> INFORMAR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> PROVIDENCIAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> PARECER JURIDICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> PROCESAR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Firma:		Fecha: 06/08/18	

Asistente del Director General Paraguayo