

IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE PRONÓSTICOS HIDROLÓGICOS PROBABILÍSTICOS PARA SALTO GRANDE

Rodolfo Alvarado Montero¹, Jan Talsma¹, Eduardo Zamanillo²,
Nicolás Failache Gallo² y Juan Badagian²

¹Deltares, Delft, Países Bajos.

²Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, Uruguay-Argentina.

E-mail: rodolfo.alvaradomontero@deltares.nl, jantalsma@deltares.nl, zamanilloe@saltogrande.org,
failachen@saltogrande.org, badagianj@saltogrande.org

Introducción

Los sistemas de pronósticos hidrológicos operacionales son una valiosa herramienta que permite a los operadores anticipar eventos y tomar decisiones oportunas que conlleva la mejora en la eficiencia del sistema. Su implementación implica no sólo la integración de redes de monitoreo y de pronósticos meteorológicos, así como el correspondiente procesamiento y validación de datos, sino además la configuración de modelos hidrológicos e hidráulicos. Dichos modelos permiten estimar variables esenciales como los caudales resultantes del proceso lluvia-escurrentía, así como la propagación de dicho caudal hacia aguas abajo. Si bien los modelos son un componente esencial de un sistema operacional, la clave en el desarrollo de estos sistemas está en el flujo de información y en generar procesos robustos que permitan asegurar la operatividad del sistema.

El sistema de pronóstico hidrológico para el sistema hidroeléctrico Salto Grande, está siendo modificado para incluir el uso de pronósticos tipo ensambles con lo cual se habilita la estimación de la incertidumbre del pronóstico y se amplía así la información disponible para el operador del sistema. En este artículo presentamos los flujos de información que fueron utilizados para llevar a cabo el desarrollo de dicho sistema, así como el tipo de modelos implementados. Una de las ventajas del análisis de estos flujos de información es la identificación de la repetición de procesos, con lo cual se simplifica la estructura del sistema de pronóstico y consecuentemente se reducen las fallas en la configuración y actualización del sistema.

Metodología

La figura 1 muestra un ejemplo de los diagramas de flujo para una de las subcuencas del sistema. En el sistema del río Uruguay se utilizan los modelos hidrológicos SAC-SMA (Sacramento Soil Moisture Accounting), las rutinas de tránsito de onda con hidrogramas unitarios, modelos de tránsito de onda mediante métodos hidrológicos y HEC-RAS, así como corrección de errores mediante modelos de autoregresivos. El sistema operacional está basado en la plataforma Delft-FEWS (Werner et al., 2013). Dicho sistema importa información de los modelos de pronóstico meteorológico GFS, GEFS, así como los pronósticos determinísticos y probabilísticos de ECMWF. La figura 2 muestra un ejemplo de los pronósticos hidrológicos obtenidos luego del procesamiento de la información utilizando los flujos de información.

La capacidad del sistema utilizando pronósticos determinísticos del GFS se analiza en comparación con sus homólogos probabilísticos del sistema de pronóstico GEFS. La evaluación se lleva a cabo utilizando los pronósticos de 3 meses del sistema operacional, utilizando métricas de desempeño como el CRPS y el BSS. Dichos indicadores se calculan a partir de las siguientes ecuaciones (Alvarado-Montero et al, 2017):

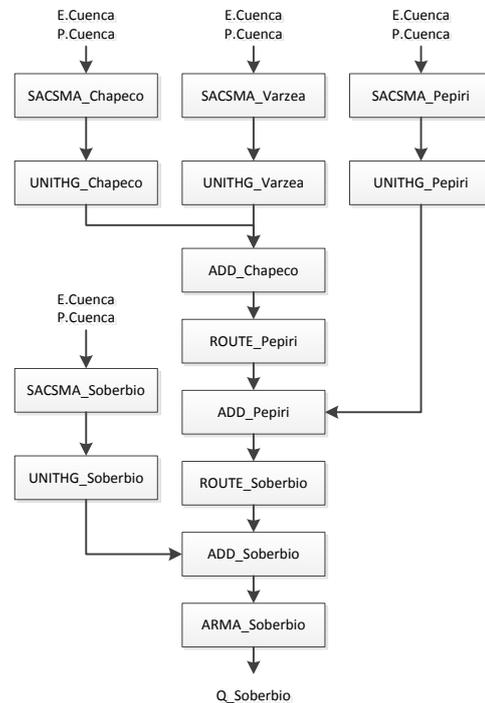


Figura 1.- Diagrama de flujo de información para una de las subcuencas del sistema de pronóstico de Salto Grande.

$$CPRS_L = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left[\int_{-\text{inf}}^{\text{inf}} (F_t(y_{k,L}) - \Gamma(y_{k,L} \geq \hat{y}_k))^2 dy \right] \quad [1]$$

$$CPRSS = 1 - \frac{CRPS_{main}}{CRPS_{ref}} \quad [2]$$

$$BS_L = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (F_t(y_{k,L}) - \Gamma(t \geq \hat{y}_k))^2 \quad [3]$$

$$BSS = 1 - \frac{BS_{main}}{BS_{ref}} \quad [4]$$

Donde: $y_{k,L}$ representa el valor del pronóstico con un tiempo

de anticipación L para el pronóstico del momento $k-L$, k es el indicador del pronóstico, n es el número de pronósticos, F es la función de distribución acumulada de la variable pronosticada, Γ es una función que asume probabilidad 1.0 para valores mayores o iguales a la observación, y 0.0 en caso contrario.

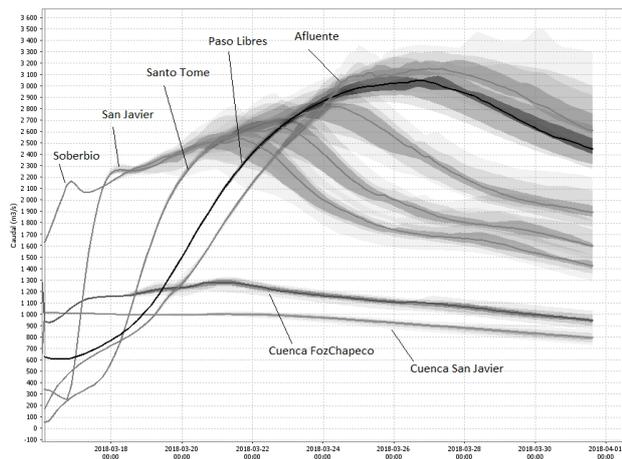


Figura 2.- Resumen de ejemplo de pronóstico probabilístico para Salto Grande.

Resultados preliminares

La funcionalidad y flexibilidad del sistema demuestran que los flujos de información son la base de un sistema operacional.

Los pronósticos probabilísticos, además, proporcionan una valiosa herramienta para cuantificar la incertidumbre en el sistema y mejoran los indicadores de desempeño.

En este sentido se presentan resultados preliminares de las métricas de desempeño que permiten inferir un potencial importante en la evaluación de la incertidumbre de los pronósticos.

Referencias bibliográficas

Alvarado-Montero, R., Schwanenberg, D., Krahe, D., Helmke, P., Klein, B. (2017). Multi-parametric variational data assimilation for hydrological forecasting. *Advances in Water Resources*, Vol. 110, pp. 182-192.

Werner, M., Schellekens, J., Gijbbers, P., van Dijk, M., van den Akker, O., & Heynert, K. (2013). The Delft-FEWS flow forecasting system. *Environmental Modelling and Software*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.010>