

USO DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN HÍDRICA PARA EL BALANCE DE FLUJOS EN LA PRESA DE RELAVES QUEBRADA HONDA - TACNA

Daniel Alarcón Alcántara, Martín Elescano y José N. De Piérola

SouthernPerú Copper Corporation, Perú.

E-mail: dalarcona@southernperu.com.pe, jdepiero@southernperu.com.pe, melescano@southernperu.com.pe

Introducción

Southern Perú Copper Corporation (SPCC) es una compañía minera productora de cobre y molibdeno, que viene operando desde hace más de 55 años en la zona sur del Perú. Cuenta con dos minas a tajo abierto: Toquepala y Cuajone, ubicadas en los departamentos de Tacna y Moquegua respectivamente. El abastecimiento de agua para las operaciones proviene de fuentes ubicadas en las cuencas de Moquegua y Locumba, sobre los 4000 msnm; en una de las zonas más áridas y de clima extremo del Perú.

A partir de enero del 2017 se inició la etapa de construcción de la infraestructura que forma parte del proyecto de ampliación de la unidad Toquepala de SPCC. Dicho proyecto contempla la puesta en operación de una nueva concentradora, cuya fuente de agua provendrá de la presa de relaves, con ello la producción actual de cobre en la unidad minera Toquepala aumentará en un 100%, es decir, alcanzará las 120,000 tn/día. Si bien es cierto que la empresa desarrolla actualmente esfuerzos por reducir el consumo de agua con programas de concientización sin necesidad de agua, se requiere también de un balance hídrico más preciso que incluya todos los inputs y outputs que permitan desarrollar una gestión más eficiente del consumo y reutilización del agua.

El presente trabajo sintetiza las experiencias y resultados de la realización de ensayos experimentales por parte de la Gerencia de Recursos Hídricos SPCC para comprender los procesos físicos asociados a las principales parámetros del balance de agua en el depósito de relaves de Quebrada Honda, tales como la evaporación de playas activas, resaturación de playas inactivas y retención en los poros por infiltración profunda.

Materiales y métodos

Como parte de la elaboración de un modelo conceptual del balance hídrico del depósito de relaves de Quebrada Honda que posteriormente sería añadido al modelo Goldsim, se emplearon las metodologías descritas a continuación.

Primeramente, se realizó la clasificación de las superficies representativas del embalse, con el fin de cuantificar la extensión de los cuerpos de agua y playas activas para determinar las pérdidas por evaporación, para ello se hizo uso del software libre (QGIS) y herramientas de análisis espacial (Semiautomatic Classification Plugin-SCP). Se procesó imágenes satelitales multiespectrales Sentinel 2 de la Agencia Espacial Europea (ESA por sus siglas en inglés). Estos resultados se validaron al realizar una comparación con proyecciones de crecimiento del embalse en base a información provista por el departamento de topografía de SPCC. (Ver Figura 1). Posteriormente las imágenes fueron procesadas obteniéndose así, las áreas diferenciadas en la presa de relaves según el grado de humectación.

Basados en estudios realizados por Wels & Robertson (2002); se realizaron estudios experimentales para describir el comportamiento del relave y de la operación mediante estudios como:

- Columna de consolidación-deseccación: Busca medir las pérdidas por retención de agua (humedad) debido a procesos de

sedimentación. Se utilizó para el registro automático de los datos un Datalogger CR1000 de Campbell Scientific, que es capaz de medir el contenido de agua volumétrico (VWC) en diferentes capas de suelos contenidas en columnas acrílicas que cuentan con sensores de humedad ubicadas en las mismas condiciones meteorológicas que la presa de relaves Quebrada Honda.

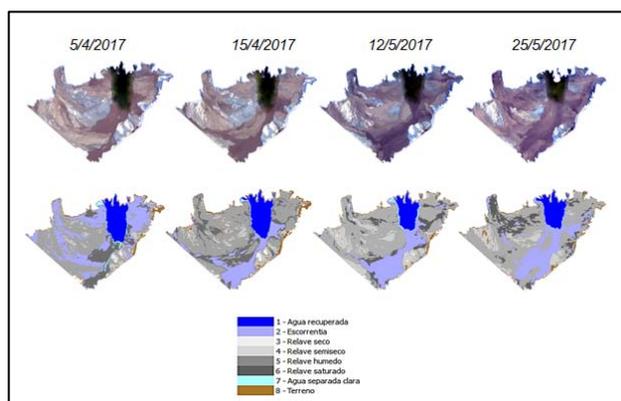


Figura 1.- Clasificación QGIS de las superficies de la presa de relaves Quebrada Honda.

- Rehumectación o rewetting en canal: Usada para determinar las pérdidas por resaturación, que se producen en el momento en que reinicia la descarga sobre las playas seca. Para el ensayo se construyó un canal metálico de 1.5 m x 0.5 m x 0.4 m con pendiente regulable y se llenó de relave hasta los 0.4 m, se dejó secar varios días hasta que el relave contenido se contraiga y agriete. Luego se realizó el vertido de relave sobre el canal, el asentamiento inicial permitió la separación de una lámina de agua, que escurrió de acuerdo con la pendiente deseada y fue colectada a la salida del canal. Luego del escurrimiento se introdujo un sensor para monitorear el contenido de humedad, a partir de este valor y el alcance volumétrico del sensor se estima la profundidad efectiva de saturación (DRW).

- Monitoreo de evaporación en relaves: Se utilizó una tina de evaporación para el monitoreo diario del asentamiento del relave y la evaporación. al igual que en una tina de evaporación tipo A. El nivel del agua y el asentamiento de los sólidos se monitorea, haciendo énfasis en la etapa inicial y en la de secado y contracción. La frecuencia es de dos veces por día, a las 10:00 y 15:00 horas.

- Ensayos de laboratorio – Caracterización de relaves: Realizado con apoyo de la consultora Golder Associates (2016), para ello SPCC proporcionó a Golder 150 kg de muestras de cuatro (4) tipos de relaves identificadas como: Overflow Planta 2800 (dique lateral), Overflow Planta 2100 (dique principal), relaves Cuajone y Relave Huacaname (Toquepala+Cuajone). La muestra fue recibida en el laboratorio de Golder en Lima el 23 de setiembre de 2016.

La integración de todos estos parámetros, así como los aforos mensuales, los datos de producción y de operación de la presa de relaves fueron añadidos al modelo Goldsim, este software es una herramienta poderosa y flexible para cualquier sistema de ingeniería, es una “hoja de cálculo visual”, que permite graficar, crear y manipular data y ecuaciones. Además, permite ver la

evaluación de cualquier sistema y evaluar el comportamiento futuro, Goldsim (2017). Para el ámbito de recursos hídricos, Goldsim mediante la simulación de las entradas y las demandas en un depósito o suministro permite optimizar las prácticas de manejo para así, minimizar la probabilidad de tener que buscar otras fuentes y/o imponer restricciones en alguna fecha futura.

El periodo de simulación fue de enero a diciembre del 2017. Se añadió un módulo o container por uno de los procesos relacionados a la producción de sólidos y líquidos en el ámbito de la presa de relaves. Cada container tiene una serie de datos y funciones que relacionan las operaciones con los datos obtenidos de los experimentos ya antes mencionados; es así, que se pudo afinar el balance hídrico. (Ver Figura 2).

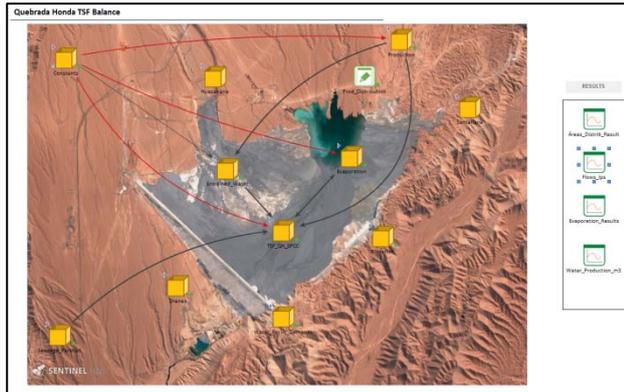


Figura 2.- Entorno del modelo Goldsim de la presa de relaves Quebrada Honda.

Resultados

Los resultados de los ensayos en laboratorio nos permitieron validar y ajustar algunos parámetros del modelo conceptual del balance hídrico del depósito de relaves, como los mostrados en la Tabla 1, otro como la profundidad efectiva de resaturación (DRW) que según los ensayos se determinó como 12 cm, factor de evaporación en función a los datos del tanque A instalado en la zona y contenido de humedad volumétrica final, cuyo resultado fue 20%.

Tabla 1.- Caracterización del relave de la presa Quebrada Honda.

ID Muestras	Tipo de ensayo	Contenido o promedio de sólidos inicial	Contenido final de sólidos	Densidad seca inicial	Densidad seca final
		[%]	[%]	[%]	[%]
Overflow Planta 2800	Sedimentación Libre	34	58.8	0.44	0.94
	Consolidación	33.9	69.2	0.43	1.34
Overflow Planta 2100	Sedimentación Libre	28.1	52.8	0.35	0.8
	Consolidación	28.3	65.3	0.35	1.13
Relaves Cuajone	Sedimentación Libre	53.8	66.8	0.82	1.16
	Consolidación	53.5	73.4	0.81	1.45
Relave Huacanan	Sedimentación Libre	55	67.5	0.85	1.18
	Consolidación	55	74.4	0.85	1.45

Estos datos fueron añadidos en el modelo Goldsim, cada flujo y dato de producción fue mapeado obteniéndose como resultados

importantes para la operación:

- Agua contenida en los poros.
- El volumen de agua de filtraciones de la presa de relaves.
- La evaporación diferenciada en la playa activa, inactiva y en la laguna de colección para cada una de las fechas que el satélite Sentinel recorre el área en análisis. (Figura 3).
- Las demandas suplidas y la proyección de la producción del agua para la unidad Operativa Toquepala (Figura 4).

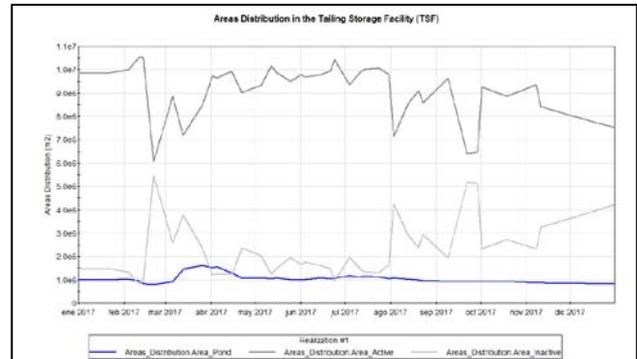


Figura 3.- Distribución de las áreas calculadas en las imágenes Sentinel 2.

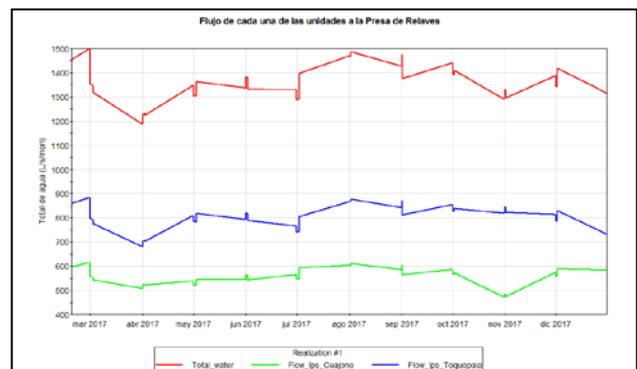


Figura 4.- Variación de los flujos en cada una de las unidades operativas de SPCC a través del periodo de simulación.

Del presente estudio se concluye que los trabajos de caracterización de distintas variables del material de la presa de relaves Quebrada Honda, tales como: la diferenciación de las áreas humectadas mediante el procesamiento de las imágenes Sentinel 2, el cálculo de la profundidad efectiva de saturación (DRW) con ensayos de rewetting en un canal y los ensayos de la caracterización del material en cada nodo de operación, permitieron afinar cada componente del balance hídrico de la presa de relaves Quebrada Honda.

El modelo Goldsim también reporta como uno de sus outputs el volumen de filtración, el cual representa el 25% del balance hídrico. Este dato es de especial importancia para las operaciones y la gestión de los flujos aguas abajo de la presa de relaves, donde el flujo va disminuyendo progresivamente. Por lo antes mencionado, se puede afirmar que modelos de este tipo ayudan a la elaboración de planes de gestión hídrica eficiente con pasos de tiempo corto, lo que permite oportunidad en el accionar.

Referencias bibliográficas

- Golder Associates** (2016). *Memorando Técnico*. Ensayos de laboratorio – Caracterización de relaves del Proyecto Quebrada Honda.
- Goldsim Technology Group** (2017). *Goldsim Probabilistic Simulation Environment User's Guide*. Version 12.0.