MyM
Ingenierías

# Balance hídrico en concentradoras de cobre

## Minerales sulfurados por flotación

### Circuito, inventarios y retornos

Un ejemplo resuelto para revisar qué entra, qué sale y cuánta agua permanece en el sistema.

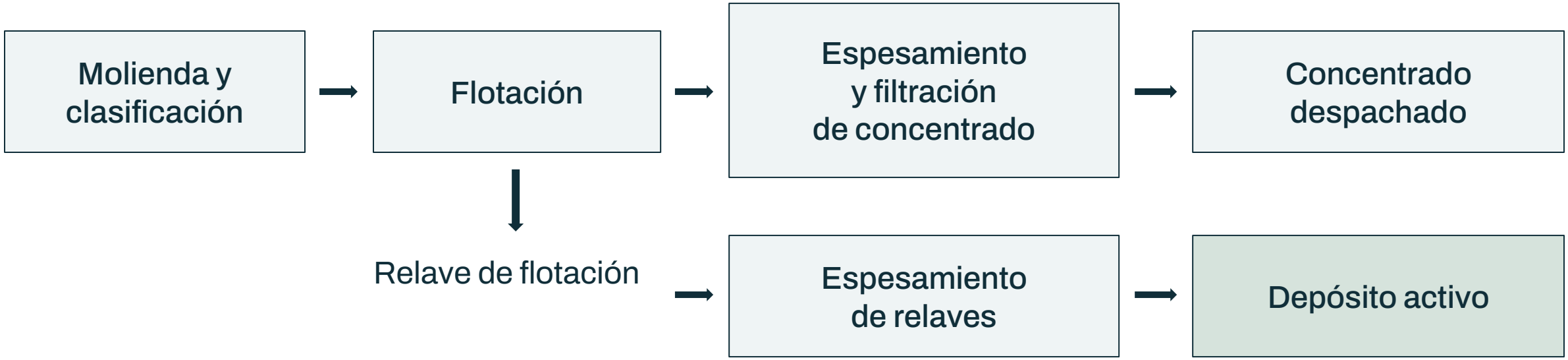
**Incluye**

Balance por frontera
Agua transportada con relaves
Condiciones para comparar una alternativa

MyM
Ingenierías

# Circuito de agua de una concentradora

Los retornos conservan su identidad hasta el punto de mezcla.




**Agua de proceso: reboses + filtrados + retorno del depósito + reposición**

El espesamiento de relaves se incluye cuando existe. Las aguas de servicio y purgas tienen conexiones propias.

MyM
Ingenierías

# La frontera define las cuentas

Una misma transferencia cambia de clasificación según el sistema observado.

## Solo planta

El retorno del depósito entra a planta.
El agua con relaves sale de planta.

## Planta y depósito

Ambas transferencias son internas.
Se cancelan al consolidar el balance.

$$\sum V_{\text{entrada}} - \sum V_{\text{salida}} = \Delta S$$

**ΔS = inventario final – inventario inicial**

El almacenamiento puede incluir estanques, laguna y agua intersticial. La convención debe quedar explícita.

MyM
Ingenierías

# Cantidades de agua en un mismo periodo

Un caudal, un volumen de pulpa y un inventario representan magnitudes diferentes.

| Registro | Tratamiento |
|---|---|
| Caudal medio de agua | Multiplicar por duración de cada intervalo |
| Agua en una pulpa | Usar masa seca y concentración con base definida |
| Agua almacenada | Restar inventario inicial al final |
| Dato faltante | Identificarlo y justificar su tratamiento |

$$V = \sum_i \overline{Q}_i \, \Delta t_i$$

$$25\ \mathrm{m^3/h} \times 24\ \mathrm{h} = 600\ \mathrm{m^3}$$

El ejemplo supone un caudal medio representativo de las 24 horas.

MyM
Ingenierías

# Ejemplo global de 24 horas

Concentradora y depósito dentro del límite. Todos los valores son m³ de agua.

| Cuenta | Componentes | Total |
|---|---|---|
| Entradas externas | 350 de reposición + 50 con mineral | 400 |
| Salidas externas | 50 con concentrado + 80 evaporación + 20 infiltración | 150 |
| Almacenamiento inicial | 800 intersticiales + 200 en laguna | 1.000 |
| Almacenamiento final | 1.000 intersticiales + 250 en laguna | 1.250 |

$$400 - 150 - (1\,250 - 1\,000) = 0\ \mathrm{m}^3$$

La infiltración del ejemplo cruza la frontera y no retorna. El cierre exacto no prueba la precisión de una medición.

MyM
Ingenierías

# Los balances parciales conservan el retorno

El mismo ejercicio permite revisar planta, depósito y conjunto.

## Planta

$$350 + 50 + 650 - 1\,000 - 50 = 0$$

Recibe agua externa, humedad del mineral y retorno. Entrega agua con relaves y concentrado.

## Depósito

$$1\,000 - 650 - 80 - 20 = 250$$

El almacenamiento aumenta 200 m³ en agua intersticial y 50 m³ en la laguna.

## Conjunto

$$400 - 150 - 250 = 0$$

El envío de relaves y el retorno se cancelan al sumar los balances.

MyM
Ingenierías

# Agua que no retorna durante la jornada

Envío menos retorno reúne almacenamiento y salidas externas.

| Destino en el depósito | Volumen | Clasificación |
|---|---|---|
| Retorno a planta | 650 m³ | Transferencia interna |
| Aumento intersticial | 200 m³ | Almacenamiento |
| Aumento en laguna | 50 m³ | Almacenamiento |
| Evaporación | 80 m³ | Salida externa |
| Infiltración no recuperada | 20 m³ | Salida externa |

$$1\,000 - 650 = 250 + 100 = 350\ \mathrm{m}^3$$

La recuperación del periodo puede incluir agua almacenada antes de la jornada.

MyM
Ingenierías

# Agua transportada con los relaves

Comparación a igual masa de sólidos secos. Concentración de sólidos en masa.

$$M_{\text{agua}} = M_{\text{sólidos secos}} \frac{1 - C_s}{C_s}$$

Cs: fracción másica de sólidos. Densidad del agua: 1 t/m³, supuesto del ejemplo.

| Sólidos en masa | Masa seca | Agua transportada |
|---|---|---|
| 55 % | 1.500 t | 1.227,3 m³ |
| 60 % | 1.500 t | 1.000,0 m³ |
| 65 % | 1.500 t | 807,7 m³ |

**De 60 % a 65 %: 192,3 m³ menos de agua acompañan a los sólidos.**

El efecto sobre reposición externa depende del circuito completo y de la viabilidad del espesamiento.

MyM
Ingenierías

# Condiciones para comparar un cambio

Un balance que cierra todavía puede requerir una operación inviable.

## Base de comparación

Mismo tonelaje seco y periodo.
Mineral y configuración identificados.
Inventarios iniciales y finales explícitos.
Variable modificada y supuestos visibles.

## Restricciones de proceso

Capacidad de espesadores y filtros.
Transporte, bombeo y disponibilidad.
Calidad del retorno en su punto de uso.
Evidencia metalúrgica aplicable.

**El balance de sólidos y agua no predice por sí solo recuperación de cobre, ley del concentrado ni energía.**

MyM
Ingenierías

# Datos y alcance de la revisión

Una demostración debe permitir reconstruir las cuentas y entender sus límites.

## Antecedentes para revisar

Circuito con corrientes identificadas
Flujos y periodos compatibles
Inventarios iniciales y finales
Bases de humedad y sólidos
Fuentes, métodos y eventos de operación

## Minerales mixtos u oxidados

La aplicación requiere la ruta real y sus condiciones. Un circuito de lixiviación necesita otra frontera y otras corrientes.

**Referencias**

USGS (2012), flotación de cobre. MCA (2022), contabilidad de agua.
Le, Schreithofer y Dahl (2020), calidad del agua en recirculación.
Ejemplos numéricos y cálculos: MyM Ingenierías.