



*XIV Congreso de
Concentradores, Mineroductos,
Relaveductos y Acueductos*

23 y 24 de noviembre 2017
Hotel Sheraton Miramar
Viña del Mar - Chile



DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS HACIA ESPEADORES DE RELAVES Y CIRCUITOS DE FLOTACIÓN, MEDIANTE TRAZADORES RADIOACTIVOS

Francisco Díaz, Mauricio Bustamante
Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.



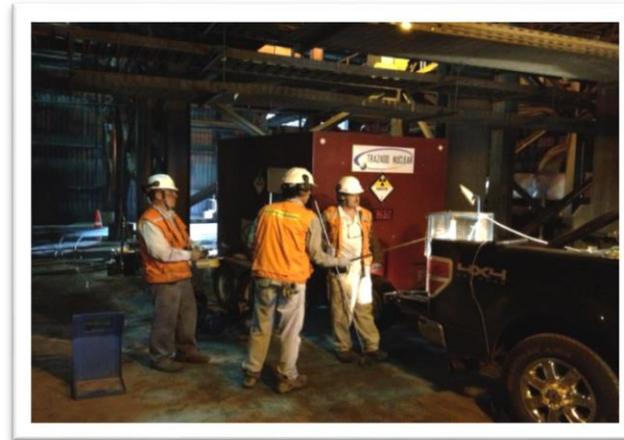
- Introducción
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones



INTRODUCCIÓN: Sobre la empresa



- Trazado Nuclear e Ingeniería (TNI) se funda el año 2012, su objetivo es entregar mediciones confiables en armonía con el medio ambiente.
- TNI se especializa en prestar servicios para estudio y mejora de procesos industriales, mineros, metalúrgicos, energéticos, recursos hídricos y ambientales mediante la aplicación de trazadores y sistemas de control nucleónico.
- Los socios poseen más de 30 años de experiencia en el uso de la técnica, liderando equipos de trabajo multidisciplinarios para la toma de datos en terreno y su posterior análisis, lo que asegura la confiabilidad de los resultados.



INTRODUCCIÓN: Sobre la empresa



Entre los clientes que han confiado en los servicios de TNI se tienen:



LOS PELAMBRES
ANTOFAGASTA MINERALS



MINERA MICHILLA S.A.



MINERA ESCONDIDA
Operada por BHP Billiton



COLLAHUASI



CODELCO



ANTUCOYA



Sociedad del Canal
de Maipo



tinguiririca energía
generación sustentable



AES Gener
energía confiable



ANGLO
AMERICAN



enel



Colbun
MEJOR ENERGÍA



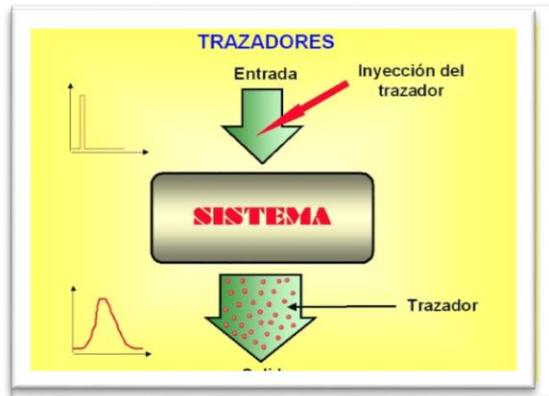
enap refineras



INTRODUCCIÓN: Sobre la técnica



- Los trazadores se pueden utilizar para seguir el movimiento de una sustancia marcada dentro de un proceso, en grandes o pequeñas cantidades a nivel molecular o atómico.
- La técnica permite medir la cantidad de trazador que pasa por un punto específico del proceso entregando información detallada de su trayecto.
- Existen distintos tipos de trazadores, su selección depende de las características específicas para cada proceso.



Dentro de las principales aplicaciones de la técnica del uso de trazadores se destacan:

1- Procesos industriales:

- Medición de velocidad y determinación de caudales en:
 - Tuberías de transporte de agua potable e industrial.
 - Tuberías de transporte de gases e hidrocarburos.
 - Canaletas de relaves, etc.
- Distribución de flujos a líneas de proceso.
- Trazado y detección de fugas en tuberías enterradas de transporte de líquidos y gases.
- Asesoría técnica en limpieza de tuberías mediante la marcación de raspadores.



Dentro de las principales aplicaciones de la técnica del uso de trazadores se destacan:

2- Medición en flujos naturales de:

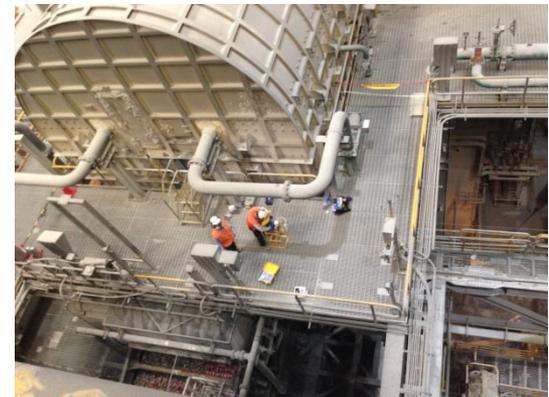
- Flujos en Ríos y Canales.
- Velocidad y dirección de flujo de napas subterráneas.
- Dispersión de contaminantes.
- Dispersión y Difusión en Emisarios submarinos.
- Determinación de filtraciones en estanque y/o represas hidráulicas.



Dentro de las principales aplicaciones de la técnica del uso de trazadores se destacan:

3- Distribución de Tiempos de Residencia de sólidos, líquidos y gases en:

- Molinos de bola y barra
- Espesadores
- Celdas y columnas de flotación
- Pilas de lixiviación
- Digestores
- Hornos Continuos
- Otros



TNI cuenta con las siguientes certificaciones y autorizaciones:

Requisitos normativos

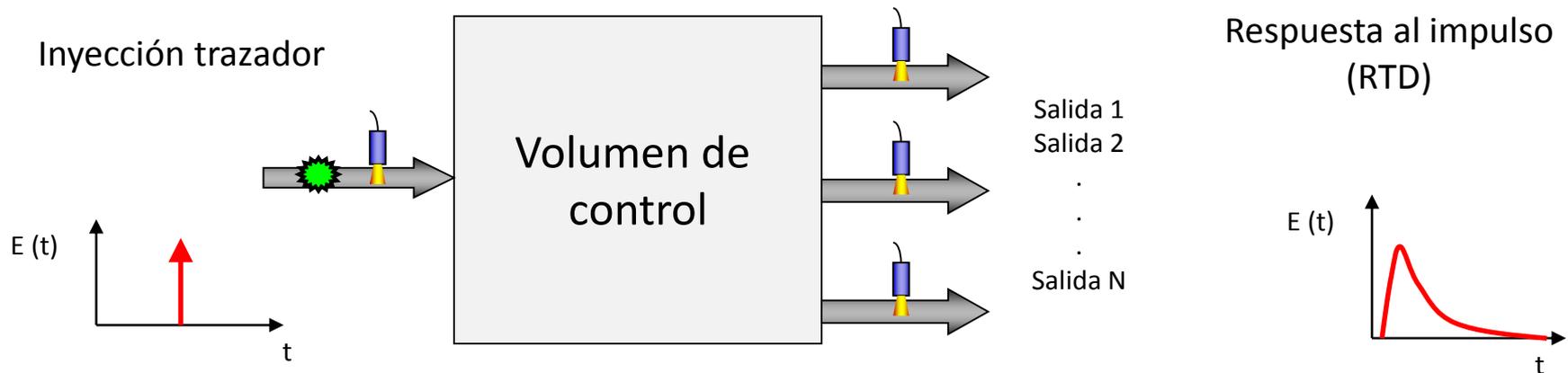
- Autorizaciones de operadores del SEREMI de Salud
- Autorizaciones de operadores de la Comisión Chilena de Energía Nuclear
- Autorización de operación de primera categoría
- Autorización de Transporte de material radiactivo

Certificaciones

- Informe de contrastación del patrón de flujo nacional CISA
- Certificado de Calibración de flujos superficiales del Instituto Nacional de Hidráulica
- Sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015. Bureau Veritas



Técnica del uso de trazadores radiactivos



- ✓ Trazadores líquidos : Br-82, I-131
- ✓ Trazadores sólidos : material flotable
material no flotable
Distinta granulometría
- ✓ Trazadores gaseosos : Kriptón-85
Freón 13B1



Ec. Distribución tiempo de residencia

$$t_{\text{exp}} = \frac{\int t C(t) dt}{\int C(t) dt}$$

donde,

t_{exp} : tiempo medio experimental.

t : tiempo al cual se recolecta la muestra.

$C(t)$: concentración de trazador en el tiempo t .

Determinación velocidad de flujo

$$V = \frac{d2-d1}{t2-t1}$$

donde,

V : velocidad del fluido

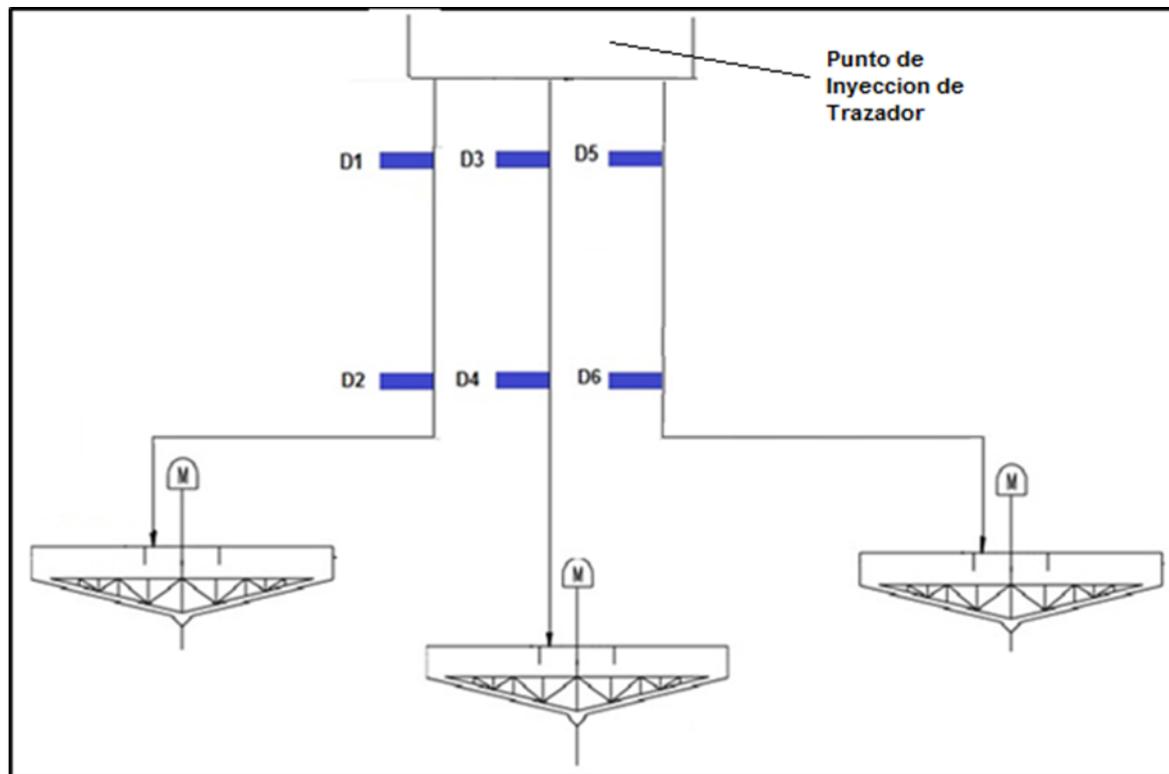
$d2-d1$: distancia entre ambas sondas de detección (conocida)

$t1$: tiempo medio de residencia del punto de medición 1

$t2$: tiempo medio de residencia del punto de medición 2



Distribución de flujos en Espesadores de relaves



Detectores D1, D3 y D5: permiten determinar la distribución a partir del tiempo de residencia.

En cada línea de alimentación al espesador es posible determinar el caudal de pulpa transportado.

Resultados: Espesadores de relaves



Distribución de flujos en Espesadores de relaves

Punto de medición	Experiencia 1	Experiencia 2	Experiencia 3	Distribución media
Espesador Derecho	33,1%	32,9%	33,3%	33,1%
Espesador Central	33,8%	34,0%	34,3%	34,0%
Espesador Izquierdo	33,1%	33,1%	32,4%	32,9%



Resultados: Espesadores de relaves



Distribución de flujos en Espesadores de relaves



Distribución de flujos en Espesadores de relaves

Uso de trazadores líquidos y sólidos de distinta granulometría:

- Relave Global
- Relave Grueso
- Relave Intermedio
- Relave Fino
- Líquido



Resultados: Espesadores de relaves

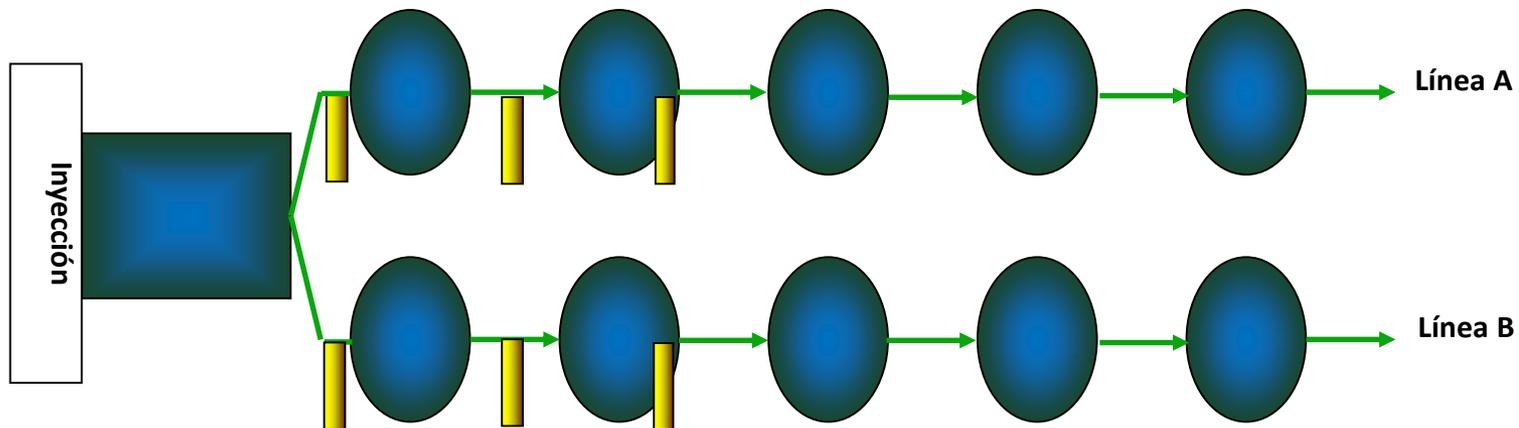


Distribución de flujos en Espesadores de relaves

TRAZADOR	ESPESADOR DE RELAVE	DISTRIBUCIÓN DE FLUJO [%]
Relave Global	Línea 1	49,2
	Línea 2	26,2
	Línea 3	24,6
Relave Grueso	Línea 1	36,8
	Línea 2	31,0
	Línea 3	32,2
Relave Intermedio	Línea 1	43,3
	Línea 2	28,9
	Línea 3	27,8
Relave Fino	Línea 1	39,4
	Línea 2	28,7
	Línea 3	31,9
Líquido	-	-
	Línea 2	52,1
	Línea 3	47,9



Distribución de flujos en Celdas de Flotación Rougher



- Inyección en el cajón de distribución
- Detección a la entrada y salida de las celdas de interés
- Determinación de distribuciones de flujo
- Determinación de tiempos de residencia en cada celda

Distribución de flujos en Celdas de Flotación Rougher

Resumen Distribución de Carga, Caso Base (2 tapones a cada celda)

	Valor medio
Fila A	66.4
Fila B	33.6



Distribución de flujos en Celdas de Flotación Rougher

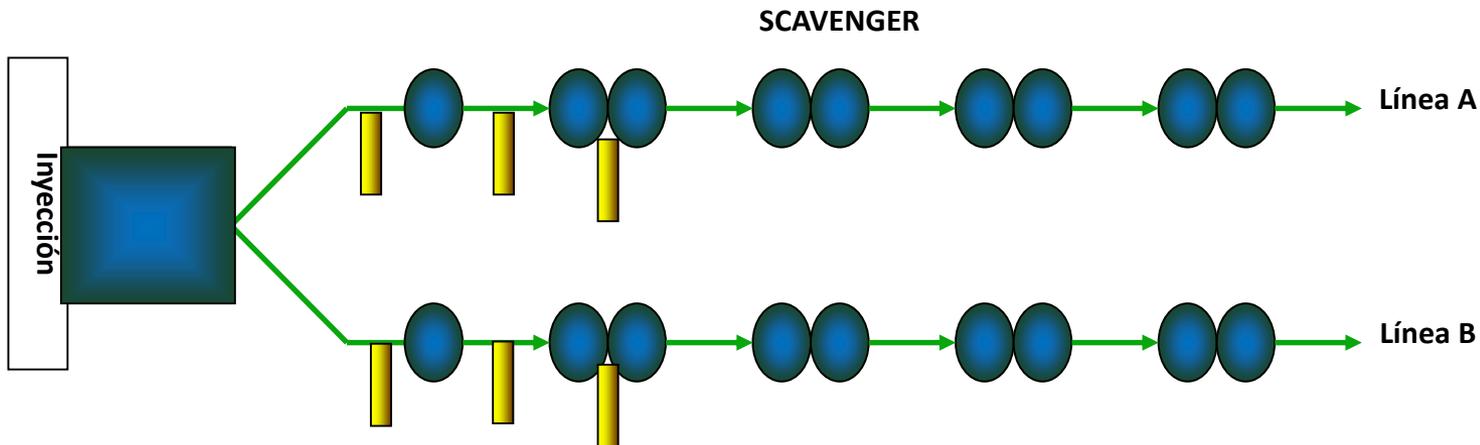
Resumen Distribución de Carga, Prueba 1	
	Valor medio
Fila A	60.4
Fila B	39.6

Prueba 1: 2 tapones a celda A, 2 tapones a celda B y 1 tapón a celda auxiliar C

Prueba 2: 1 tapones a celda A, 2 tapones a celda B y 1 tapón a celda auxiliar C

Resumen Distribución de Carga, Prueba 2	
	Valor medio
Fila A	50.7
Fila B	49.3

Distribución de flujos en Celdas de Flotación Scavenger



- Inyección en el cajón de distribución
- Detección a la entrada y salida de las celdas de interés
- Determinación de distribuciones de flujo
- Determinación de tiempos de residencia en cada celda

Distribución de flujos en Celdas de Flotación Scavenger

Resumen Distribución de Carga, Caso Base (válvulas abiertas al 100%)

	Valor medio
Fila A	55.2
Fila B	44.8



Distribución de flujos en Celdas de Flotación Scavenger

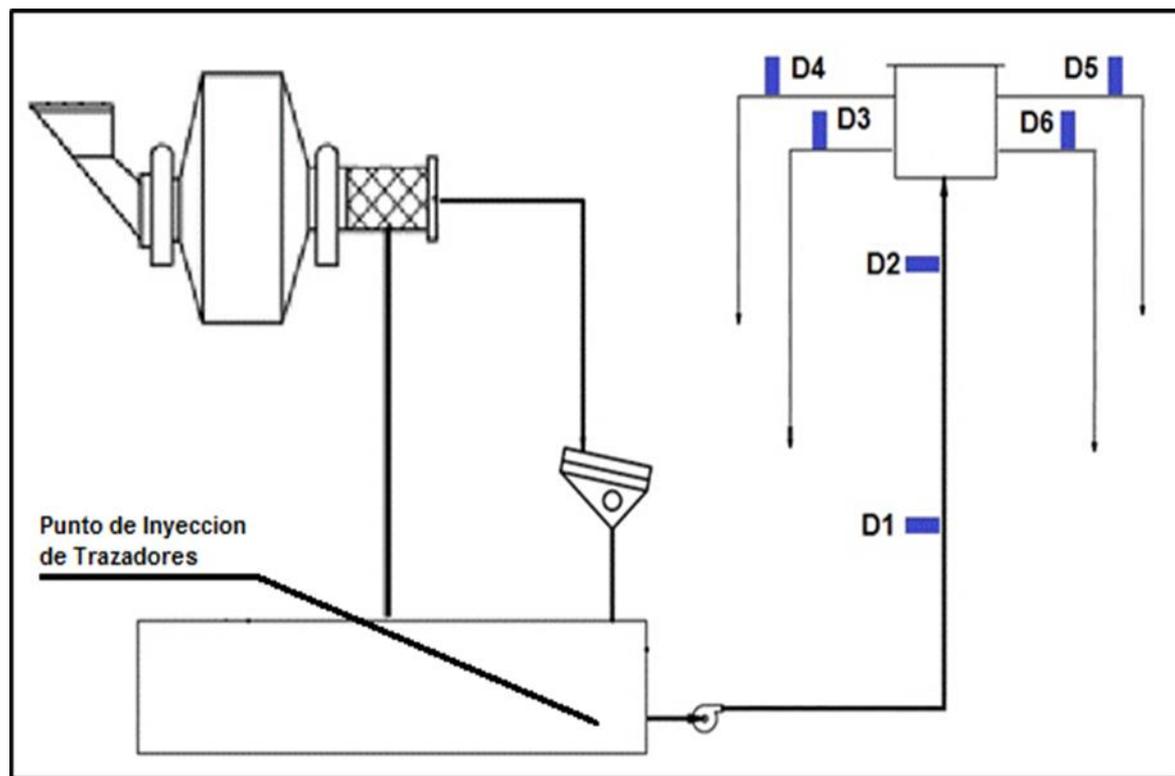
Resumen Distribución de Carga, Prueba 1	
	Valor medio
Fila A	55.6
Fila B	44.4

Prueba 1: Apertura 60% válvula línea A y 100% válvula línea B

Prueba 2: Apertura 40% válvula línea A y 100% válvula línea B

Resumen Distribución de Carga, Prueba 2	
	Valor medio
Fila A	55.1
Fila B	44.9

Distribución de flujos en Molinos SAG



Detectores D1 y D2:
permiten identificar
velocidad de flujo.

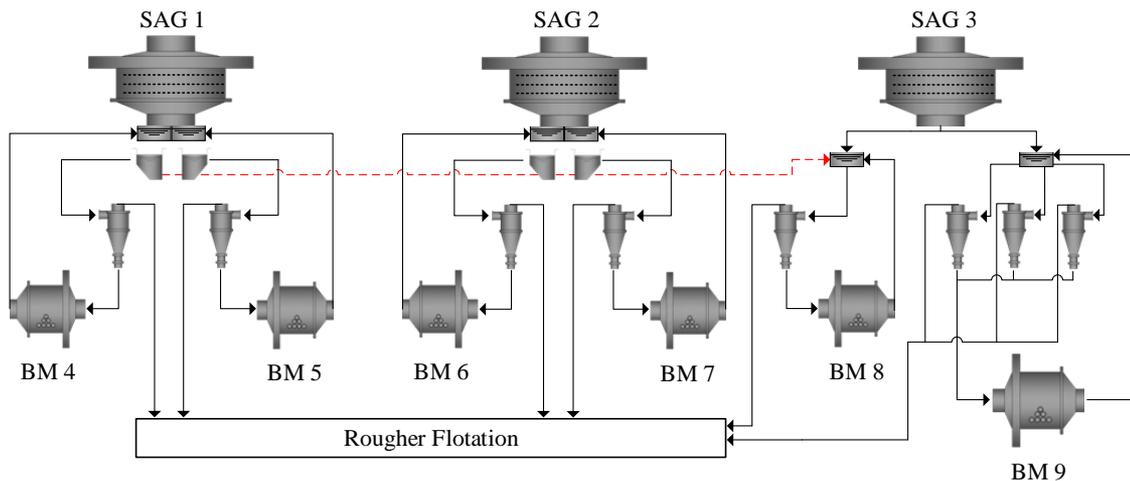
Detectores D3 a D6:
permiten determinar la
distribución a partir del
tiempo de residencia.

Distribución de flujos en Molinos SAG

Hacia Equipo	Experiencia 1	Experiencia 2	Experiencia 3	Distribución media
Molino Bolas 5	27,5%	26,3%	25,5%	26,4%
Molino Bolas 6	25,4%	25,4%	26,5%	25,8%
Molino Bolas 7	24,4%	23,7%	23,6%	23,9%
Molino Bolas 8	22,7%	24,5%	24,5%	23,9%



Distribución de flujos en Molinos SAG



- **Línea 1:** SAG 1: 36' x 17'
Bola 4 y 5: 21' x 34'
- **Línea 2:** SAG 2: 36' x 17'
Bola 6 y 7: 21' x 34'
- **Línea 3:** SAG 3: 36' x 17'
Bola 8: 21' x 34'
Bola 9: 30' x 45'

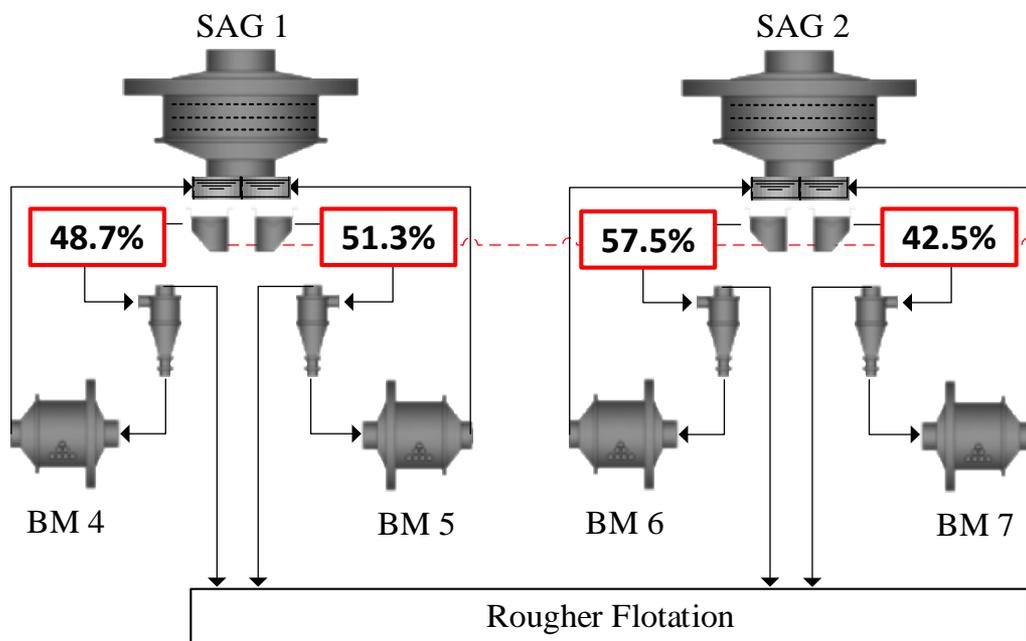


Distribución de flujos en Molinos SAG

Puntos de inyección y detección



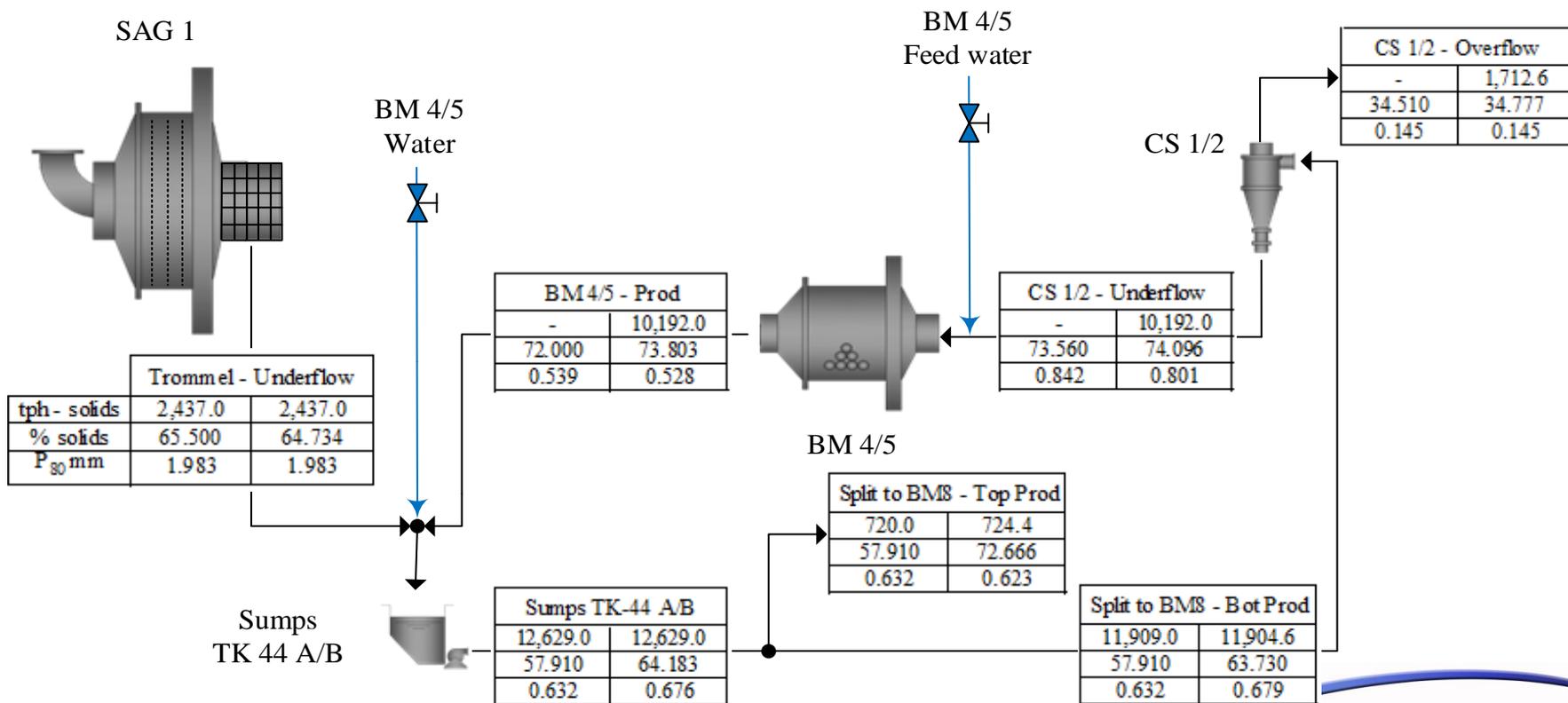
Distribución de flujos en Molinos SAG



Resultados distribución

SAG línea	Batería hidrociclones	Distribución Alimentación
1	BM 4	48.7%
	BM 5	51.3%
2	BM 6	57.5%
	BM 7	42.5%

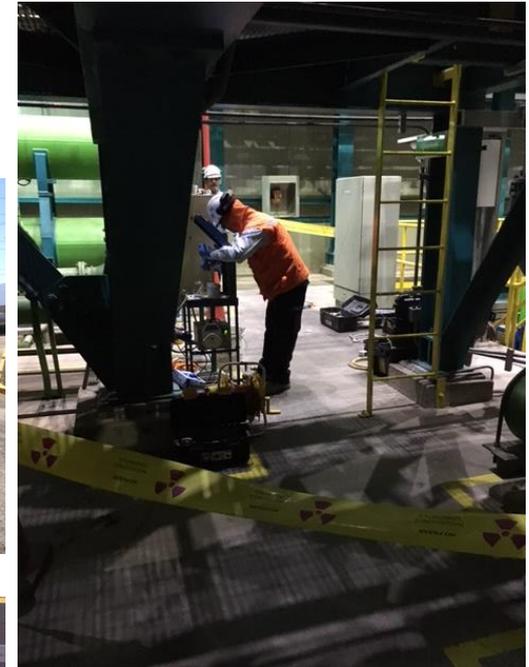
Distribución de flujos en Molinos SAG



RESULTADOS: Torre de enfriamiento



Distribución de flujos en Torre de enfriamiento



Distribución de flujos en Torre de enfriamiento

Línea	Distribución de flujo
[-]	[%]
811	23,2%
812	13,4%
813	23,5%
814	14,0%
815	14,0%
816	11,9%

La tabla muestra distribución de flujos en las 6 líneas de alimentación a una torres de enfriamiento.

- El uso de trazadores radiactivos es una metodología probada que posee una serie de aplicaciones, entre las cuales se encuentra la determinación de las distribuciones de flujo.
- La importancia de la correcta determinación de la distribución de flujos radica en la información que es capaz de entregar, ya sea para el cálculo de balances de masa, como para el determinar el comportamiento de procesos ante modificaciones de la condiciones de operación.
- El poder controlar las distintas fases de un proceso, incluyendo distinta granulometría de la fase sólida permite la realización de una amplia gama de estudios a los procesos productivos.



DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS HACIA ESPESADORES DE RELAVES Y CIRCUITOS DE FLOTACIÓN, MEDIANTE TRAZADORES RADIOACTIVOS

Francisco Díaz, Mauricio Bustamante

Trazado Nuclear e Ingeniería Ltda.

