Módulo 2 – Tema 3 –

Estudio de caso Tecnología de deshidratación de relaves en Mantos Blancos, Chile

RelaveNet
A Community of Excellence

- **Ing. Danny Flores Cruz**

Descripción del Caso de Estudio: Manejo de Relaves Deshidratados de Mantos Blancos



Figura. Filtros de banda al vacío de relaves en el Proyecto Mantos Blancos



(a) (b)

Figura. Desagüe de Relaves Gruesos de Mantos Blancos con Filtros de Banda de Vacío y Espesador de Lodos Descripción General (**a**) Relaves Gruesos Filtrados con Filtros de Banda de Vacío, (**b**) Resumen de Espesamiento de Lodos.

RelaveNet
A Community of Excellence

Descripción del proceso de deshidratación de relaves mediante tecnología HC-HVS

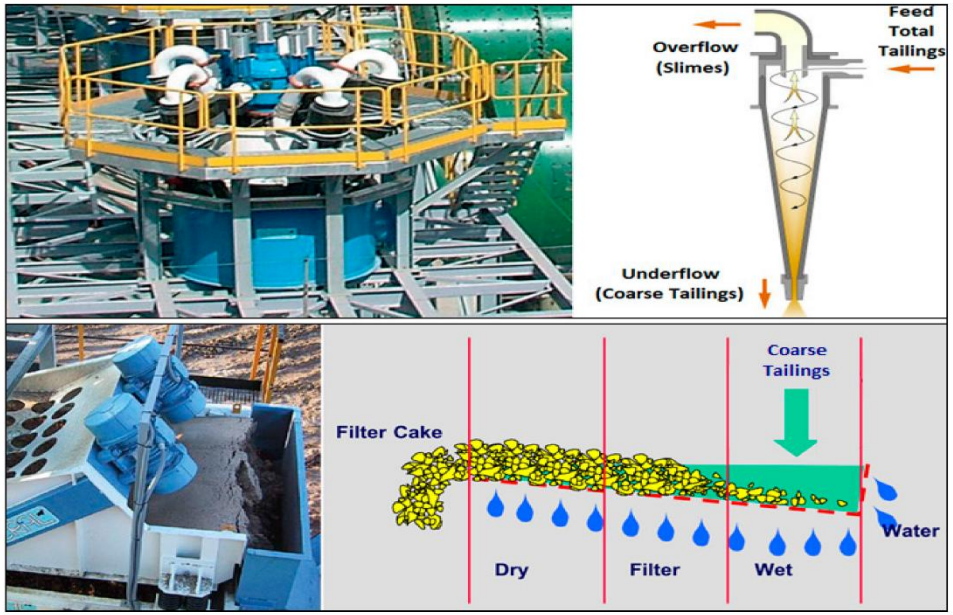

Figura. Vista esquemática del proceso de desagüe en hidrociclón (HC) + criba vibratoria horizontal (HVS)

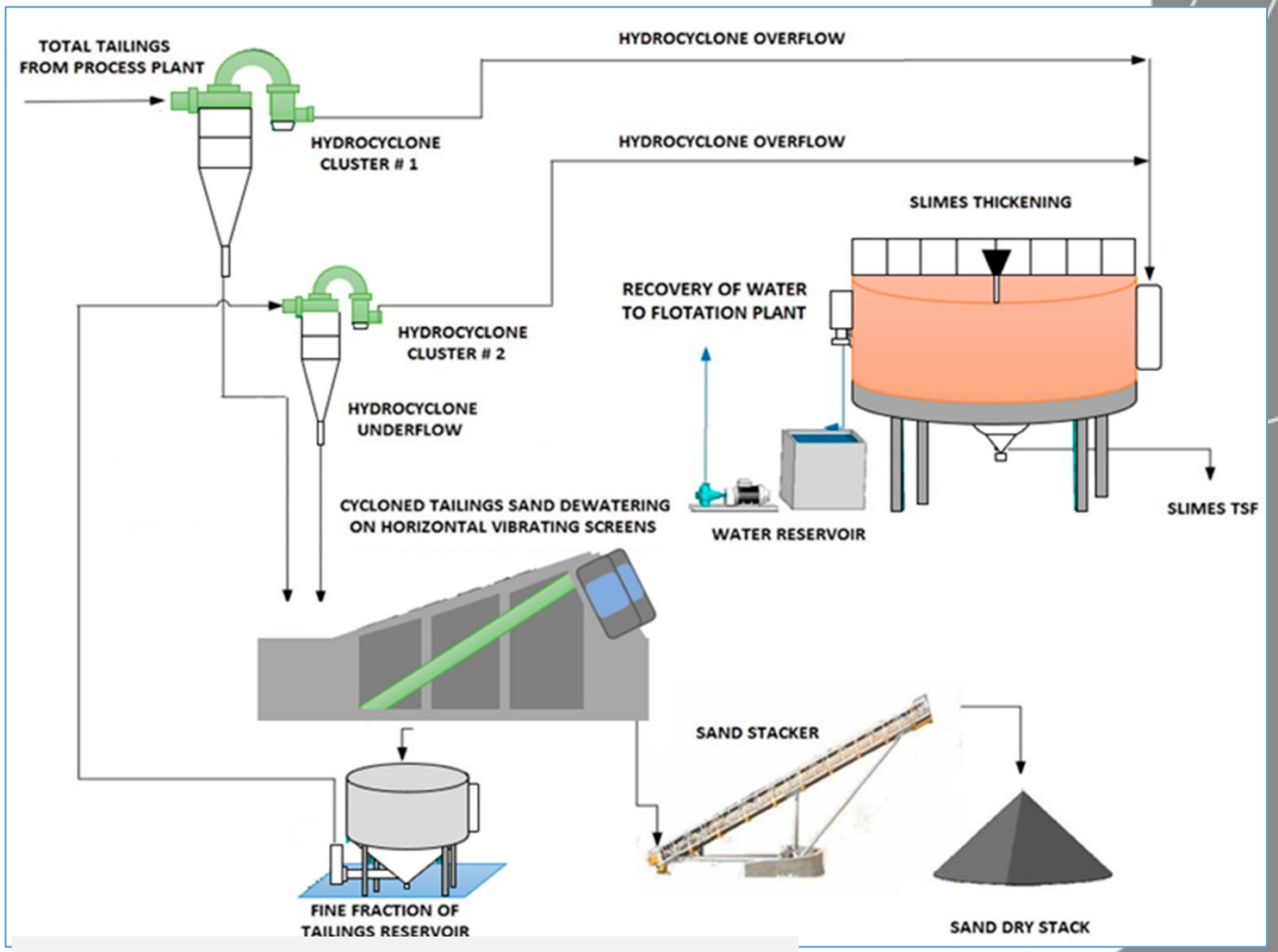

Figura. Proceso de deshidratación de relaves de cobre con tecnología HC-HVS- (Diagrama de flujo de relaves de proceso)

RelaveNet
A Community of Excellence

Aplicación en Mantos Blancos (Prueba Piloto)

Primera Etapa: clasificación del tamaño de grano de las partículas de relaves

Segunda Etapa: descripción del Proceso-Deshidratación de Relaves Gruesos

Planta piloto Mantos Blancos (2004-2005):
(i) una planta hidrociclónica compacta con dos hidrociclones de 100 mm
(ii) una criba vibratoria horizontal de 300 mm de ancho y 1600 mm de largo
(iii) una bomba centrífuga de lodo.
Ventajas al disminuir: (i) área; (ii) consumo de energía; (iii) elementos de desgaste (telas filtrantes); y (iv) reactivos (floculantes).



Figura. Planta Piloto de Desagüe 600 mtpd: Hidrociclón + Cribas de Desagüe Vibratorias Horizontales Descripción General–Operación de Cribas Vibratorias Horizontales–Producto de Relaves de Torta

Se utilizó cribas vibratorias para la deshidratación de relaves y por tanto disminuir el contenido de sólidos en peso del 80% al 70% de la fracción gruesa de los relaves; el objetivo era facilitar el transporte y la eliminación en la pila seca TSF.

RelaveNet
A Community of Excellence

Aplicación en Mantos Blancos (1ra. Prueba Industrial)

Primera etapa: clasificación del tamaño de grano de las partículas de relaves

Segunda Etapa: Proceso-Deshidratación de Relaves Gruesos

Primera Planta industrial Mantos Blancos (2007): (i) Batería de hidrociclones, Modelo ERAL DEF-38-G4 con 38 hidrociclones instalados y 19 hidrociclones en funcionamiento, Modelo PP010041 II, de 100 mm de diámetro, fabricada en poliuretano. (ii) Una criba vibratoria horizontal, modelo EV-86, con una potencia instalada de 38 kW, con un área funcional de filtrado de 11,5 m^2. (iii) Bomba centrífuga grupo GB-86, con bomba 8/6 y 75 kW de potencia instalada.



Figura. Fase de Primer Ensayo Industrial de la Planta de Relaves Mantos Blancos 4056 mtpd: Cluster Hidrociclónico + 01 Criba Vibratoria Horizontal de Desagüe

RelaveNet
A Community of Excellence

Aplicación en Mantos Blancos (1ra. Prueba Industrial)

Tabla. Rendimientos y Resultados del Proceso–1ª Planta Industrial de Desagüe de Relaves (HC-HVS).

Primera Etapa: Clasificación de Relaves (Grupo de Hidrociclones #1)			**Segunda Etapa: Desagüe de Relaves (Criba de Desagüe Vibratoria + Cluster de Hidrociclones #2)**		
Flujo de relaves en la alimentación del grupo #1	11,592	MTPD	Flujo de relaves en la alimentación de HVS	4056	MTPD
Contenido sólido en la alimentación del clúster #1	41	%	Contenido de sólidos en la alimentación del clúster #2	35	%
Contenido sólido en el desbordamiento del clúster #1	21	%	Contenido sólido en el desbordamiento del clúster #2	5	%
Contenido sólido en el desbordamiento inferior del clúster #1	70	%	División de arena/limo	92/08	-
División de arena/limo	70/30	-	Contenido de sólidos en la descarga de HVS	70	%
Flujo de relaves a flujo inferior	8112	MTPD	Flujo de relaves en la descarga de HVS	3744	MTPD

Nota: Solo el 50% de los relaves gruesos se deshidratan en la planta compacta HC-HVS en esta fase de prueba.

RelaveNet
A Community of Excellence

Aplicación en Mantos Blancos (2da. Fase Prueba Industrial)

Primera etapa: clasificación del tamaño de grano de las partículas de relaves

Segunda Etapa: Proceso-Deshidratación de Relaves Gruesos

Los relaves producidos con el uso de la tecnología hidrociclón (HC) - criba vibratoria horizontal (HVS) presentan las siguientes características:

- P_{80}: De 255 a 270 µm
- Contenido de multas: 23 a 25%
- Contenido de sólidos (Cw): 70%

La disponibilidad operativa de la planta de desagüe de relaves gruesos para sus equipos es equivalente al 90%.



Figura. 2ª Fase de Prueba Industrial de la Planta de Relaves Mantos Blancos 8000 mtpd: Cluster de Hidrociclones + 02 Cribas Vibratorias Horizontales de Desagüe

RelaveNet
A Community of Excellence

Aplicación en Mantos Blancos (2da. Fase Prueba Industrial)

Tabla. Rendimientos y resultados del proceso–2ª Planta Industrial de Desagüe de Relaves (HC-HVS).

Primera Etapa: Clasificación de Relaves (Grupo de Hidrociclones #1)			**Segunda Etapa: Desagüe de Relaves (Criba de Desagüe Vibratoria + Cluster de Hidrociclones #2)**		
Flujo de relaves en la alimentación del grupo #1	11,592	MTPD	Flujo de relaves en la alimentación de HVS	8112	MTPD
Contenido sólido en la alimentación del clúster #1	41	%	Contenido de sólidos en la alimentación del clúster #2	35	%
Contenido sólido en el desbordamiento del clúster #1	21	%	Contenido sólido en el desbordamiento del clúster #2	5	%
Contenido sólido en el desbordamiento inferior del clúster #1	70	%	División de arena/limo	92/08	-
División de arena/limo	70/30	-	Contenido de sólidos en la descarga de HVS	70	%
Flujo de relaves a flujo inferior	8112	MTPD	Flujo de relaves en la descarga de HVS	7488	MTPD

Nota: La disponibilidad operativa de esta planta compacta HC-HVS en la 2ª prueba industrial ha sido del orden de ~90%.

RelaveNet
A Community of Excellence

Resultados de las Instalaciones de Almacenamiento de Relaves



Figura. Mantos Blancos: Disposición de lodos espesados en instalación de almacenamiento de relaves

RelaveNet
A Community of Excellence

Resultados de las Instalaciones de Almacenamiento de Relaves



Figura. Mantos Blancos: Disposición de Relaves Gruesos Filtrados con Apilador Móvil, Transportador y Tripper



Figura. Mantos Blancos: Vista aérea de disposición de relaves gruesos filtrados

RelaveNet
A Community of Excellence

Ventajas de la deshidratación de relaves con el uso de la tecnología hidrociclón (HC)-criba vibratoria horizontal (HVS)

- **Reducción de los costes operativos**

Tabla. Comparación de Opex entre la planta de filtro de banda de vacío y la planta HC-HVS en el Proyecto Mantos Blancos.

Alternativas a la tecnología de desagüe	Costo de energía kUS$/año	Operación, Mantenimiento y Mano de Obra kUS$/año
3 Filtros de Banda de Vacío de 100 m^2 área	200	315
3 Plantas Compactas de Hidrociclón (HC-HVS) MUE 10/38-150.90-86	122	117

- **Rendimiento a gran altura**
- **Ubicación de la planta HC-HVS**

RelaveNet
A Community of Excellence

Desventajas de la deshidratación de relaves con el uso de la tecnología hidrociclón (HC)- criba vibratoria horizontal (HVS)

- **Producción a escala de relaves**
- **Relaves finos**
- **Comparación de la recuperación de agua con otras tecnologías de gestión de relaves mineros**

Tabla. Comparación de recuperación de agua entre diferentes tecnologías de gestión de relaves mineros.

Descripción	Unidad	Manejo de Relaves Convencional	Manejo de Relaves Engrosados	Gestión de Relaves HC-HVS	Gestión de Relaves Filtrados
Producción de Relaves	MTPD	100,000	100,000	100,000	100,000
Cw antes de desagüe	%	28	28	28	28
Agua en Relaves Convencionales	L/s	2976	2976	2976	2976
Cw después de la deshidratación	%	50	60	70 (*)	80
Agua en relaves deshidratados	L/s	1157	772	496	289
Recuperación de agua de dispositivos de desagüe	L/s	1819	2205	2480	2687
Recuperación de agua de TSF	L/s	382	255	164	95
Recuperación total de agua	L/s	2201	2459	2644	2782
Eficiencia en la recuperación de agua	%	74	83	89	93

Nota: Los siguientes términos significan: Cw: Contenido de sólidos de relaves en peso (%). (*): 70% significa un valor objetivo medio de Cw, considerando las tecnologías de relaves de desagüe aplicadas.

RelaveNet
A Community of Excellence

CONCLUSIONES SOBRE LA TECNOLOGÍA DE RELAVES FILTRADOS HC-HVS

Competitividad frente a tecnologías convencionales	Mayor aceptación social y regulatoria. Menores costos de cierre y post-cierre. Mayor fiabilidad tecnológica.
Ventajas en clima seco (norte de Chile, sur de Perú)	Elimina la necesidad de lagunas decantadoras y freeboard. Reduce pérdidas de agua y riesgos de rebalse o piping.
Beneficios principales	(i) Reducción de costos operativos, (ii) mejora en estabilidad sísmica, (iii) máxima recuperación de agua, (iv) solución ambientalmente más amigable.
Sobre pruebas piloto e industriales en Mantos Blancos Chile	Tecnología ideal para relaves de baja plasticidad y no demasiado finos. Mejor que filtros al vacío en zonas altas.
Limitaciones actuales	Solo probado a escalas <6000 mtpd. Cada unidad procesa 1500 mtpd. Falta desarrollo para escalas grandes.
Necesidad de investigación futura	Evaluar eficiencia con relaves más finos y con arcillas. Posible aplicación a relaves de hierro y oro.
Viabilidad técnica y operativa	Apta para plantas de ~10,000 mtpd) con fracciones de 30–45 micrones, que representan el 60–70% del total.
Componentes clave del éxito	Cama de drenaje en hidrociclón, recolección del filtrado en cribas vibratorias, circuito cerrado, diseño mecánico.
Aplicación recomendada	Sustitución progresiva de TSF convencionales con estanques por depósitos de relaves altamente desaguados.
Aceptación social y ambiental	En aumento por autoridades y comunidades, dada la reducción de riesgos e impactos ambientales.

RelaveNet
A Community of Excellence

Módulo 2 – Tema 3 –

Estudio de caso Tecnología de deshidratación de relaves en Mantos Blancos, Chile

RelaveNet
A Community of Excellence

- **Ing. Danny Flores Cruz**