

Disposición de relaves espesados

Ricardo Valdebenito,
Vicepresidente
Sustainable Mine Development
SNC-Lavalin Chile



Índice

1.0 Historia

2.0 Metodología TTD

3.0 Principales Ventajas metodología TTD

4.0 Equipos de espesado

5.0 Transporte

1.0 Historia

- ◆ El Método TTD surge en 1977 en la Planta metalúrgica Kidd Creek, en Timmins, Ontario, Canadá, que operaba desde 1966. Se desarrolla como consecuencia de la necesidad de incorporar altos estándares de estabilidad, reducidas infiltraciones a los suelos basales y reducir la polución del aire en los relaves que se requería disponer y que requerían continuos peraltes de los muros.
- ◆ Los relaves convencionales requerían de grandes muros muy difíciles de construir en las condiciones locales y cuyo riesgo de inestabilidad se acrecentaba dada la baja capacidad de soporte de los suelos basales.
- ◆ La premisa fundamental que se tuvo en mente al desarrollar el método TTD fue que los relaves no eran inalterables. Por un simple proceso de espesamiento o reducción de su contenido de agua, era posible alterar sus propiedades físicas.
- ◆ El comportamiento de una masa espesada se aproxima más al de un semisólido que a un fluido. En la naturaleza hay muchos ejemplos de estas mezclas desde flujos de barro sobre laderas hasta corrientes de lodo submarinas.

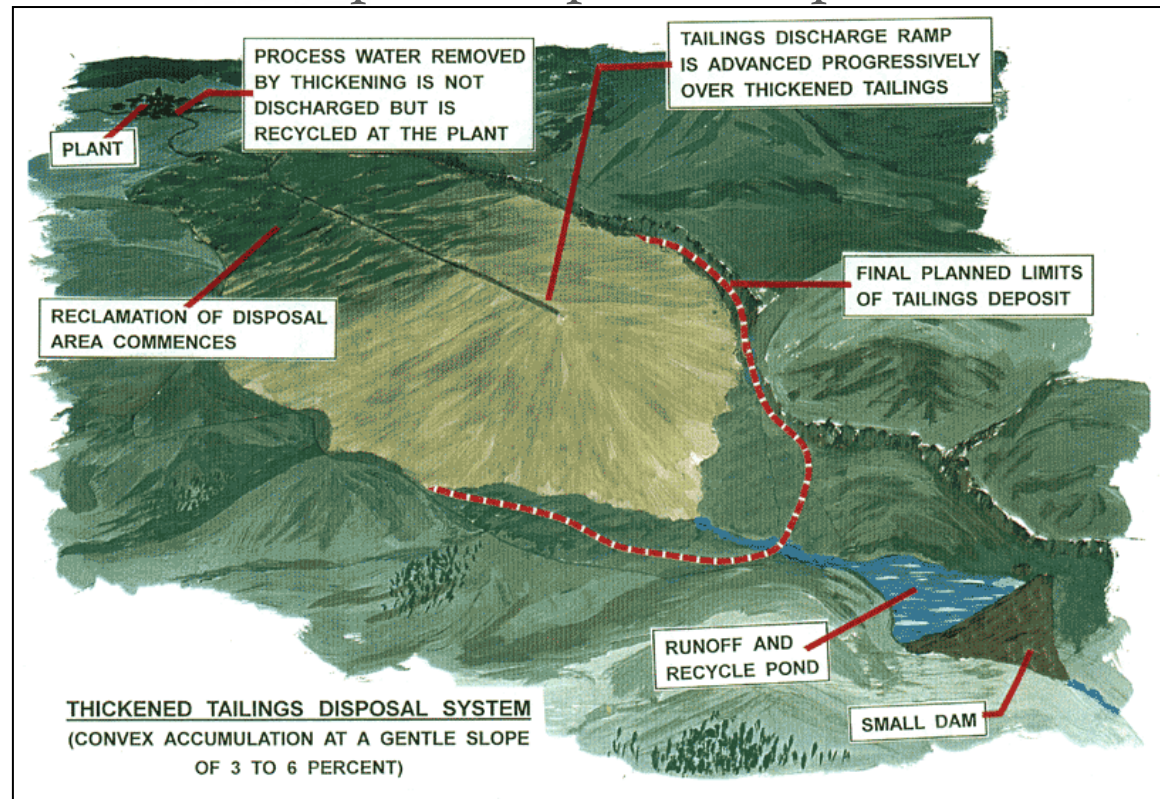
2.0 Método TTD

Método TTD (thickened tailing disposal)



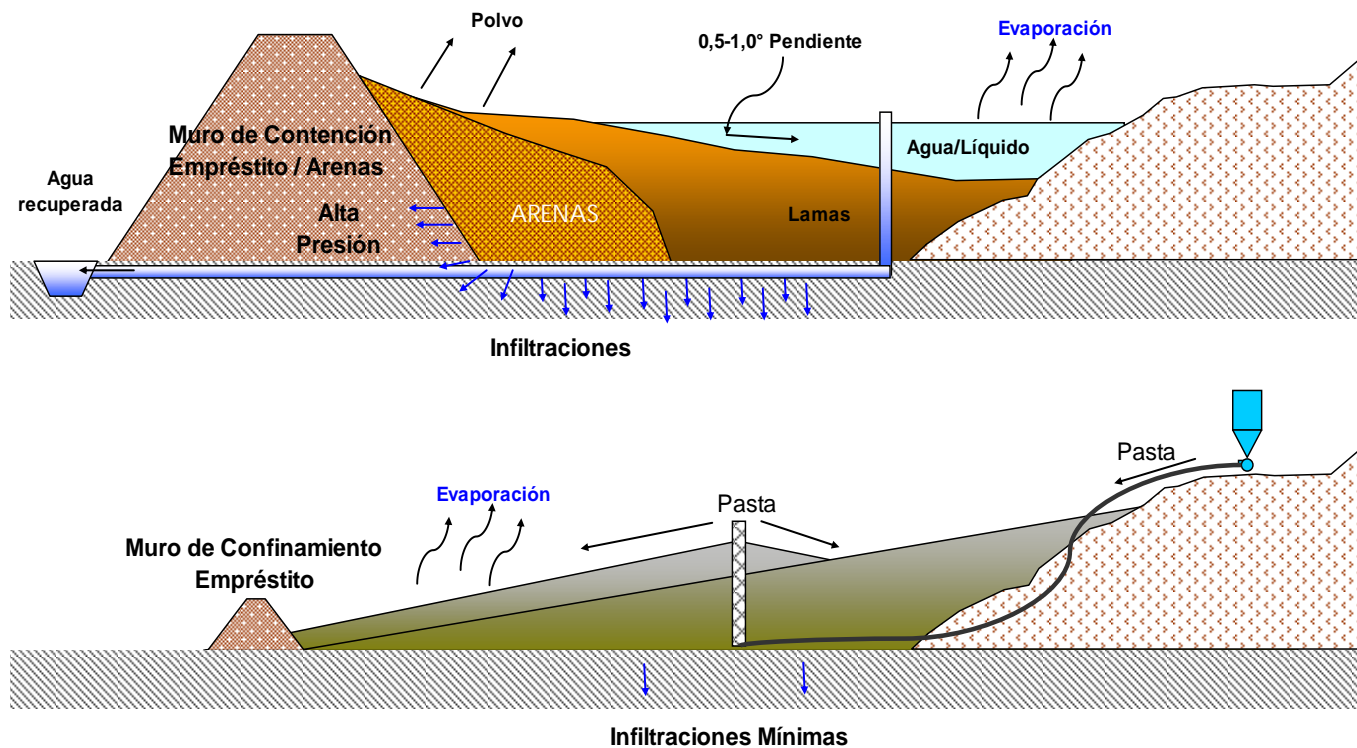
2.0 Método TTD

2.1 Deposito espesados típico



2.0 Método TTD

2.2 COMPARACION DEPÓSITOS CONVENCIONALES V/S ESPESADOS

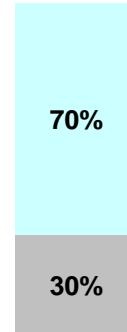


2.0 Método TTD

2.3 Comparación tranque convencional, deposito espesado

TRANQUE DE RELAVES

DESCARGA



**REDUCCIÓN DE AGUA
DESCARGADA = 260 %**

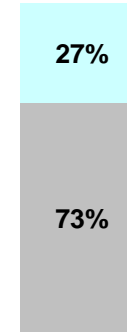
EN DEPÓSITO



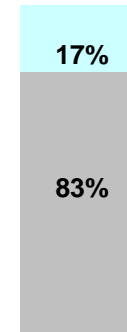
**REDUCCIÓN DE AGUA
ALMACENADA = 300%**

DEPÓSITO DE PASTA

DESCARGA

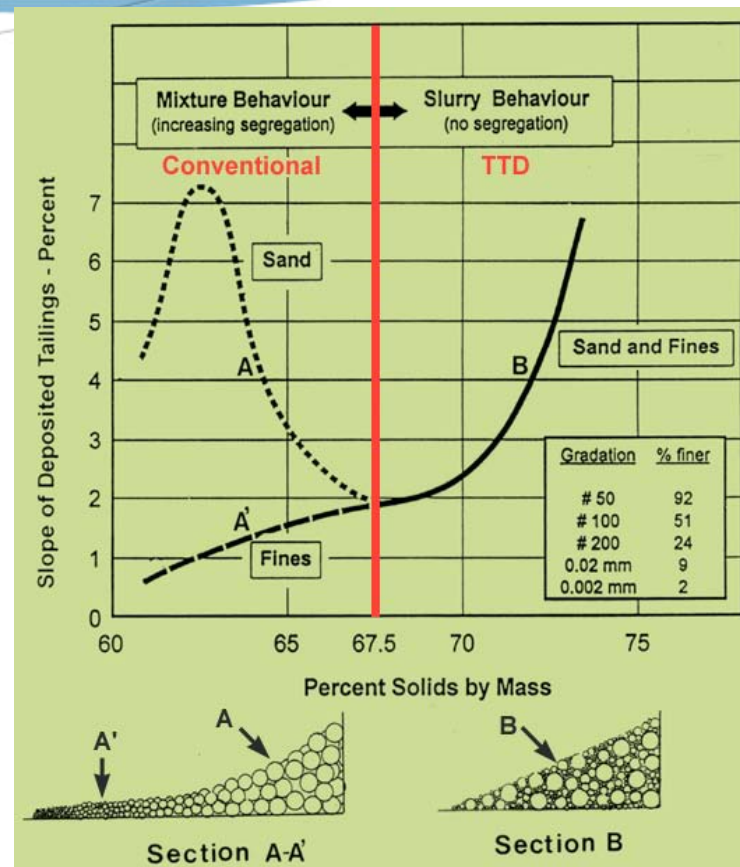


EN DEPÓSITO



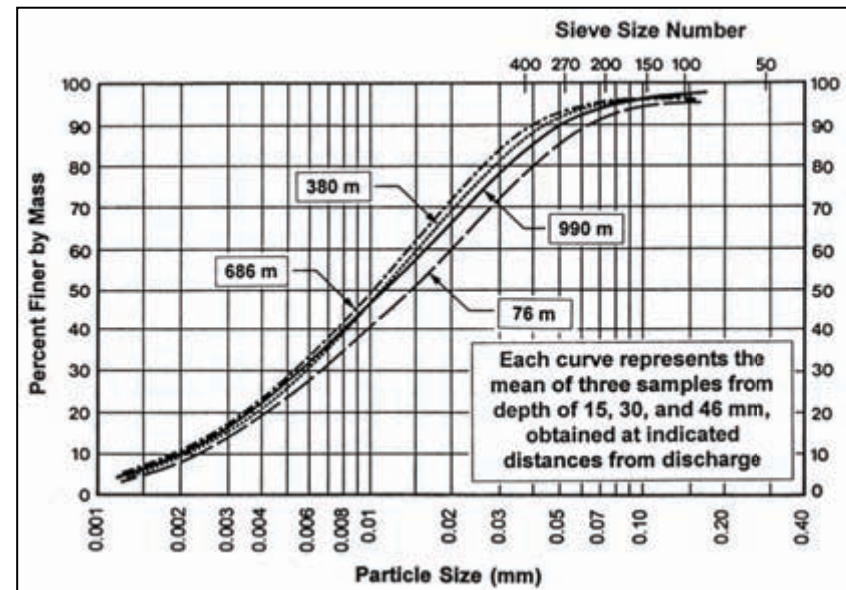
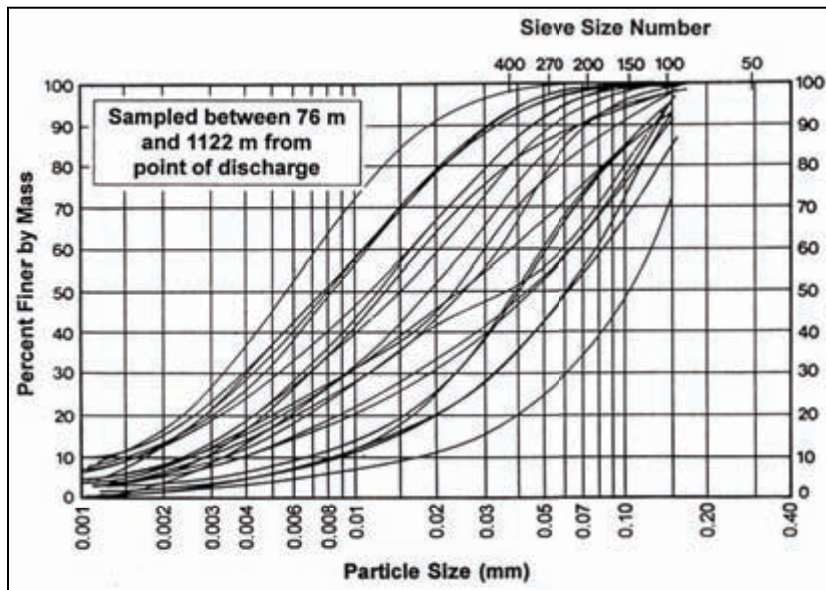
2.0 Metodología TTD

2.4 Características TTD



2.0 Método TTD

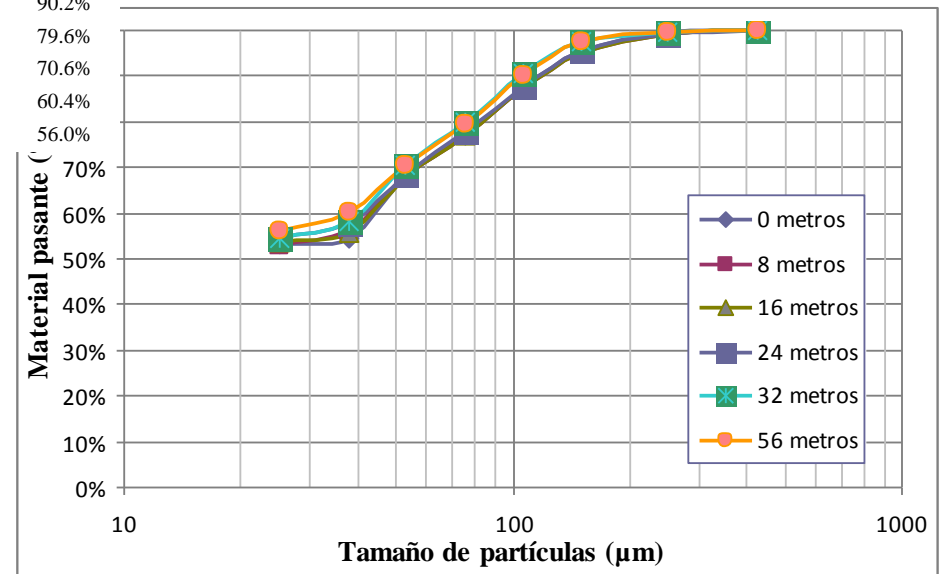
2.4.1 Segregación de relaves



Método TTD

Segregación de relaves, operación industrial

Malla N°	Tamaño µm	8 metros		16 metros		24 metros		32 metros		40 metros		56 metros	
		Pasante %	Pasante %	Pasante %	Pasante %	Pasante %	Pasante %	Pasante %	Pasante %	Pasante %	Pasante %	Pasante %	Pasante %
#40	425	100.0%	99.9%	99.9%	100.0%	99.9%	100.0%	99.9%	100.0%	99.9%	100.0%	99.9%	99.9%
#60	250	99.4%	99.3%	99.3%	99.3%	99.6%	99.8%	99.7%	99.8%	99.7%	99.8%	99.7%	99.7%
#100	150	95.5%	95.0%	95.1%	95.4%	97.7%	98.0%	97.7%	98.0%	97.7%	98.0%	97.7%	97.7%
#140	106	87.4%	87.2%	87.2%	87.7%	90.4%	90.7%	90.4%	90.7%	90.2%	90.7%	90.2%	90.2%
#200	75	77.2%	77.0%	77.1%	77.7%	80.1%	80.3%	80.1%	80.3%	79.6%	80.3%	79.6%	79.6%
#270	53	67.9%	68.0%	68.0%	68.6%	70.5%	71.2%	70.5%	71.2%	70.6%	71.2%	70.6%	70.6%
#400	38	54.5%	56.1%	55.8%	57.9%	58.4%	60.6%	58.4%	60.6%	60.4%	60.6%	60.4%	60.4%
#500	25	53.1%	52.8%	53.6%	54.7%	54.4%	56.1%	54.4%	56.1%	56.0%	56.1%	56.0%	56.0%



2.0 Método TTD

2.4.2 Sistema TTD, sin segregación de agua

El relave espesado

no libera agua

⇒ No existe laguna de decantación



2.0 Método TTD

2.4.3 Límite de contracción por evaporación

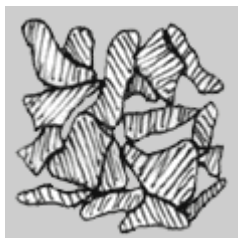


En descarga: 60-75 % sólido Comportamiento de pulpa ESPESADA o PASTA



Consolidación inicial: 78-80 % sólido Comportamiento Semi-Sólido

Tipo Suelo blando



Al Límite de Contracción, 82-85 % sólido Comportamiento Sólido

Tipo Suelo Denso

2.0 Método TTD

Capas frescas sobre relave seco

Material densificado

por secado natural

⇒ craquelado



2.0 Método TTD

2.4.4 Sistema TTD, densificación de relaves

Aumento Densidad de Depositación

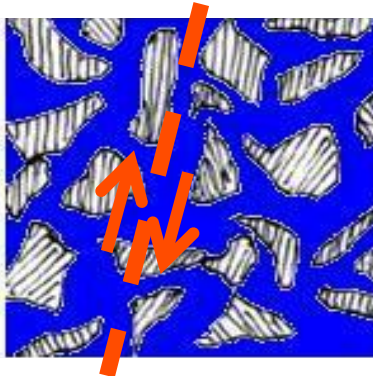
⇒ mayor Vida Útil

- Convencional : $g = 1,3 \text{ a } 1,4 \text{ t / m}^3$
- TTD: $g = 1,7 \text{ a } 1,9 \text{ t / m}^3$

Incremento Típico: 20 - 40 %

2.0 Método TTD

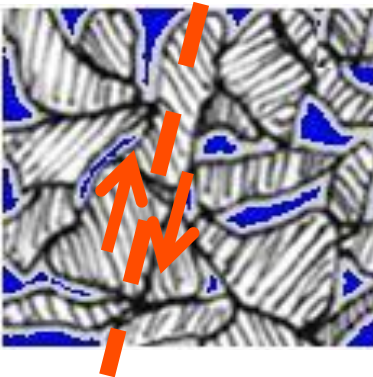
Estabilidad sísmica



RELAVE CONVENCIONAL

EXCESO DE AGUA

BAJA RESISTENCIA Y ALTO POTENCIAL DE LICUACIÓN



ESPESADO

MUY POCAS AGUA

SUELO DENSO, ALTA RESISTENCIA Y BAJO POTENCIAL DE LICUACIÓN

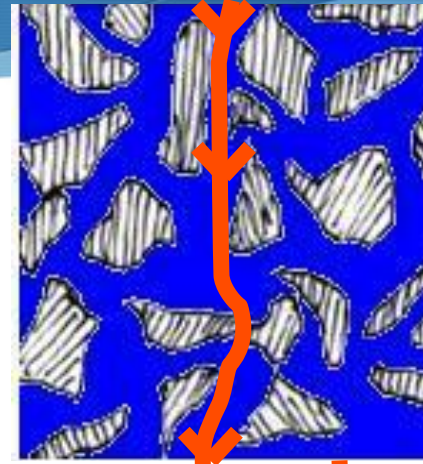
2.0 Método TTD

2.4.5 Infiltraciones

Relave Convencional

EXCESO DE AGUA

RÁPIDAS VÍAS DE INFILTRACIÓN



Espesado

MUY POCA AGUA

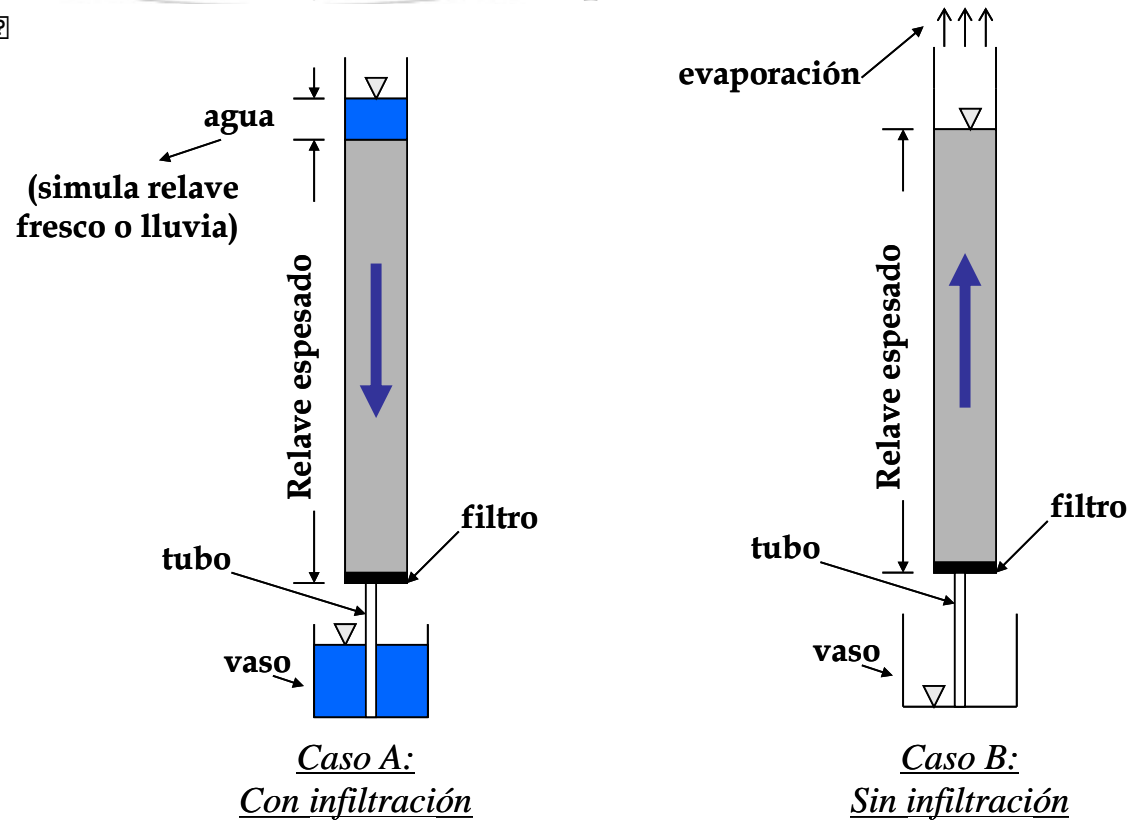
MUY LENTAS VÍAS DE INFILTRACIÓN



2.0 Método TTD

Simulación de infiltración y succión capilar en laboratorio

?



2.0 Método TTD

Secado e infiltración en operación industrial



Encuentro Técnico en Manejo de Relaves Espesados y Optimización de Recuperación de Agua

2.0 Método TTD

2.4.6 Mitigación de polvo

Al secarse la pasta, las partículas finas actúan como adherente, evitando la polución

La pasta es suficientemente densa para resistir vientos y temporales intensos.



ESPEADO



CONVENCIONAL

2.0 Método TTD

Resultados túnel de viento

Condiciones del material	Material erosionado en peso (gr)	Porcentaje del total de muestra ensayada (%)
Relave espesado al Límite de Contracción	0,14	0,0003
Relave convencional integral (seco)	9,24	0,0172
Empréstito granular compactado	4,41	0,0072
Empréstito granular compactado seco (antigüedad de 4 semanas)	3,47	0,0057

2.0 Método TTD

Erosión por lluvia

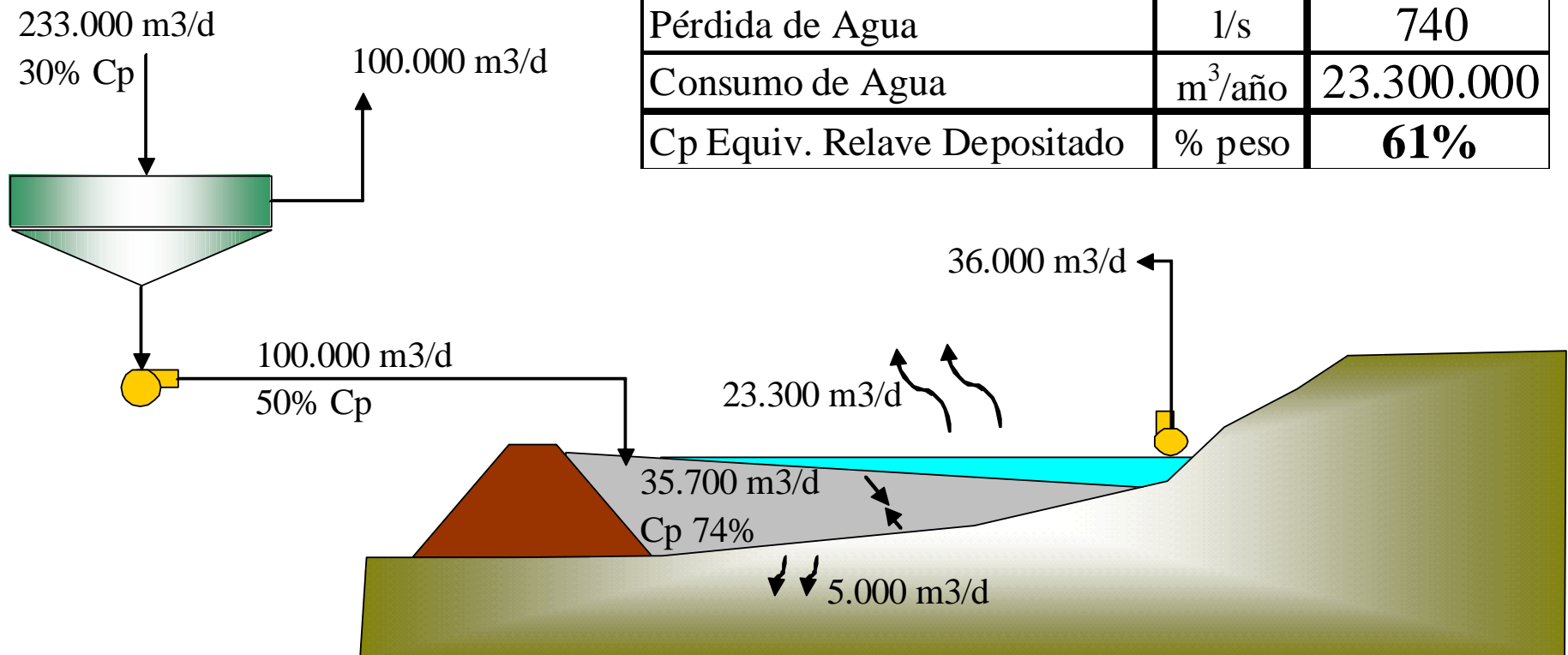


Encuentro Técnico en Manejo de Relaves Espesados y Optimización de Recuperación de Agua

2.0 Método TTD

2.4.7 Recuperación de agua

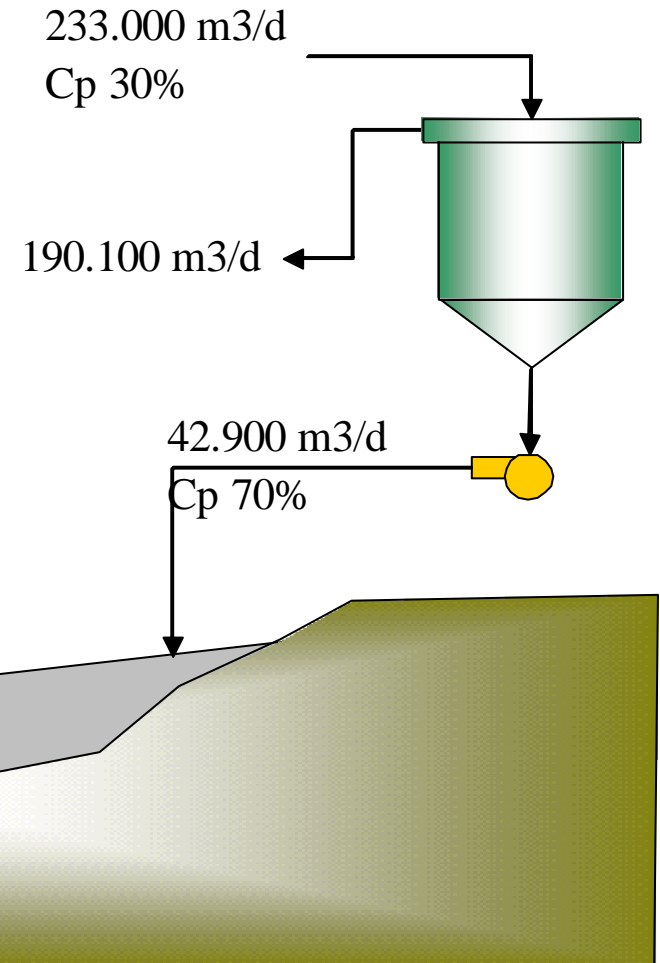
Parámetro	Unidad	Caso Típico
Producción de relaves	t/d	100.000
Water Make Up	m ³ /t	0,64
Pérdida de Agua	l/s	740
Consumo de Agua	m ³ /año	23.300.000
Cp Equiv. Relave Depositado	% peso	61%



2.0 Método TTD

Recuperación de agua

Parámetro	Unidad	Caso TTD
Producción de relaves	t/d	100.000
Water Make Up	m ³ /t	0,43
Pérdida de Agua	l/s	490
Consumo de Agua	m ³ /año	15.600.000
Cp Relave Depositado	% peso	70%



2.0 Método TTD

Recuperación de agua

Parámetro	Unidad	Tranque Convencional	Embalse Espesado	TTD Caso 1	TTD Caso 2	TTD Caso 2
Producción de relaves	t/d	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Water Make Up	m ³ /t	0,81	0,64	0,52	0,43	0,37
Pérdida de Agua	l/s	940	740	600	490	430
Consumo de Agua	Mm ³ /año	30	23	19	16	14
Cp Equiv. Relave Depositado	% peso	55%	61%	66%	70%	73%
Recuperación de Agua	%	65%	73%	78%	82%	84%

Encuentro Técnico en Manejo de Relaves Espesados y Optimización de Recuperación de Agua

3.0 Principales ventajas del sistema TTD

- ◆ Aumento vida útil del depósito
- ◆ Incremento de recuperación de agua de proceso
- ◆ Mitigación de infiltraciones
- ◆ Mitigación sustancial de polución por polvo
- ◆ Estabilidad sísmica, sin riesgo de derrame de relaves
- ◆ Las inversiones iniciales no se incrementan (sólo se compensan)
- ◆ Plan de cierre de fácil aplicación y bajos costos

4.0 Equipo de espesado

4.1 Equipos de espesamiento:

1. High rate
2. High density
3. Deep Cone

Parámetro	High Rate	HCT o HDT	Paste o Deep Cone
Tasa	Alta	Alta	Baja
Altura	3-4,5 m	4-7m	> 7m
Angulo de cono	5°	5-15°	15-30°
Concentración esperada	45-60%	60-67%	65-75%
Sistema de cizalle	no	si/no	si

4.0 Equipo de espesado



KIDD CREEK; CANADA

Espesador HRT Outotec, 35 m diámetro

Concentración de sólidos 60-65%

Producción 7000 t/d

4.0 Equipo de espesado



Esperanza, Chile

3 Espesadores HDT FLS, 60 m diámetro

Concentración de sólidos 60-63%

Producción 100.000 t/d

4.0 Equipo de espesado



Espesador Deep Cone, FLSmidth
Diámetro 17 m
Altura 16 m
Toque 960.000 Ft-Lb
Concentración descarga 70-73%



Collahuasi
Espesador Paste, Outotec
Diámetro 22 m
Altura total 20 m
Capacidad Total 6.000 t/d
Concentración descarga 65%

4.0 Equipos de espesado

Problemas operacionales

1. Floculación deficiente
2. Falta de instrumentación
3. Dificultad para alcanzar sólidos requeridos
4. Alto torque de trabajo

4.0 Equipos de espesado

4.3 Problemas para alcanzar la concentración de sólidos

◆ Se ha encontrado que el escalamiento de pruebas piloto y laboratorio, arrojan una diferencia de 1 a 2 puntos porcentuales mas altas con respecto a la operación industrial.

◆ Para aproximarse a los sólidos requeridos se debe exigir el equipo mediante las siguientes actividades.

- Optimizar velocidad de rastra
- Trabajar con máxima altura de cama permisible
- Aumentar dosificación de floculante
- Realizar operación Batch

4.0 Equipos de espesado

4.4 Alto torque de trabajo

- ◆ Se ha detectado en la práctica industrial que al aumentar las concentraciones de sólido de descarga, se elevan el torque de trabajo, por sobre el torque establecidos por diseño.
- ◆ Se ha hecho necesario trabajar cerca del valor de Trip del equipo, lo que genera desconfianza en operadores de planta, por lo que se hace indispensable la capacitación de los operadores
- ◆ Debido a lo anterior se puede intuir un subdimensionamiento de los Drives, ya que el torque de diseño para llegar a las concentraciones requeridas es de 30% y estos se están alcanzando sobre el 60%

4.0 Equipos de espesado

Problemas en floculación de pulpas

- ◆ Bajo tiempo de preparación de solución madre, por lo general el reactivo necesita 1 hora de preparación, tiempo que en muchas oportunidades no se cumple.
- ◆ Mala regulación de bomba dosificadora
- ◆ Al ser repartida la carga a mas de un espesador se producen diferencias de de alimentación, esto no siempre es detectado y corregida para la correcta dosificación
- ◆ Baja velocidad me mezclamiento en el feedwell del espesador.



Encuentro Técnico en Manejo de Relaves Espesados y Optimización de Recuperación de Agua

5.0 Transporte

Transporte Laminar

1. No existe segregación ni embancamientos
2. Menor consumo de energía
3. Menores presiones de trabajo
4. Ahorro en inversión
5. Menor desgaste en tuberías
6. Menor energía de depositación

5.0 Transporte

Dificultades en redes de depositación

1. Exceso de energía y carga, por punto de depositación
2. Mala distribución de carga

◆ El exceso de energía y carga por los puntos de depositación se generan principalmente por problemas en el diseño de esta línea como.

- Sobredimensionamiento de la unidad impulsora
- Pocos puntos de depositación
- Puntos de depositación muy cercanos
- Pendientes de terreno muy altas, sobre 25%

◆ Los caudales muy grande generarán erosión del terreno, baja pendiente de depositación, segregación de agua.

5.0 Transporte

5.1 Exceso de energía en puntos de deposición

◆ El exceso de energía y carga por los puntos de deposición se generan principalmente por problemas en el diseño de esta línea como.

- Sobredimensionamiento de la unidad impulsora
- Pocos puntos de deposición
- Puntos de deposición muy cercanos
- Pendientes de terreno muy altas, sobre 25%

◆ Los caudales muy grande generarán erosión del terreno, baja pendiente de deposición, segregación de agua.

5.0 Transporte



- ◆ Depositación de alta energía, puntos de descarga muy cercanos.
- ◆ Erosión del depósito, generación de acanalamientos y segregación de agua

FIN



Encuentro Técnico en Manejo de Relaves Espesados y Optimización de Recuperación de Agua