Módulo 3 – Tema 1 –

Tipos de instalaciones de almacenamiento de relaves (TSF) y su impacto en la gestión del agua.

- **Ing. Danny Flores Cruz**

RelaveNet
A Community of Excellence

INTRODUCCIÓN



Figura 1. Partes de un Depósito de Relaves en General

Muro:
Obra de ingeniería que permite contener los residuos sólidos que en ella se descargan, es decir, delimita la cubeta.

Cubeta:
Corresponde al volumen físico disponible para el depósito de relaves (lamas), junto con gran parte del agua de los relaves. En la cubeta, el agua se localiza en la Laguna de Aguas Claras.

Laguna de Aguas Claras:
La depositación de relaves (lamas) en la cubeta, que llega en una mezcla del sólido con agua para su transporte, en tanto los sólidos sedimentan a las capas inferiores, el agua forma esta laguna de aguas claras debido a la sedimentación de las partículas finas.

Sistema de drenaje:
Sistema utilizado para retirar al grado adecuado el agua del interior del muro, con el objetivo de deprimir al máximo el nivel freático en el interior del cuerpo del muro.

Revancha:
Es la diferencia menor, en cota, entre la línea de coronamiento del muro de contención y la superficie inmediatamente vecina de la fracción lamosa o de la superficie del agua, que se produce en los tranques y embalses de relaves.

Coronamiento:
Es la parte superior del prisma resistente o muro de contención, muy cercano a la horizontal.

Canal de contorno:
Canal de desvío de las aguas de la cuenca que captan y desvían las escorrentías superficiales, impidiendo el ingreso a la cubeta del depósito de relaves.

Playa activa:
Zona donde se descargan los relaves en la cubeta, se le denomina playa porque usualmente esta seca en la superficie y se asemeja a una playa de arenas finas. Es la parte del depósito de relaves o lamas situada en las cercanías de la línea de vaciado.

Laguna de aguas claras:
Corresponde a la laguna de clarificación que se forma en la cubeta debido a la sedimentación o decantación de las partículas sólidas

RelaveNet
A Community of Excellence

Clasificación geométrica y constructiva

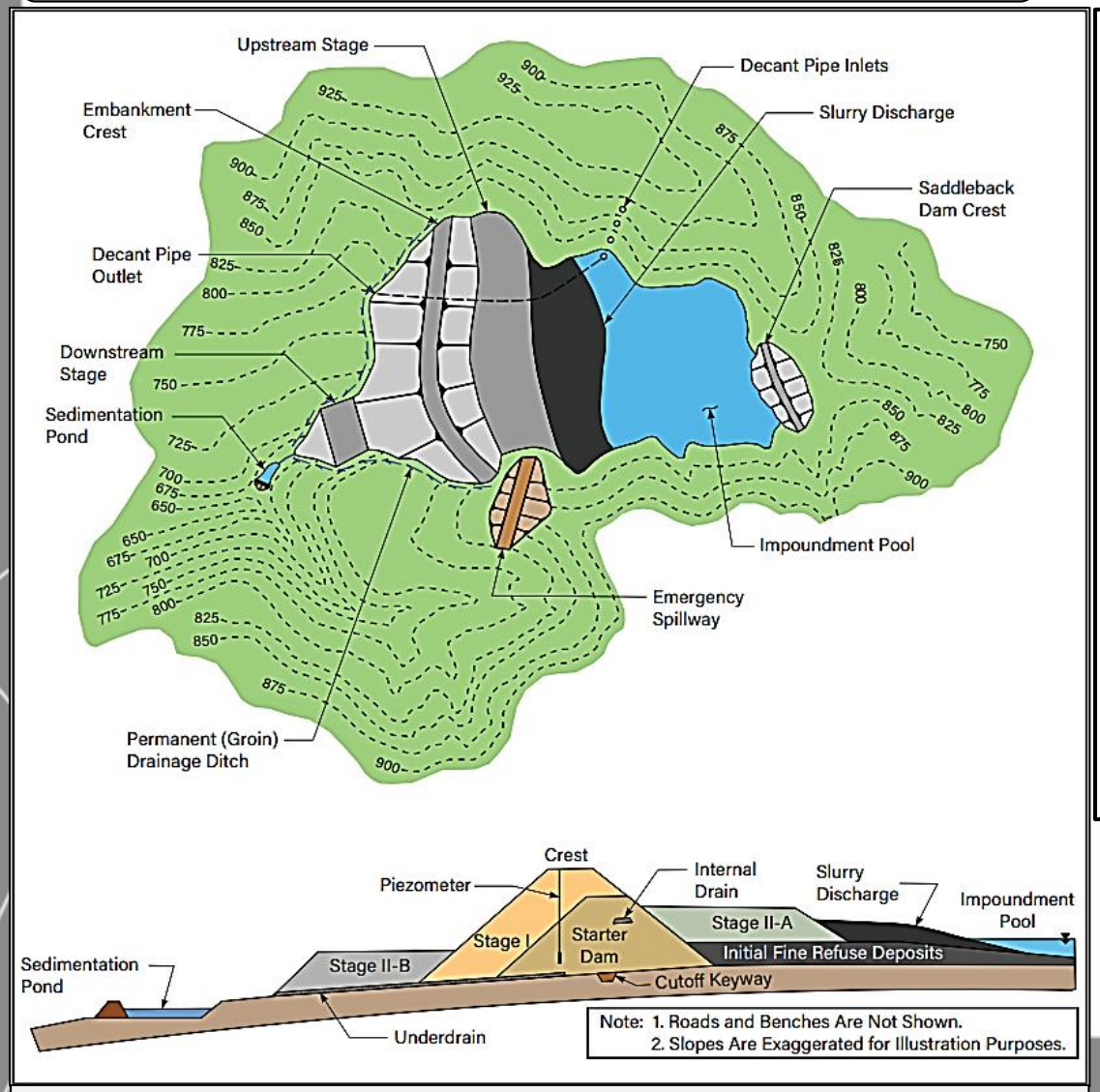


Figura 2. Plan de desarrollo de etapas y sección transversal

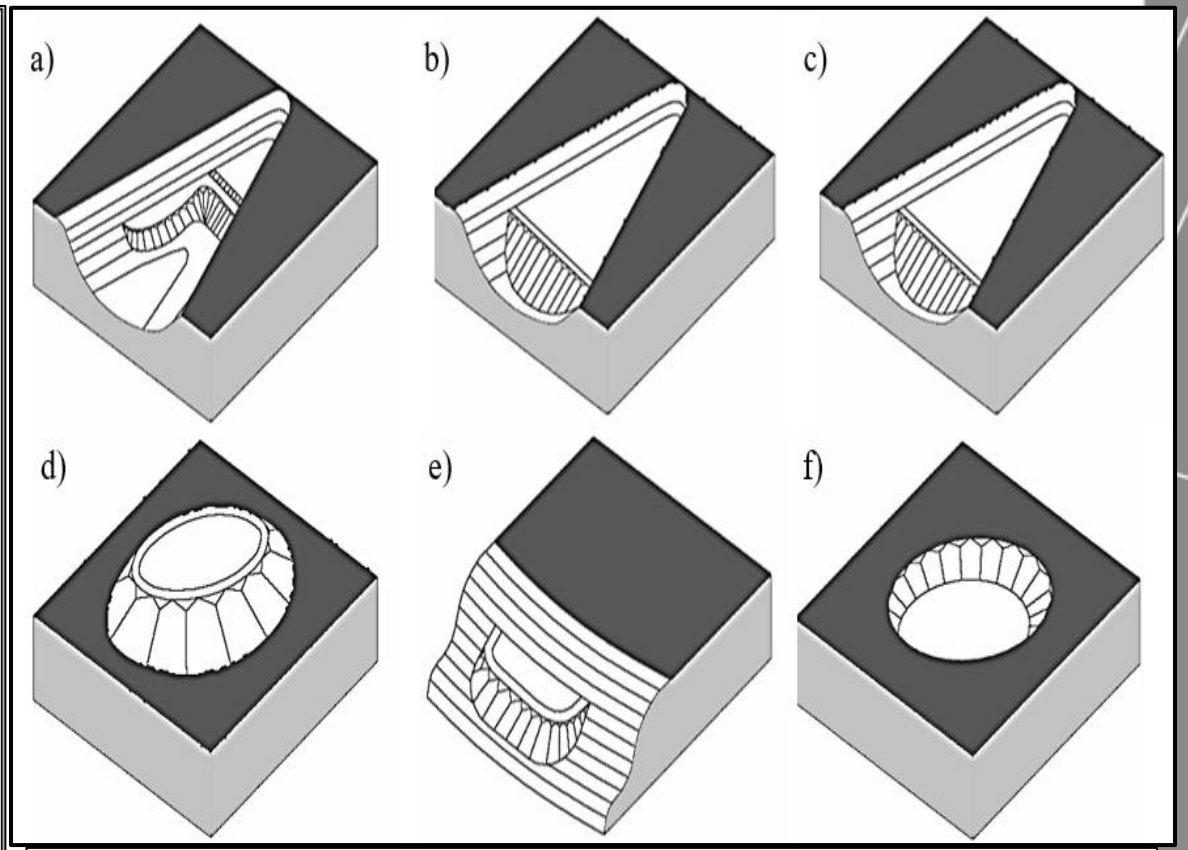
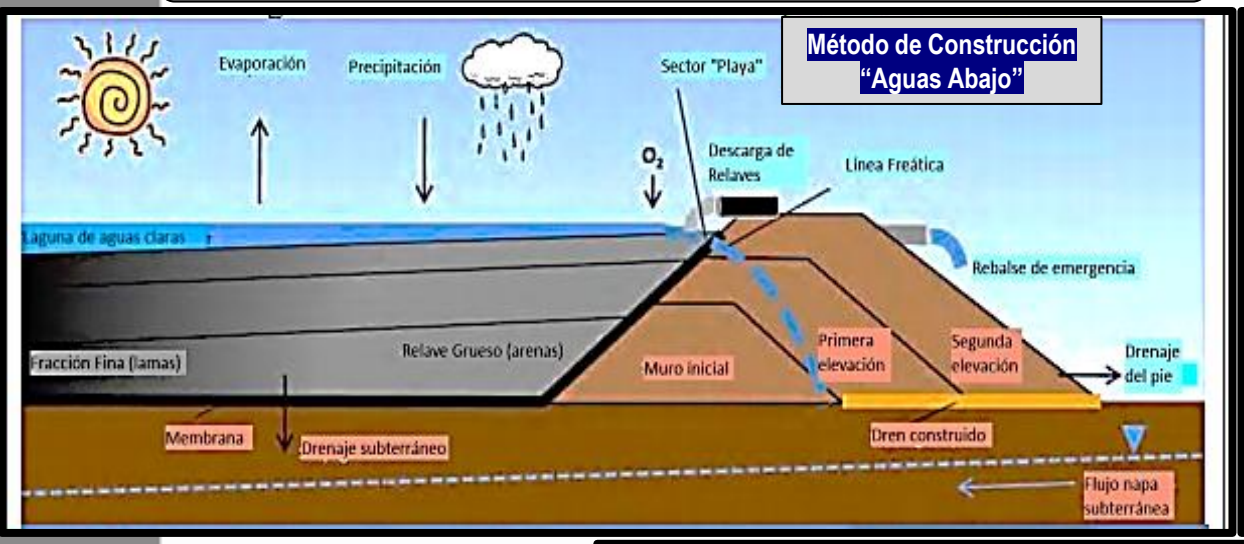
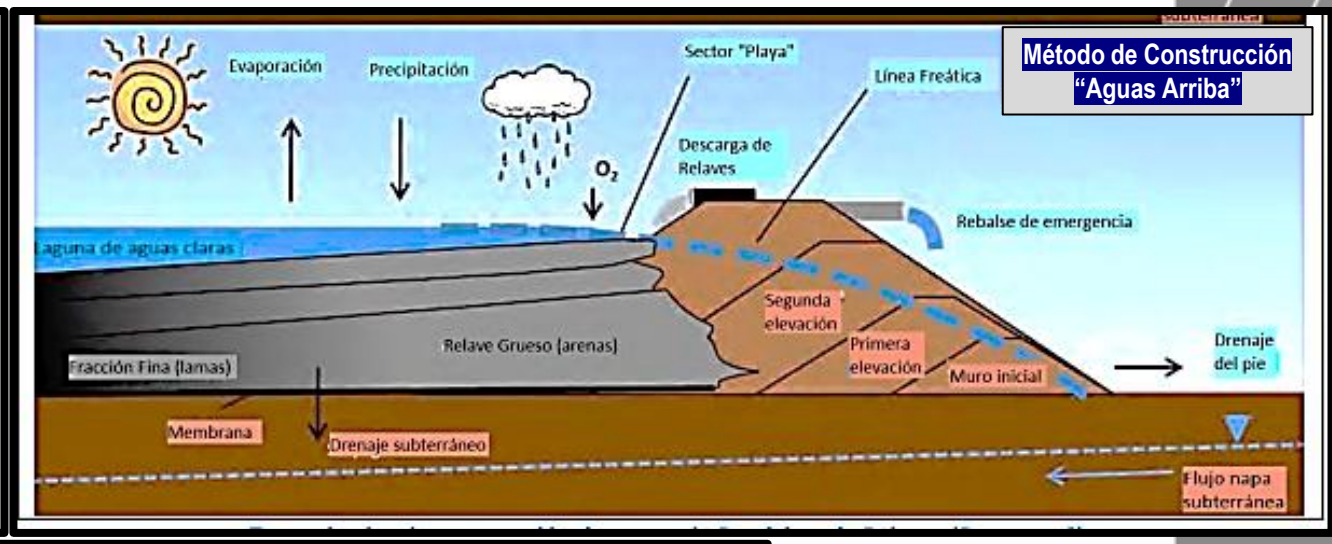


Figura 3. Diseño de instalaciones de depósitos de relaves mineros. a) dique o anillo bajo nivel, b) dique o anillo sobre nivel, c) dique o anillo sobre nivel para relaves secos, d) valle transversal, e) ladera, f) combinación con vertedero de roca estéril.

RelaveNet
A Community of Excellence

Clasificación geométrica y constructiva





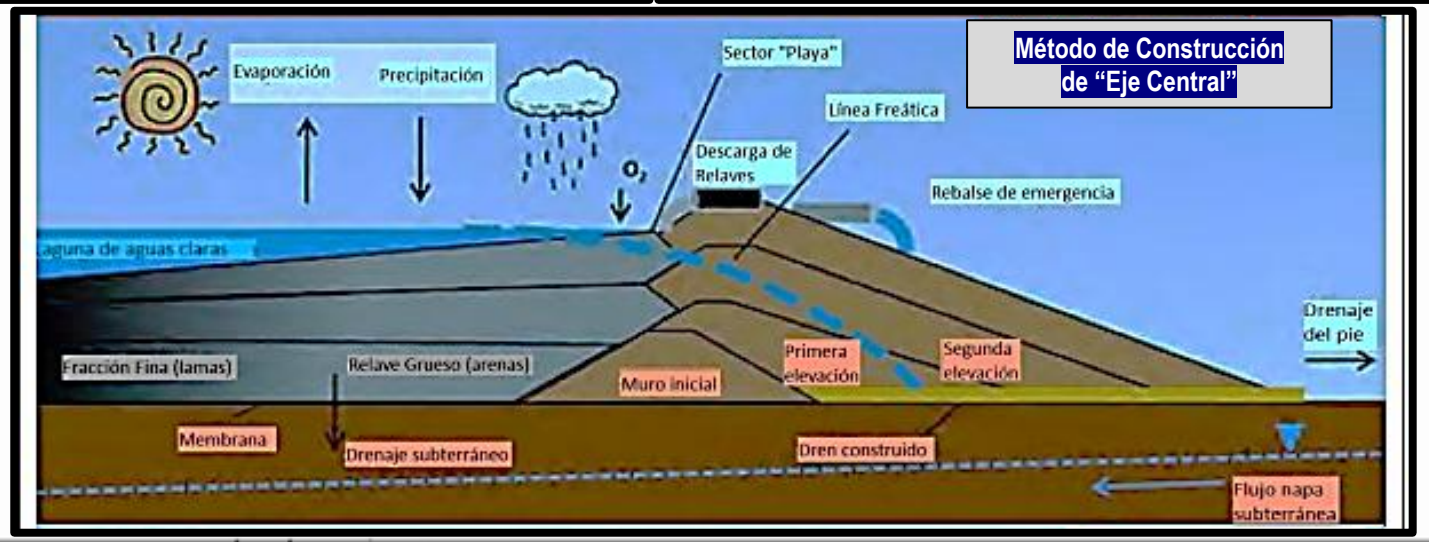


Figura 4. Métodos Constructivos de Tranques de Relaves

RelaveNet
A Community of Excellence

Tipos de TSF y su Relevancia en la Gestión del Agua

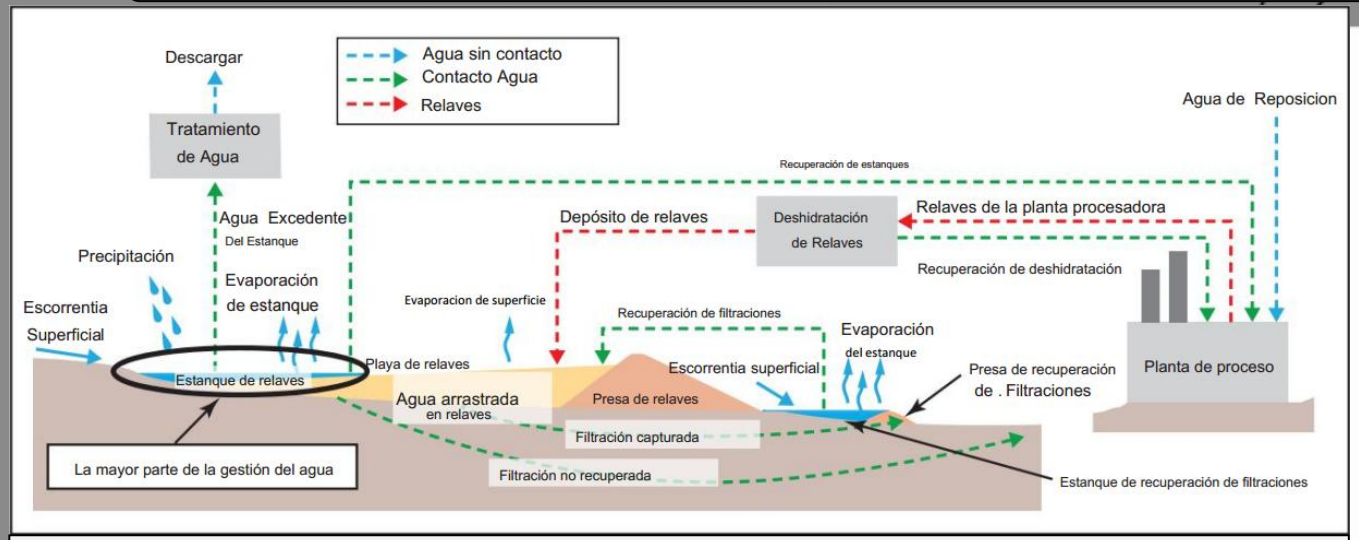


Figura 5. Instalación de relaves convencionales.

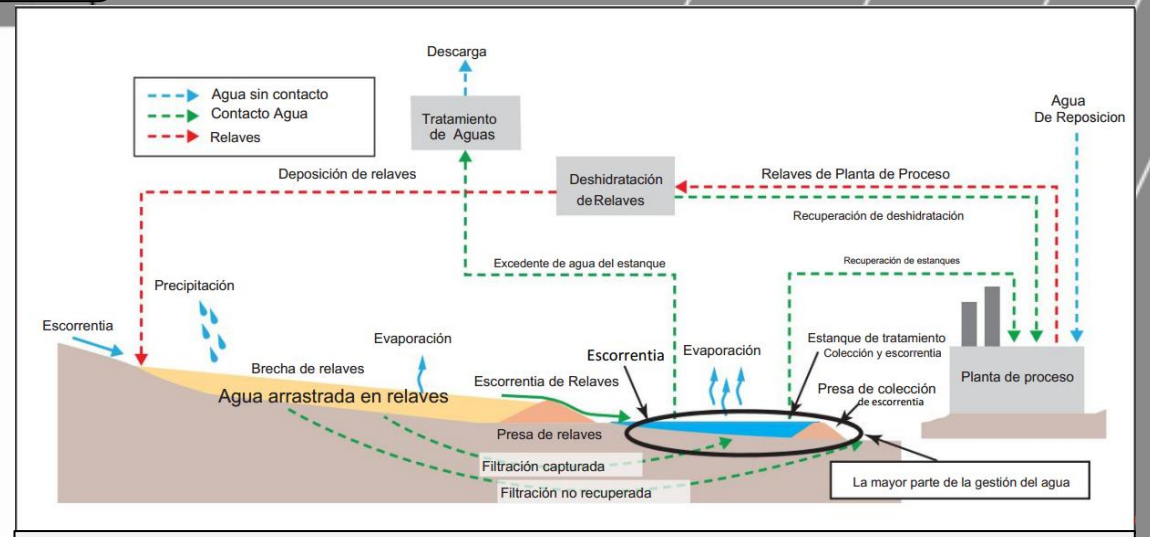


Figura 6. Instalación de relaves engrosados (laderas o sidehill)

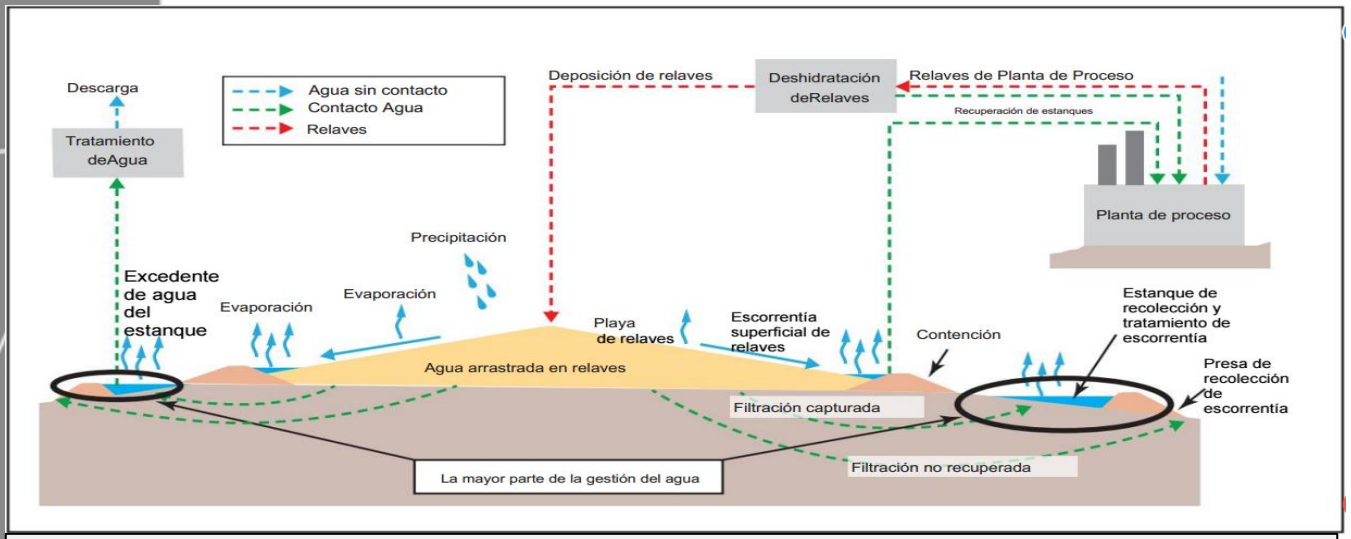


Figura 7. Instalación de relaves por encima del nivel del suelo espesado/pegado

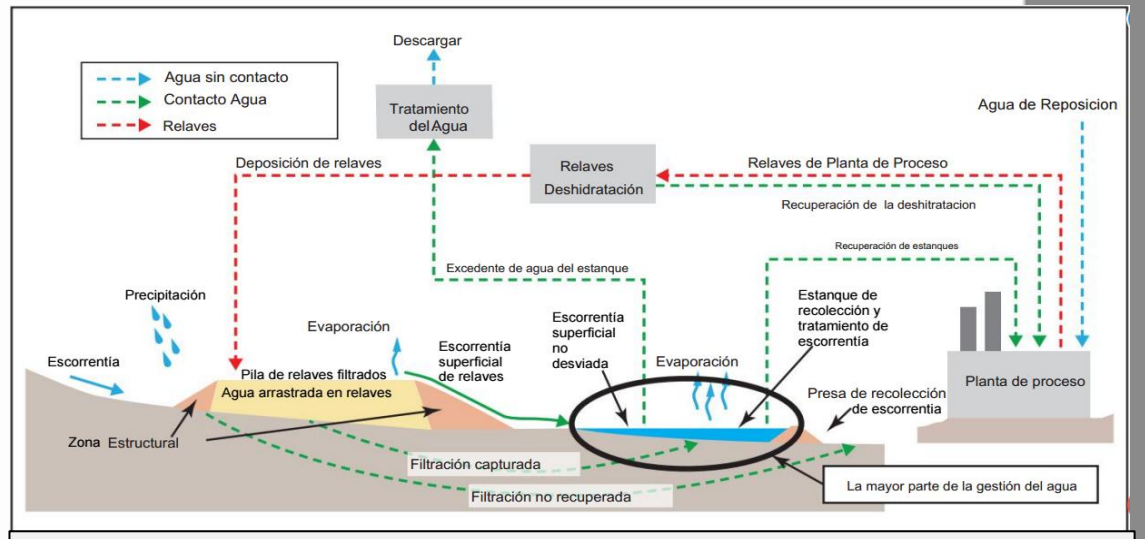


Figura 8. Instalación de relaves filtrados

RelaveNet
A Community of Excellence

Propiedades físicas y capacidad de almacenamiento

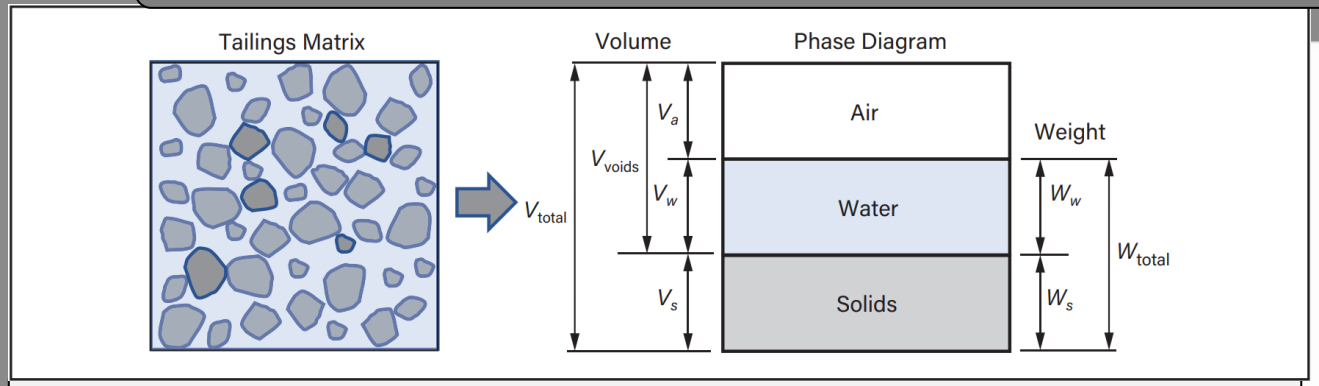


Figura 9. Matriz de relaves ilustrada como un diagrama de fases.

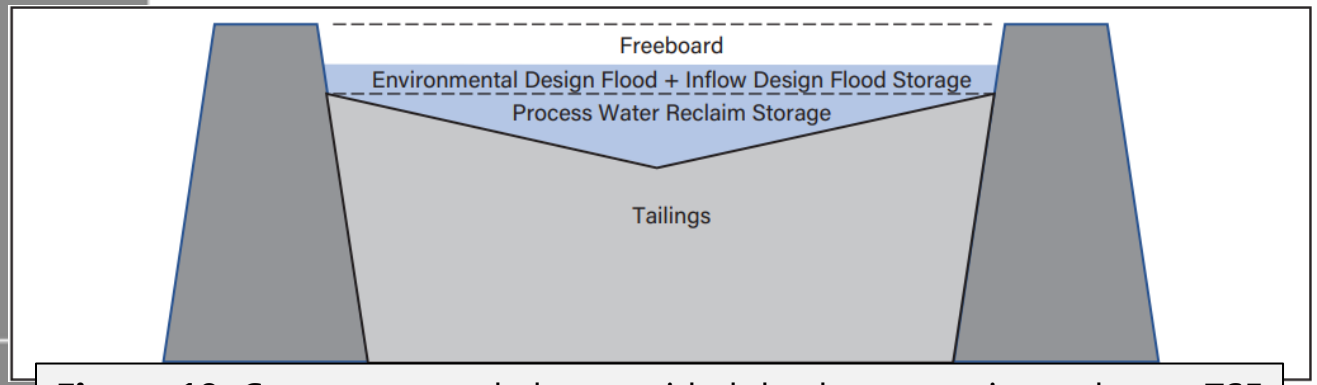
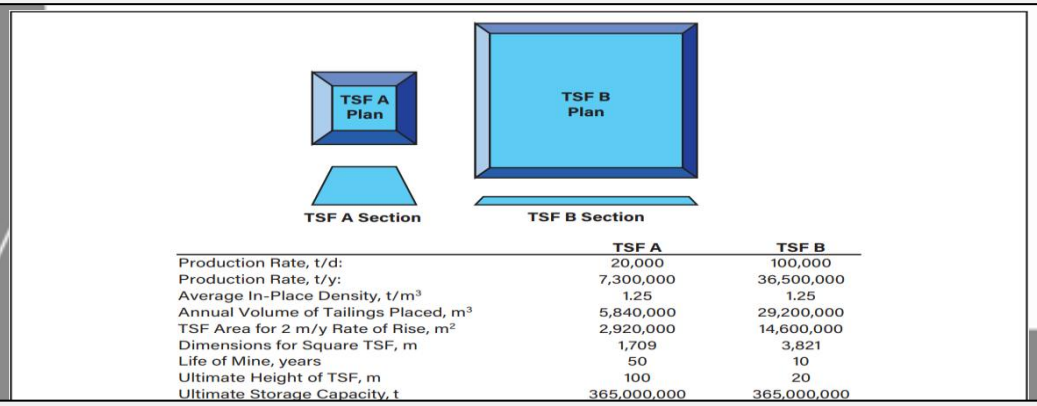


Figura 10. Componentes de la capacidad de almacenamiento de una TSF



	TSF A	TSF B
Production Rate, t/d:	20,000	100,000
Production Rate, t/y:	7,300,000	36,500,000
Average In-Place Density, t/m³	1.25	1.25
Annual Volume of Tailings Placed, m³	5,840,000	29,200,000
TSF Area for 2 m/y Rate of Rise, m²	2,920,000	14,600,000
Dimensions for Square TSF, m	1,709	3,821
Life of Mine, years	50	10
Ultimate Height of TSF, m	100	20
Ultimate Storage Capacity, t	365,000,000	365,000,000

Figura 11. Tasa de levantamiento (rate of rise) de una presa de relaves

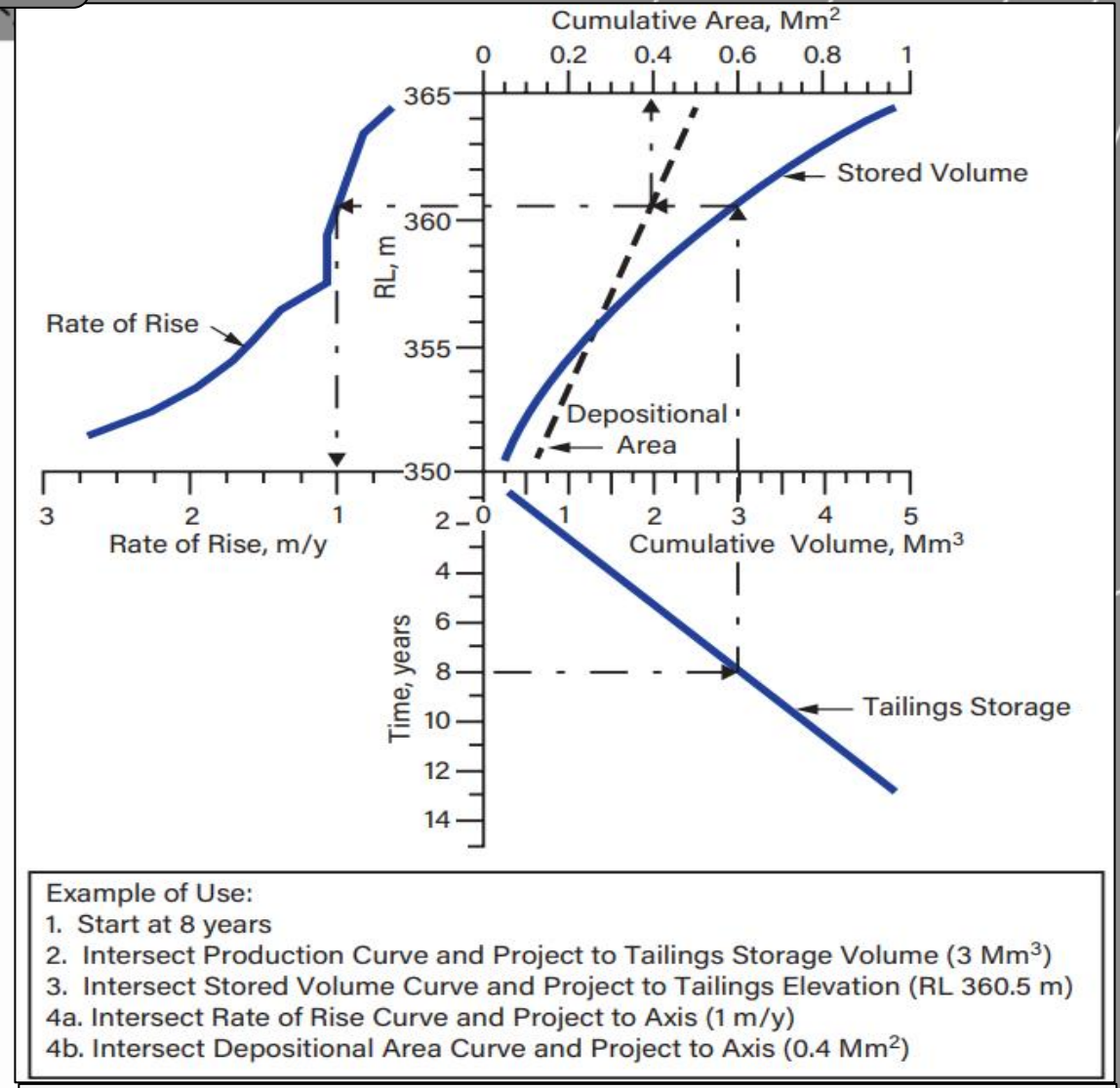
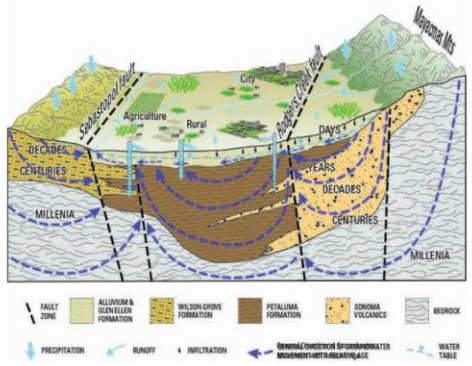


Figura 12. Producción de relaves, altura de la presa, área ocupada, capacidad de almacenamiento y tasa de levantamiento.

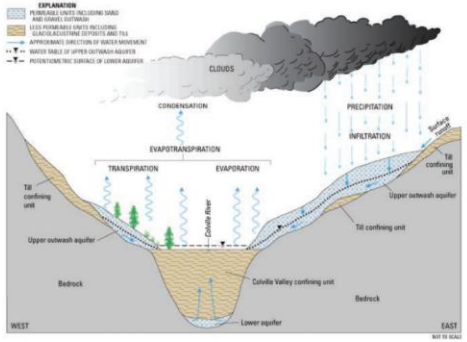
RelaveNet
A Community of Excellence

Entorno hidrogeológico y gestión del agua

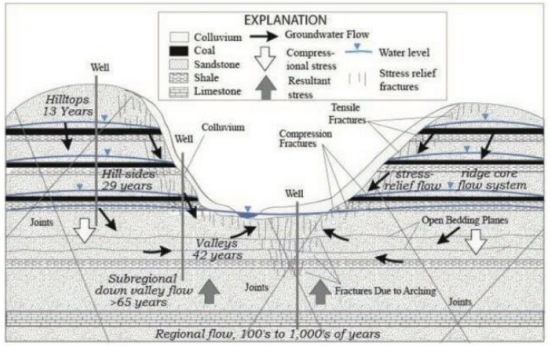
1 Deep Unconsolidated and Semi-Consolidated Basin Fill Deposits (USGS 2020)



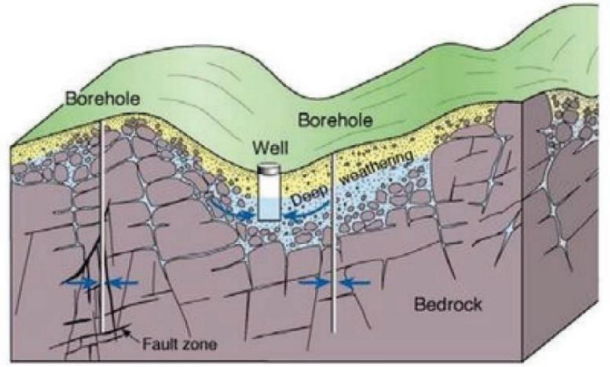
2 Unconfined, Unconsolidated Sediments Overlying (Commonly Less Permeable) Bedrock, e.g., Glaciated Terrains (Kahle et al. 2003)



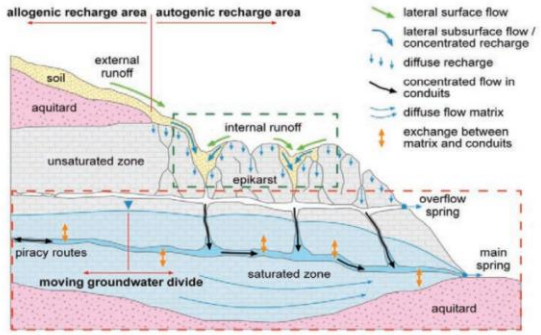
3 Sedimentary Rocks (Consolidated Fractured Rock Systems) (Kozar and McCoy 2012)



4 Weathered Volcanic, Intrusive, Metamorphic Rock (MacDonald et al. 2005)



5 Carbonate-Rock Systems (e.g., Karstic Limestone) (Hartmann et al. 2014)



6 Regional Carbonate Aquifer Demonstrating Interbasin Flow (Gillespie et al. 2012)

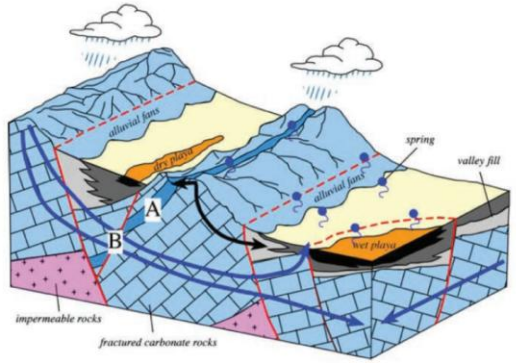
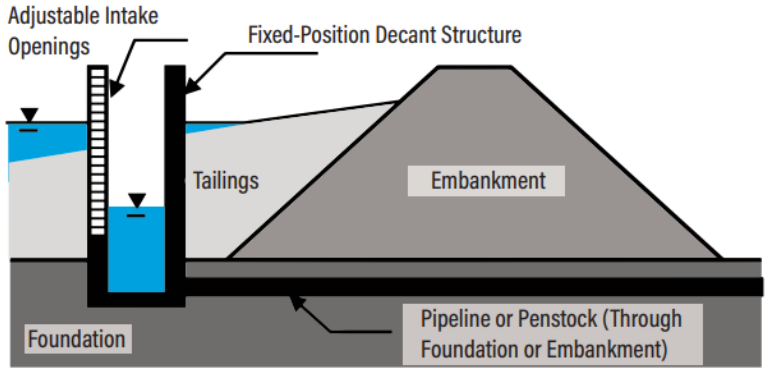
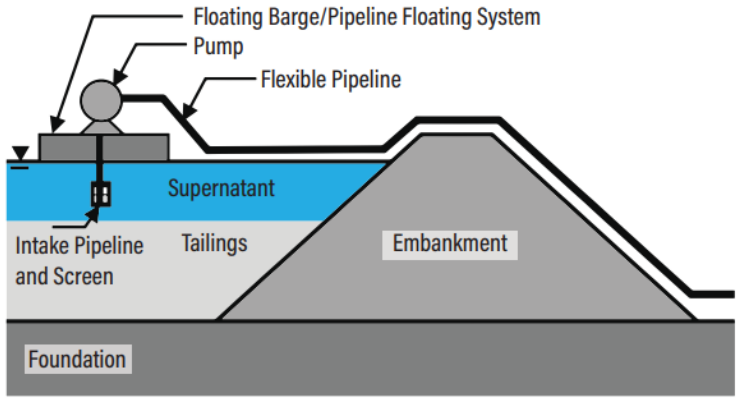
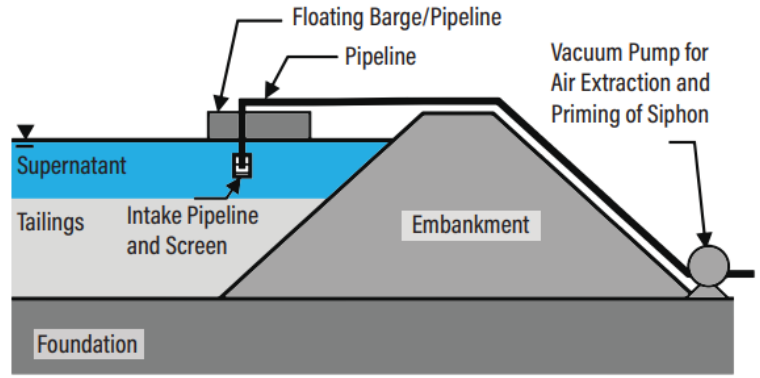
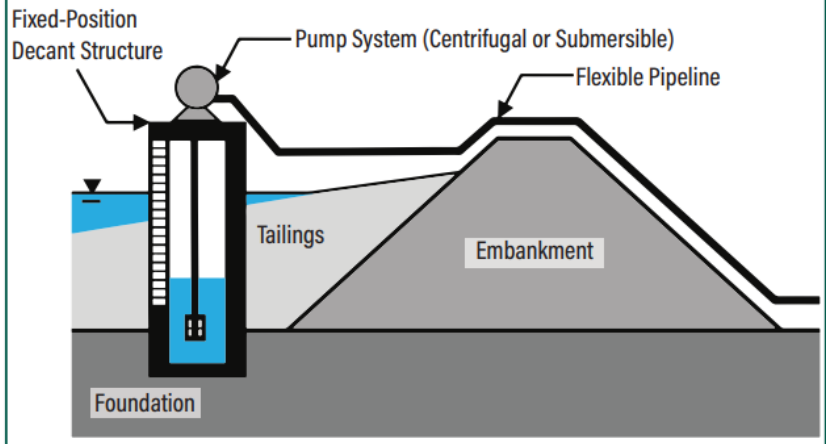


Figura 13. Marcos hidrogeológicos comúnmente encontrados en los sitios mineros

RelaveNet
A Community of Excellence

Entorno hidrogeológico y gestión del agua

Cuadro 1. Sistemas de decantación de agua sobrenadante que se utilizan en las presas de relaves

Decant Type	Descriptions	Schematic (not to scale)
Gravity	Estructuras huecas, ubicadas en la ribera o en posiciones fijas, que permiten que el agua sobrenadante fluya hacia entradas ajustables a lo largo de la altura de la estructura. El flujo se conduce fuera de la instalación de relaves (TSF) por acción de la gravedad, a través de un sistema de tubería o túnel situado dentro o debajo del muro de contención.	
Pump	Barcaza flotante móvil equipada con bombas que permiten que el agua sobrenadante sea impulsada a través de una tubería flexible y dirigida fuera de la instalación de relaves desde la parte superior del muro de contención.	
Siphon	El sifón decanta el agua de la TSF sobre la parte superior del muro de contención mediante una tubería llena de agua que conecta la toma a gran altura en la laguna sobrenadante con la salida ubicada a menor cota. El extremo de descarga suele estar equipado con una bomba de vacío para la extracción de aire y la puesta en marcha del sifón.	
Hybrid	Estructuras huecas de ubicación fija que permiten que el agua sobrenadante fluya hacia entradas ajustables a diferentes niveles dentro de la altura de la estructura. Esta actúa como un sumidero de recolección. Se utilizan bombas para extraer el agua y conducirla a través de una tubería flexible ubicada sobre el muro de contención.	

RelaveNet
A Community of Excellence

Entorno hidrogeológico y gestión del agua

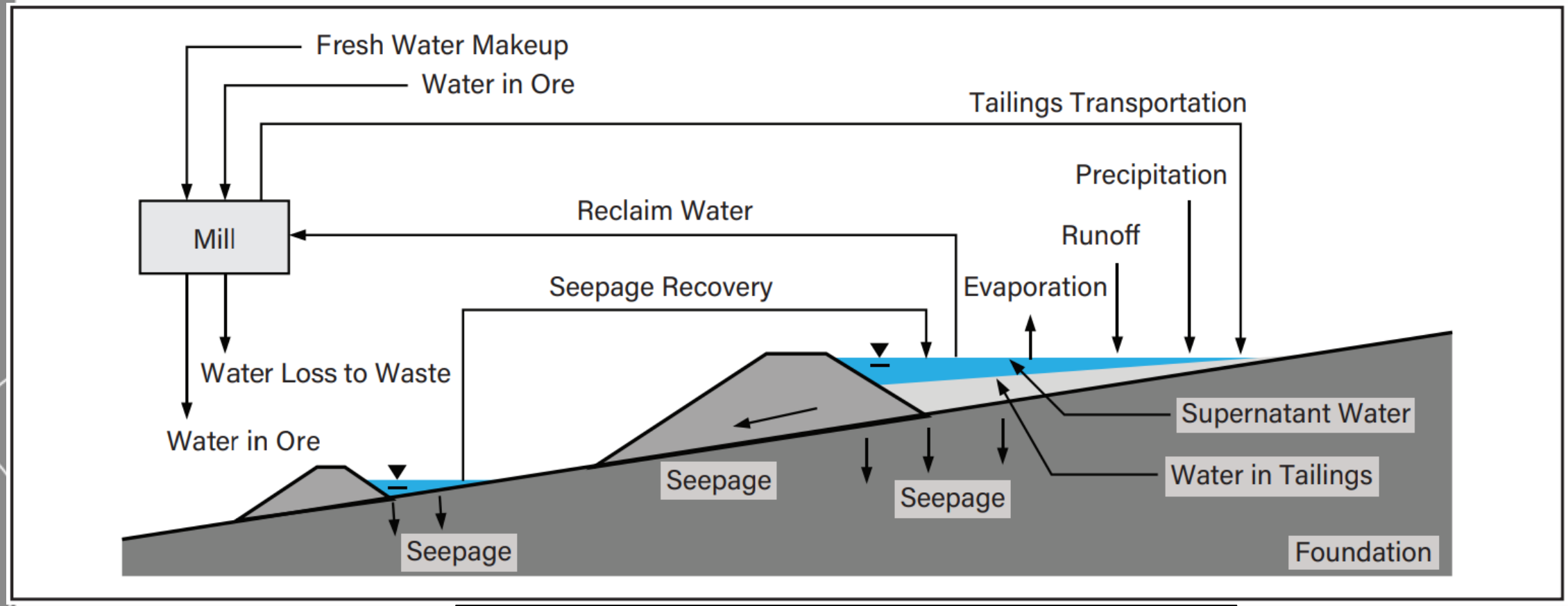


Figura 14. Componentes típicos de un balance hídrico de relaves

RelaveNet
A Community of Excellence

Tipos de TSF y su Relevancia en la Gestión del Agua

Tabla 1. Metodologías de gestión de relaves y aporte de agua promedio (pérdidas de agua en el TSF).

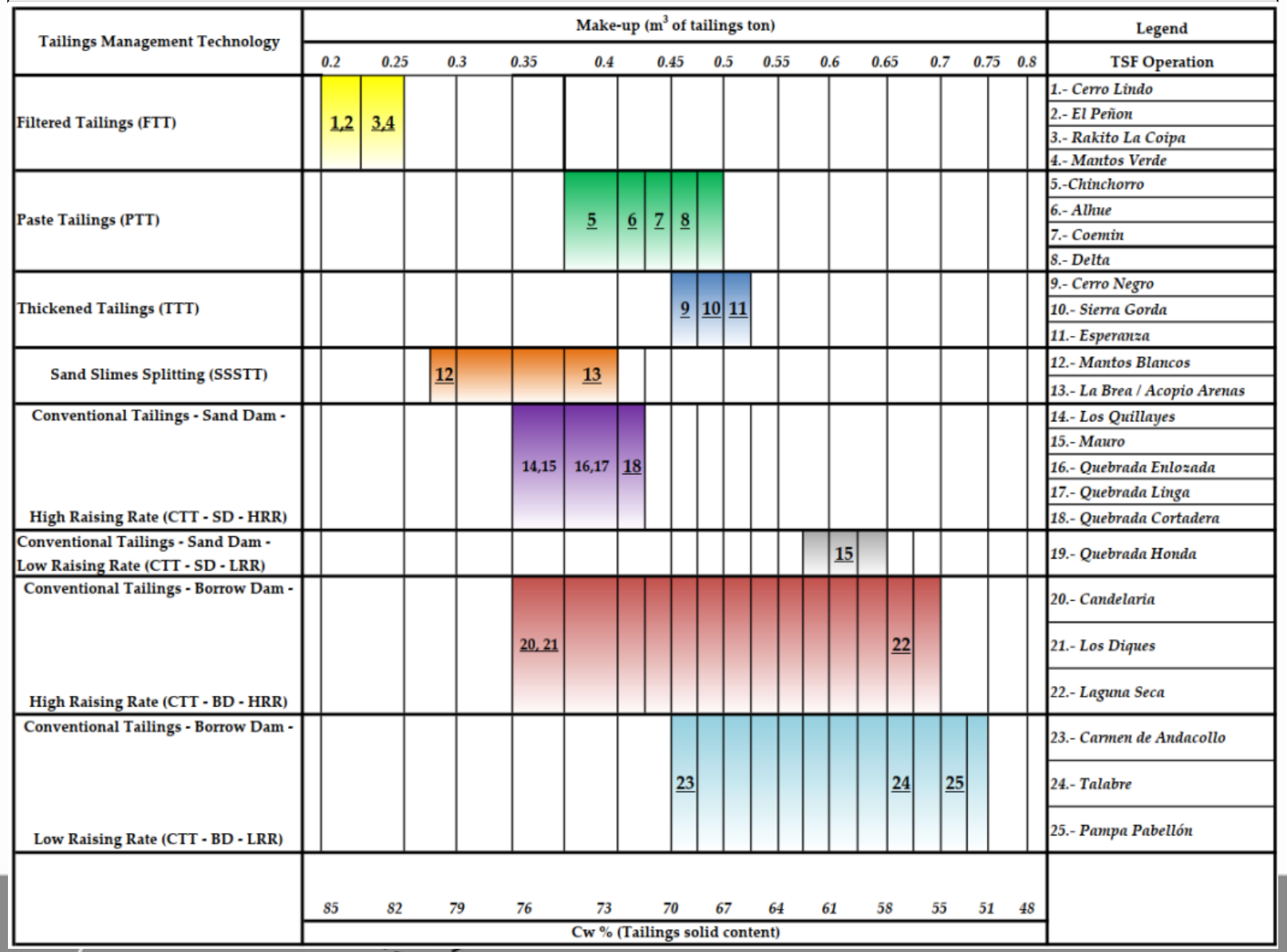
Tailings Management Methodology	Tailings Storage Facility Name	Country	TSF Disposal and Water Management Parameters			
			Production Rate (mtpd)	PSD d_{50} (µm)	Solids Content Cw (%)	Average Make-Up (m3/mt)
FWS—WRCT	Pampa Pabellon TSF	Chile	170,000	52	52 (TT)	0.70
FWS—WRCT	Talabre TSF	Chile	180,000	70	55 (TT)	0.64
FWS—WRCT	Los Quillayes TSF	Chile	115,000	36	40 (SL)	0.35
FWS—WRCT	Mauro TSF	Chile	205,000	36	40 (SL)	0.35
FWS—WRCT	Candelaria TSF	Chile	75,000	65	51 (TT)	0.34
FWS—WRCT	Candelaria (Los Diques TSF)	Chile	75,000	65	51 (TT)	0.34
FWS—WRCT	Carmen de Andacollo TSF	Chile	55,000	70	53 (TT)	0.44
SWS—WRCT	Laguna Seca TSF	Chile	370,000	65	50 (TT)	0.66
SWS—WRTT	Esperanza (Centinela TSF)	Chile	95,000	45	65 (TT)	0.50
SWS—WRTT	Sierra Gorda TSF	Chile	110,000	40	60 (TT)	0.50
SWS—WRTT	Cerro Negro Norte TSF	Chile	20,000	75	65 (TT)	0.45
FWS—WRPTT	Las Cenizas (Chinchorro TSF)	Chile	2500	44	65 (TT)	0.39
FWS—WRPTT	ENAMI (Delta Plant TSF)	Chile	2000	25	60 (TT)	0.48
FWS—WRPTT	Coemin TSF	Chile	8000	50	60 (TT)	0.42
FWS—WRPTT	Alhue TSF	Chile	3000	55	65 (TT)	0.40
FWS—WRFT	La Coipa TSF	Chile	20,000	68	80 (TT)	0.22
FWS—WRFT	El Peñon TSF	Chile	3000	62	84 (TT)	0.20
FWS—WRFT	Mantos Verde TSF	Chile	12,000	57	82 (TT)	0.23
FWS—WRHT	Mantos Blancos TSF	Chile	12,000	86	82 (TT)	0.28
FWS—WRHT	Caserones (La Brea/Sand TSF)	Chile	90,000	74	60 (TT)	0.37
FWS—WRFT	Cerro Lindo TSF	Peru	7000	65	88 (SL)	0.20
FWS—WRCT	Quebrada Enlozada TSF	Peru	120,000	45	40 (SL)	0.38
FWS—WRCT	Quebrada Linga TSF	Peru	240,000	45	40 (SL)	0.38
FWS—WRCT	Quebrada Honda TSF	Peru	150,000	75	37 (SL)	0.62
FWS—WRCT	Quebrada Cortadera TSF	Peru	127,500	75	45 (TT)	0.40

Nota: Los siguientes términos significan: TT: Relaves Totales, SL: Lodos (distribución del tamaño de partículas finas de los relaves totales), FWS: Suministro de Agua Dulce y SWS: Suministro de Agua de Mar

RelaveNet
A Community of Excellence

Tipos de TSF y su Relevancia en la Gestión del Agua

Tabla 2. Comparación de desempeño entre las distintas tecnologías de disposición de relaves



RelaveNet
A Community of Excellence

Módulo 3 – Tema 1 –

Tipos de instalaciones de almacenamiento de relaves (TSF) y su impacto en la gestión del agua.

- **Ing. Danny Flores Cruz**

RelaveNet
A Community of Excellence