



Universidad Nacional
Agraria La Molina



ICTA - UNALM



Ingeniería y Gestión del agua residual en Minería

José N. De Piérola C.

Profesor Honorario

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. Lima

Gerente de Recursos Hídricos

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION

FORO

DÍA MUNDIAL DEL AGUA

“INGENIERÍA Y GESTIÓN DEL AGUA DULCE Y AGUA RESIDUAL”



RESUMEN

1. Uso del agua en la minería actual
2. Evolución del uso del agua
3. Ingeniería y Gestión del agua
4. Tareas en curso

1. Uso del agua en la minería actual...

Uso del agua a nivel nacional por la población y los principales sectores productivos (2000/2001) en millones de metros cúbicos (MMC/año)

Vertiente	USO CONSUNTIVO									Uso no consuntivo
	Población		Agrícola		Industrial		Minero		TOTAL	
Pacífico	2,086	12%	14,051	80%	1,103	6%	302	2%	17,542	4,245
Atlántico	345	14%	1,946	80%	49	2%	97	4%	2,437	6,881
Titicaca	27	30%	61	66%	3	3%	2	3%	93	13
TOTAL	2,458	12%	16,058	80%	1,155	6%	401	2%	20,072	11,139

Fuente: MINAM, 2009 (I)

Uso minero : 2% del consumo nacional o un promedio de 401 MMC
 Flujo estimado 12.73 m³/s

SITUACION ACTUAL – USO POBLACIONAL



- Consume el **7%** de la disponibilidad nacional.
- La cobertura servicios agua potable a nivel nacional **64%**, en alcantarillado **52%**
- La cobertura en el área urbana **84%** de agua potable y **75%** de alcantarillado.
- La eficiencia de uso del agua poblacional, entre el **45 - 50%** (Se estima tercera parte del agua se pierde en las conducciones).
- Se estima que solo un **14 - 17%** de las aguas servidas es tratada antes de ser devueltas a los río o mar.

SITUACION ACTUAL - USO GRARIO



- Utiliza aprox. **86%** de la disponibilidad del agua .
- Eficiencia de uso de agua **36-55%**
- Tierras con problemas de salinidad y mal drenaje **300,000 ha.**
- Tarifas de agua que **no cubren** los costos de operación y mantenimiento. Morosidad.
- Deficiencias en la infraestructura hidráulica .
- Las dotaciones de agua para riego exceden las necesidades de los cultivos

SITUACION ACTUAL - USO INDUSTRIAL



- El sector utiliza **6%** de la disponibilidad a nivel Nacional.
- La eficiencia de uso, igual que el Uso Poblacional, es del orden del **45-50%**
- Utiliza aguas de mejor calidad en procesos no requerido (agua subterránea y potable).
- Las industrias **más contaminantes:** curtiembres, textil, bebidas (incluye cerveza), alimentos, papel y refinerías de petróleo.

SITUACION ACTUAL - USO MINERO

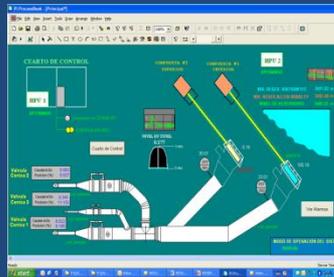


- El sector utiliza **1%** a nivel Nacional.
- **Pasivos ambientales** de actividades mineras del pasado. Causan deterioro calidad de las aguas.
- **Alta conflictualidad** entre la actividad minera y los otros usos económicos del agua [Contaminación agua y medio ambiente].

Control en la producción del agua...



Control en la distribución del agua ...



El uso del agua en el proceso minero





2. Evolución del uso del agua

Elementos básico para la gestión del agua a nivel de cuenca....

Competencia por el uso del agua:

1. Cantidad: volúmen o flujo
2. Calidad: del agua por utilizar y del agua utilizada
3. Oportunidad : permanencia y temporalidad

Escenarios de uso en la cuenca :

1. Años “normales”, diseño de sistemas de suministro
2. Años secos y extremadamente secos
3. Años húmedos

Distribución del recursos entre usuarios:

1. Sistemas regulados
2. Sistemas no regulados
3. Sistemas regulados/noregulados con trasvace

LMP: Límites máximos Permisible, minería

D.S. 010-2010 MINAM

control de efluentes de las actividades económicas.

Objetivo: tratamiento de los efluentes antes de ser entregados a un cuerpo receptor.

Se establecen límites en cualquier momento y límites de valores promedio anuales.

ECA-agua: Estándares de Calidad ambiental de agua.

D.S. 02-2008 MINAM

D.S. 015-2015 MINAM

Pre-publicación del dispositivo 072-2017 MINAM

Estándares de calidad que deben cumplir los cuerpos de agua y su evolución por uso de las fuentes.

Las actividades extractivas deben cuidar el impacto y prevenir el efecto que sus actividades tengan en los ECAs de su área de influencia.

El sector agua poblacional y de agricultura tienen una especial relación con el adecuado uso de los ECAs

Es posible hacer Minería responsable..?

1. Cosecha de agua
2. Activos ambientales
3. Planes de cierre progresivos
4. Convenios con gobiernos locales, regionales, eps, etc.
5. Auspicio de estudios
6. Procesamiento de aguas residuales.
7. Soporte al liderazgo del Estado en la gestión de agua.

Cuadro 3. Buenas prácticas de gestión del agua en la minería

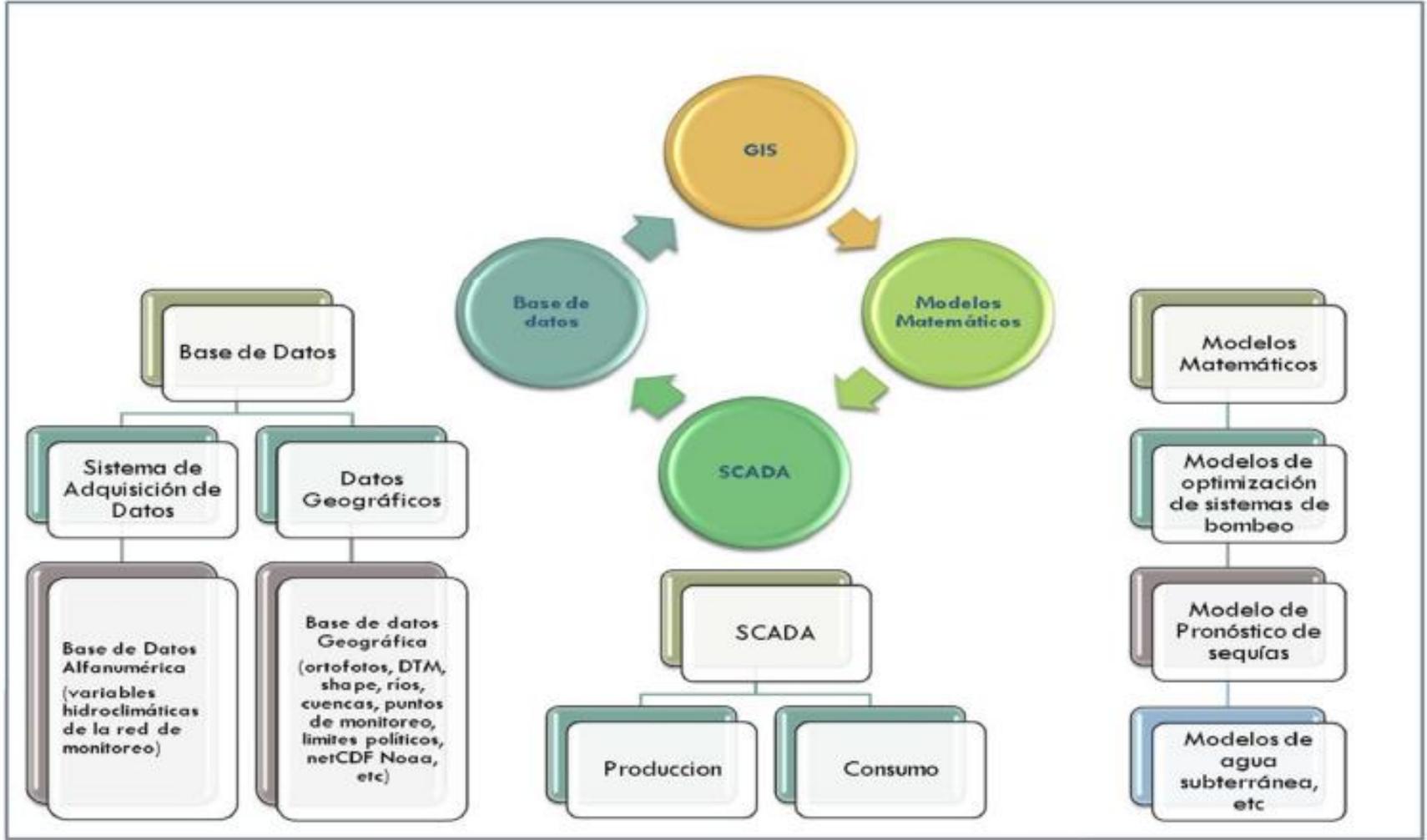
Buenas prácticas de gestión del agua en la minería
"Destacamos que la minería, sobre la base del reconocimiento de errores cometidos en el pasado, viene generando aprendizajes y desarrollando un conjunto de buenas prácticas, que están siendo visibles en muchas zonas mineras en todo el País y que detallamos a continuación:

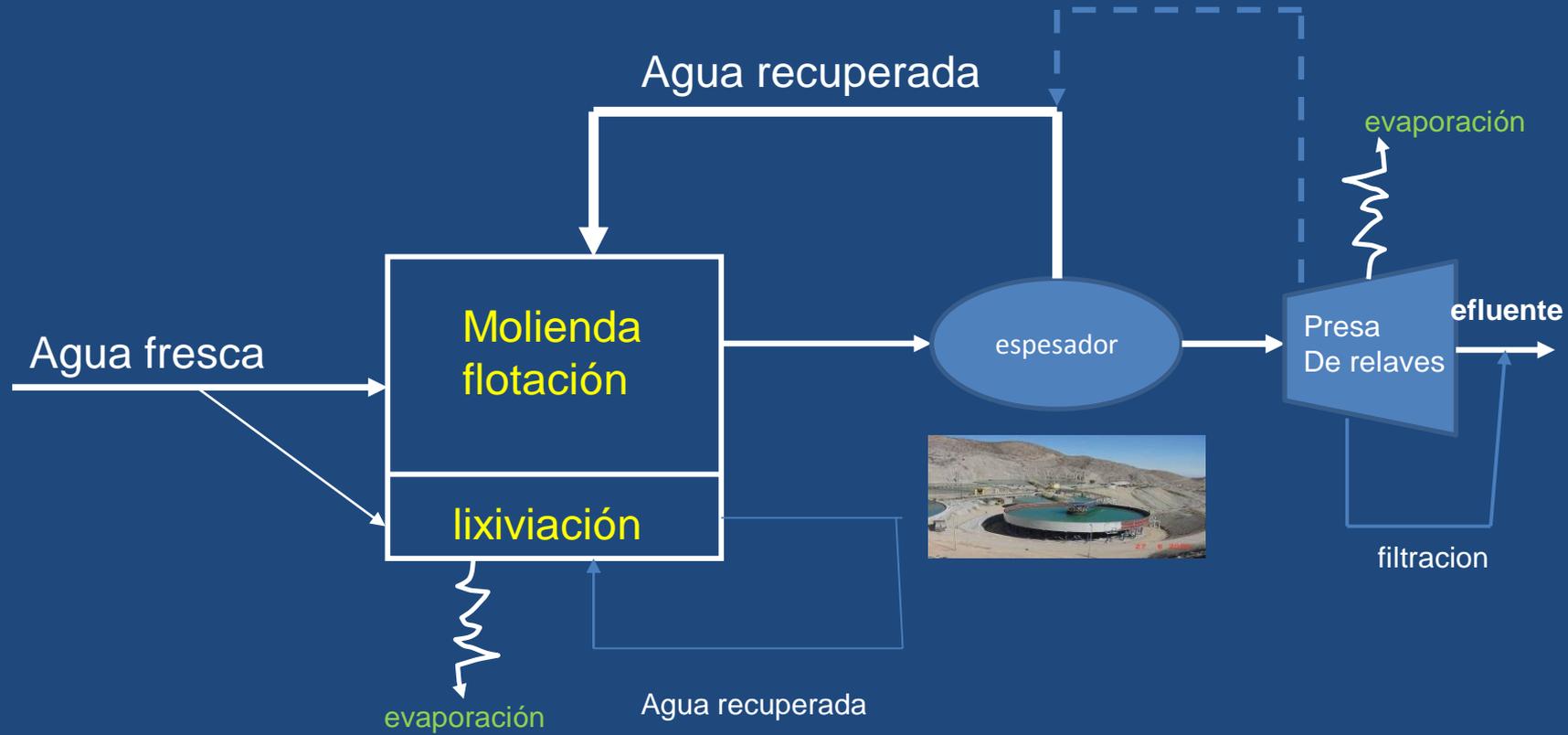
- La práctica de "cosecha del agua" en época de lluvias, para que se retenga, conserve e incremente su disponibilidad en la cuenca.
- La generación de "activos ambientales" para mejorar la dotación de agua en época seca para los vecinos no mineros, con la construcción de reservorios, micro reservorios, y la transformación de antiguos tajos en reservorios o almacenes de agua.
- La incorporación en los planes ambientales, durante el cierre progresivo de las operaciones mineras, de actividades de conservación de cuencas, como control de la erosión y sedimentos, así como acciones de revegetación y forestación.
- La realización de convenios con empresas de agua potable, gobiernos locales y regionales para mejorar la infraestructura de tratamiento de aguas (ampliaciones, estudios de nuevas fuentes de agua, laboratorios, educación sanitaria y ambiental, entre otras).
- El auspicio para la realización de estudios de afianzamiento hídrico en las cuencas, que permita determinar la mejor forma de suplir la demanda actual y futura de agua.
- El procesamiento de aguas de uso minero, a fin de entregarlas a las cuencas en calidad de clase III, con instalaciones modernas de tratamiento de aguas de procesos, ácidas y servidas.
- El liderazgo del Estado, con la cooperación de la minería para promover el buen uso del agua para fines domésticos, de riego y ganadería en las comunidades vecinas a través de la provisión de agua potable y saneamiento rural, mejoramiento de infraestructura de riego, riego tecnificado, mejoramiento de cultivos y pastos y mejoramiento e incremento de la producción ganadera".



3. Ingeniería y gestión del agua en minería...

Gestión de Recursos Hídricos como Sistema





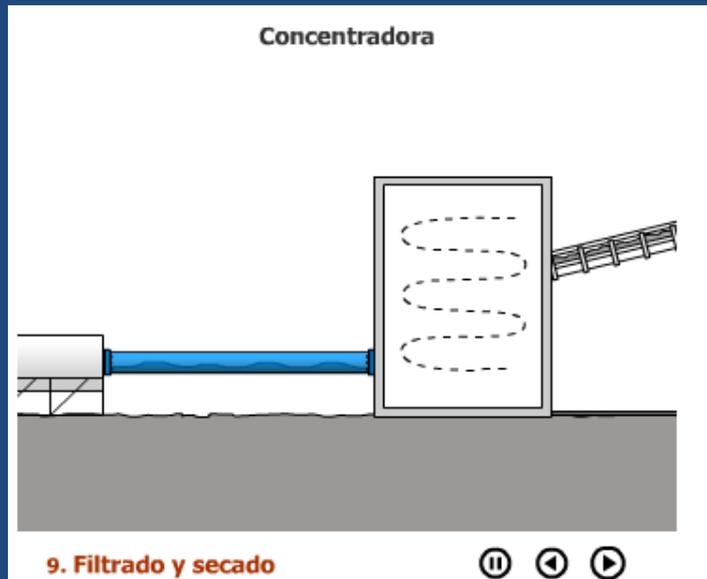
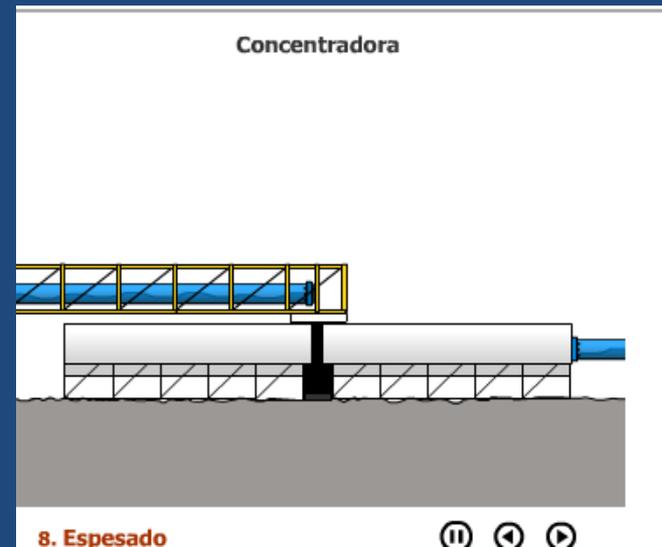
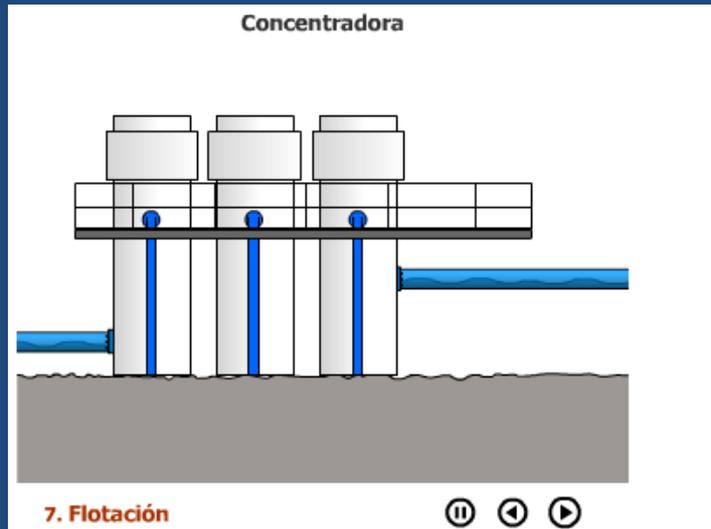
0.3- 1.0 m³/tn mineral



0.1- 0.3 m³/tn Cu



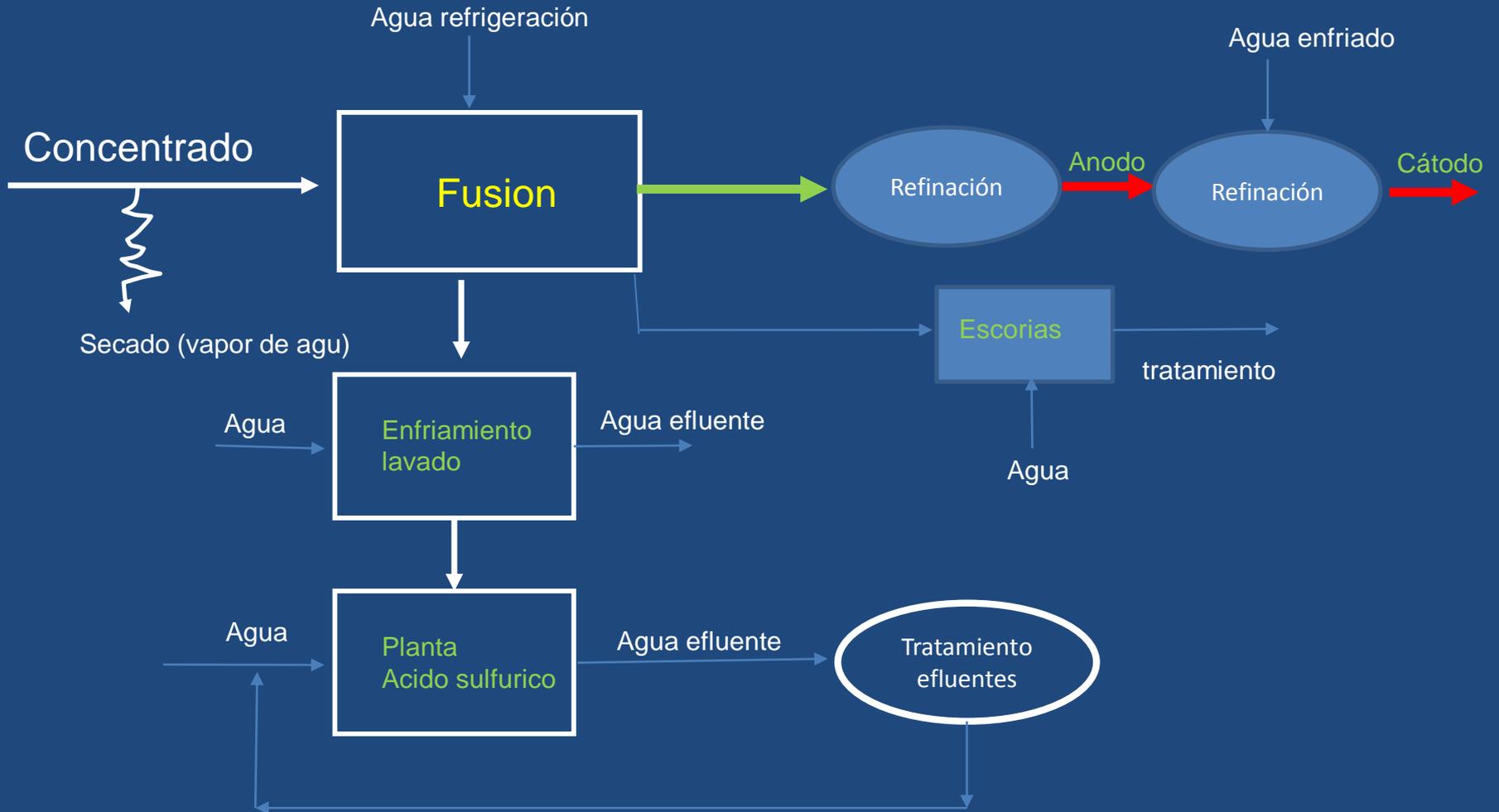
PROCESOS PRODUCTIVOS: Concentradora



Explicación

- La Planta Concentradora actual procesa 60,000 t/d de mineral y utiliza 520 L/s de Agua Fresca.
- Con la ampliación se duplicará la capacidad de procesamiento construyendo otra Planta de 60,000 t/d pero sin aumentar el consumo de Agua Fresca, es decir, con los mismos 520 L/s.

Obtención de Catodos/anodos



Molienda en concentradora



Decantación en concentradora: recuperación de agua



Retención y desvío

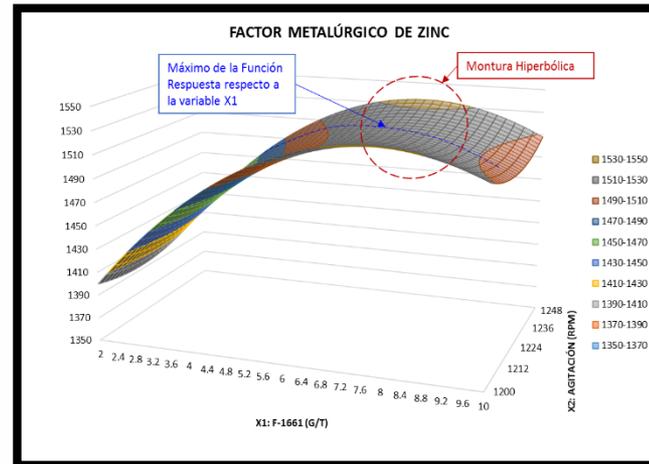


Presa de relaves y control



INVESTIGACION METALURGICA PARA SUPERAR LA CONDICION DEL EFLUENTE

Plantilla de Diseño Hexagonal					
Plantilla Codificada			Plantilla Real		
Prueba	X1	X2	Prueba	F-1661	Agitación
1	1	0	1	10	1225
2	0.5	0.866	2	8	1245
3	-0.5	0.866	3	4	1245
4	-1	0	4	2	1225
5	-0.5	-0.866	5	4	1205
6	0.5	-0.866	6	8	1205
7	0	0	7	6	1225
8	0	0	8	6	1225
"0"	Prueba a Cond. Estándar		"0"	Prueba a Cond. Estándar	



Tomado de:
Nueva flotación de zinc y el impacto
en el efluente de la relavera.
Jose Manzaneda Cabala
Volcan Compañía Minera S.A.A.

DS 010-2010 LIMITE MAXIMO PERMISIBLE PARA EFLUENTES MINERO METALURGICOS



Cloruro Férrico

Acido Nitrico

Acidos
Organicos

Tomado de:
Nueva flotación de zinc y el impacto
en el efluente de la relavera.
Jose Manzaneda Cabala
Volcan Compañía Minera S.A.A.

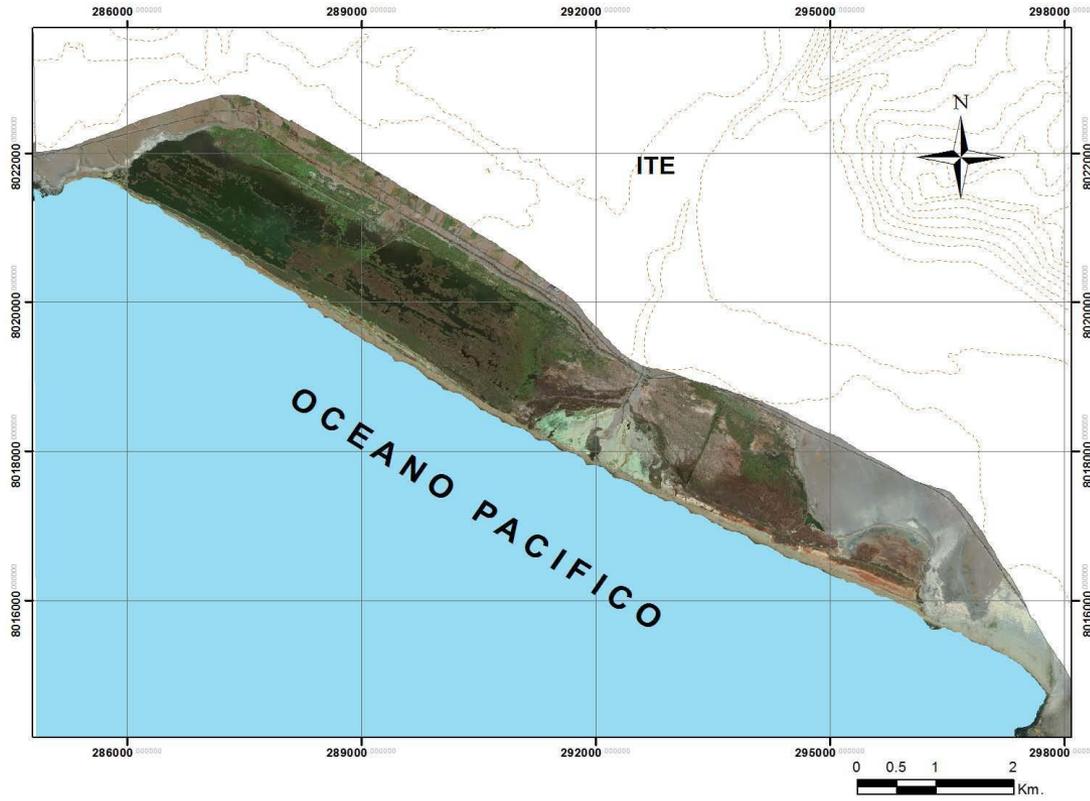
Monitoreo participativo de calidad de agua Alrededor de la operación minera.



Parámetro	Unidad	ECA-Agua Cat.3	1316RCall1				1316RCall2				1316RSala1				1316RCall3			
			Ago-11	Oct-11	Dic-11	Mar-12	Ago-11	Oct-11	Dic-11	Mar-12	Ago-11	Oct-11	Dic-11	Mar-12	Ago-11	Oct-11	Dic-11	Mar-12
Conductividad (Cond.)	µS/cm	2000	N.A.	1049	1056	477	1220	1472	1505	692	2290	3000	2920	881	1640	2490	2620	974
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1000	490	<18	2	<18	7000	94	4,5	2200	49	9,2	79	790	790	46	23	330
Fosfatos (PO4)	mg/L	1	1,578	1,015	1,186	0,385	0,878	0,706	0,794	0,881	1,788	1,974	1,199	0,487	1,697	1,478	1,119	5,031
Sodio total (Na tot)	mg/L	200	140,6743	150,209	129,858	60,4729	171,201	188,864	161,15	138,2254	415,756	470,22	419,01	113,6539	304,265	340,7	294,9	103,7885
Aluminio total (Al tot)	mg/L	5	0,9528	1,2025	0,9344	2,3731	0,0705	0,1004	0,0316	1,6272	2,8235	3,474	2,1472	2,2349	1,2356	2,0043	1,2488	17,8419
Arsénico total (As tot)	mg/L	0,05	1,2095	1,2058	1,3067	0,53	0,508	0,4289	0,4555	0,3474	1,571	1,9082	1,5204	0,3916	1,0126	1,1952	0,8819	0,5842
Boro total (B tot)	mg/L	5	7,874	4,7152	4,8458	1,6901	12,2758	5,3076	4,6333	3,8885	14,595	18,367	14,825	3,4874	14,7645	13,833	9,4135	3,2119
Hierro total (Fe tot)	mg/L	1	1,8975	1,7998	1,5567	2,0665	0,7428	0,9374	0,5973	1,9451	1,7386	1,9318	1,0874	2,2928	2,0917	2,3751	1,5388	24,2743
Litio total (Li tot)	mg/L	2,5	0,535	0,5408	0,5442	0,224	0,3798	0,3581	0,3723	0,2635	2,4319	2,7266	2,2071	0,5612	1,3935	1,7992	1,2497	0,4602
Manganeso total (Mn tot)	mg/L	0,2	0,3132	0,2685	0,2927	0,2041	0,0308	0,0238	0,0301	0,0908	0,2005	0,1834	0,221	0,1992	1,955	0,2298	0,2766	0,6078

Recuperación de la bahía de Ite : 1500 has. 1998-2016

Bahía de Ite al 2010





4. Tareas en curso

Sostenibilidad Oferta-Demanda 2014-2029

MEDIDAS DE GESTION

- Incremento de la eficiencia
- Tecnificación del riego.
- Formalización de derechos.
- Capacitación de usuarios.
- Aplicar procedimientos sancionadores.

MEDIDAS ESTRUCTURALES

- Reuso de aguas servidas
- Embalses de regulación.
- Recarga de acuíferos.
- Trasvases de cuenca.
- Desalinización.

Fuentes de Descarga Contaminante

- **Drenaje de mina:** puede ser ácido y tener metales disueltos, puede ser descargado a agua superficial
- **Depósitos de residuos y pilas de mineral:** DAR, descarga de sedimentos, filtración y derrame de soluciones residuales
- **Operaciones de concentración:** Efluentes con reactivos orgánicos espumantes y surfactantes e inorgánicos, aceites, metales pesados y aniones y sólidos a veces coloidales
- **Actividad humana:** Aguas servidas y basura, tanques sépticos mal diseñados.



CONTROL DE LA CONTAMINACION MINERA

• Labores Mineras

Causa	Medidas	Ejemplo
Contaminación por DAR	-Reducción de caudal -Tratamiento del drenaje	Taponeo de galería Neutralización en planta

• Disposición de relaves

Derrumbe y deslizamiento de relaves	-Control de seguridad, construcción y mantenimiento.	Construcción de relavera de acuerdo a normas nacionales
Contaminación agua infiltrada	Reducción de caudal y mejora de calidad de agua infiltrada	Construcción de sistemas de drenaje, recubrimiento de suelo y vegetación.
	Tratamiento de agua infiltrada	Instalación de planta de tratamiento.

Tomado de: Efluentes mineros
Grace Huertas J. Oct 2015

Monitoreo

- El monitoreo permite detectar descargas de contaminantes en aguas superficiales y subterráneas y tomar medidas para prevenir o reducir sus efectos.
- **Factores** a tomar en cuenta en programas de monitoreo:
 - Estudios de línea base y antecedentes del medio
 - Características de los desechos de mina
 - Tipo y características de los depósitos de desechos
 - Clima, geología, hidrología, hidrogeología del lugar
 - Posibles vías de migración

POSICIONES DE MONITOREO UNA UNIDAD MINERA



Tomado de: Efluentes mineros
Grace Huertas J. Oct 2015

Indicadores de desempeño ambiental para Recursos hídricos (Global Report Initiative, Febrero 2005):

Agua

EN5: Consumo total de agua

EN20: Fuentes de agua y ecosistemas afectados

EN21: Extracción anual de agua superficial y Subterránea

EN22: computo total de agua reciclada y reutilizada.

Emisiones y vertidos

EN12: Vertidos al agua de importancia por tipo

EN13: Vertido de sustancias químicas

Gracias !!



Sunset en Laguna Suches a 4500 msnm, Perú