

# **LOS RESIDUOS MINEROS: LOS DIQUES DE COLAS**

**Lic. Roberto Sarudiansky**

**Centro de Estudios para la Sustentabilidad**

**Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

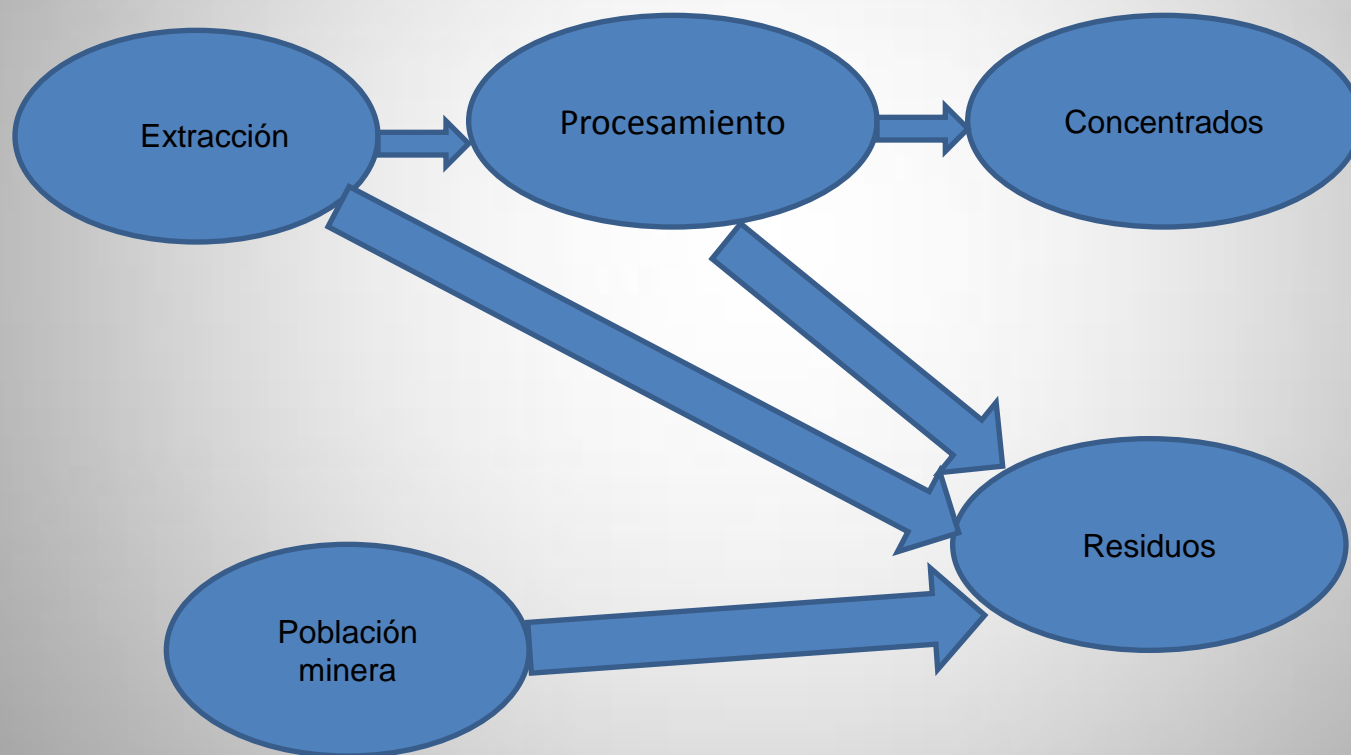
La minería, los minerales y los metales son importantes para el desarrollo económico y social de muchos países. Los minerales son esenciales para la vida moderna

Plan de Implementación - Cumbre sobre Desarrollo Sostenible-  
Johannesburgo, 2002

# EL CICLO MINERO

- Minería: búsqueda, extracción, procesamiento y comercialización de sustancias minerales
- Ciclo de vida: producción, uso, re-uso, reciclado y disposición final en el ambiente
- El tema a desarrollar involucra la disposición final de los residuos de la extracción y el procesamiento de minerales.

# Los residuos de la actividad minera



# Clasificación de los residuos

- Los provenientes estrictamente de la actividad extractiva que por no poseer contenidos valiosos en los minerales contenidos no han sido sometidos a ningún proceso de concentración
- Los provenientes de los procesos de concentración aplicados a los minerales extraídos
- Los provenientes del asentamiento humano

# Residuos de la actividad extractiva

- Son residuos sólidos cuya composición es la prácticamente la misma que tenían antes de ser extraídos pero que carecen de interés económico
- Se los acumula en grandes pilas: depósitos de estériles o escombreras
- Los desmontes de minas son los que provienen de la construcción de las labores necesarias para acceder y explotar el yacimiento (galerías, piques, rampas, entre otros)

# Residuos del procesamiento de minerales

- Los residuos provenientes del procesamiento de minerales se conocen como colas, relaves o jales (tailings)
- Si los residuos son sólidos (en forma de “ripios”) pueden acumularse como escombreras
- Si los residuos son lodos o una mezcla líquida de materiales finos, son transportados a presas o depósitos mediante ductos, ya sea por gravedad o con ayuda de bombeo. Estas presas se denominan diques de cola

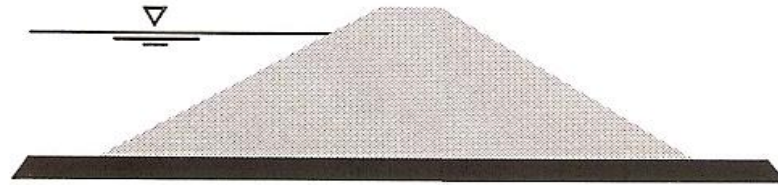
# Los diques: usos

- Disponer de agua para consumo humano
- Disponer de agua para consumo industrial
- Disponer de agua para riego
- Controlar crecidas
- Navegación
- Protección de márgenes
- Generación Eléctrica
- Turismo, Esparcimiento y Recreación
- Piscicultura
- Contención de aluviones
- Almacenar colas mineras

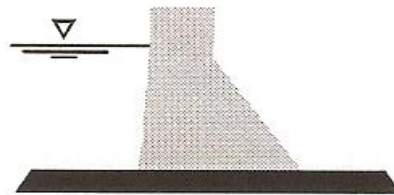


# Tipo de diques

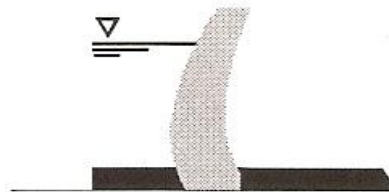
- En función de los materiales de los diques pueden ser:
  - De materiales sueltos
  - De hormigón
- En función de la forma de transmisión de la sobrecarga, los diques pueden ser:
  - De gravedad (su propio peso resiste el empuje)
  - En arco o en bóveda (su propia forma resiste el empuje)



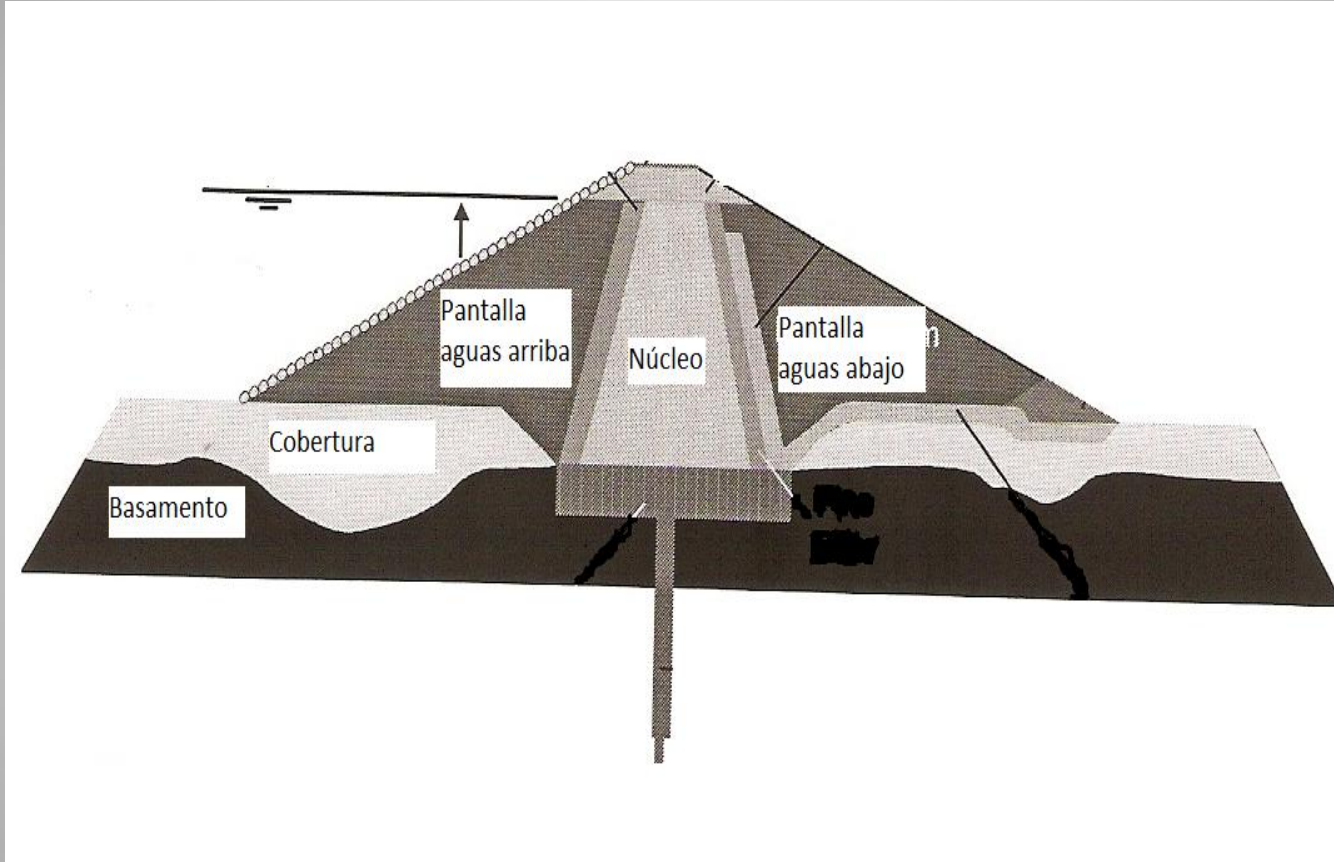
GRAVEDAD - MATERIALES SUELTOS



GRAVEDAD - HORMIGÓN



EN ARCO O EN BÓVEDA



# Los diques de colas: caracterización

- Las colas se encuentran en forma de lodos o de una mezcla líquida de materiales finos
- Un dique de colas se desarrolla a lo largo de la vida útil de un yacimiento o, más precisamente, mientras se procesa mineral
- Las colas sufren un proceso de consolidación, que aporta:
  - aumento de sólidos que pueden ser almacenados en un volumen dado
  - eliminación de agua que puede ser reutilizada
  - disminución de posibles filtraciones
- Las colas, con el desarrollo de nuevas tecnologías y en función de los precios de los metales contenidos o nuevos usos de los minerales, pueden constituirse, a futuro, en un nuevo yacimiento

# Los diques de colas: caracterización (cont.)

- La superficie y capacidad de los depósitos se expande a medida que se lleva a cabo la producción minera: proceso continuo de construcción y atención permanente a las cuestiones de seguridad
- Los diques suelen construirse a partir de suelos naturales, de los materiales que se generan durante las actividades de extracción, e incluso con colas de depósitos preexistentes o los mismos que se están generando en las operaciones
- La geometría de las presas varía dependiendo de la topografía del lugar
- La forma en que se depositan las colas en las presas influye de manera importante en su comportamiento y en la constitución de capas con diferente grosor de partículas y humedad

# Los diques de colas: caracterización (cont.)

- Caminos de acceso
- Transporte de colas (ductos)
- Sistema de distribución de colas
- Recirculación de agua hacia la planta
- Diques y terraplenes
- Cuenco o depósito de las colas
- Instrumental de monitoreo



Foro Minería y Sociedad  
San Juan, 14 y 15 de octubre de 2010







# Los diques de colas: riesgos

- Ruptura
  - Fallas constructivas
  - Mantenimiento inadecuado
  - Desastres naturales que superen las previsiones constructivas
- Contaminación
  - Está directamente relacionada con los contenidos de las colas y se produce por filtraciones verticales u horizontales y por ruptura

# Los diques de colas: riesgos (cont.)

- Impactos en la salud y seguridad
- Impactos ambientales
- Impactos económicos

# Los diques de colas: gestión de riesgos

- Análisis de riesgos
- Valoración de riesgos
- Prevención de riesgos

# Aspectos a considerar en la selección de un emplazamiento

- Características químicas y físicas
- Volumen
- Potencial de generación de ácidos
- Características de los efluentes
- Geología
- Hidrología
- Clima
- Riesgo sísmico
- Percepción del público
- Legislación y regulaciones

# Los diques de colas: monitoreos

	Investigación / Diseño del Emplazamiento	Construcción	Operación	Funcionamiento o a Largo Plazo
Nivel de Agua Subterránea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• piezómetros</li> </ul>			
Temperatura (regímenes permafrost)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• termocuplas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• termocuplas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• termocuplas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• termocuplas</li> </ul>
Profundidad de Congelación (construcción de núcleos de diques en etapas)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• indicador de profundidad de congelación (Azul Metileno)</li> </ul>		
Percolación/Erosión Interna (cavidad cilíndrica vertical)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• aliviaderos</li> <li>• piezómetros</li> <li>• visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aliviaderos</li> <li>• piezómetros</li> <li>• visual</li> </ul>
Asentamiento		<ul style="list-style-type: none"> <li>• piezómetros</li> <li>• agrimensura</li> <li>• extensómetros</li> <li>• visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• piezómetros</li> <li>• agrimensura</li> <li>• extensómetros</li> <li>• visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• visual</li> </ul>
Estabilidad		<ul style="list-style-type: none"> <li>• piezómetros</li> <li>• agrimensura</li> <li>• inclinómetros</li> <li>• medidor de fisuras</li> <li>• visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• piezómetros</li> <li>• agrimensura</li> <li>• inclinómetros</li> <li>• medidor de fisuras</li> <li>• visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• visual</li> </ul>
Condición de Filtros y Desagües			<ul style="list-style-type: none"> <li>• piezómetros</li> <li>• visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• piezómetros</li> <li>• visual</li> </ul>

# Los diques de colas: el cierre de minas

- Remediación
- Drenaje permanente
- Monitoreos
- Control de drenaje ácido y de contaminantes
- Requerimientos de tratamiento a largo plazo







# Planes de emergencias: objetivos

- Garantizar seguridad
- Minimizar el potencial de destrucción
- Reducir la magnitud de impactos ambientales
- Posibilitar la identificación y aplicación de medidas correctivas urgentes
- Reducir tiempos y costos de recuperación
- Mejorar el desempeño de las personas involucradas

# Inventario de diques de colas

- Empresa concesionaria
- Minerales que se extraen
- Antecedentes técnicos y económicos
- Capacidad de producción
- Procesos aplicados
- Caracterización de las colas
- Ubicación
- Accesos y sistemas de comunicación
- Poblaciones cercanas, habitantes y distancias
- Cuenca hidrográfica
- Fisiografía del área
- Aspectos ambientales
- Aspectos sociales
- Proyectista
- Constructor
- Año de habilitación
- Tipo de presa
- Esquema de obra
- Altura de presa
- Cota de Coronamiento
- Longitud de coronamiento
- Capacidad de embalse
- Superficie de embalse
- Tipo de fundación
- Tipo de aliviadero
- Capacidad del aliviadero
- Cota del monolito de la cresta
- Conducción de las colas
- Cámara de salida
- Equipamiento Hidromecánico
- Auscultación
- Esquema de Obra
- Estructura de Captación
- Restitución
- Derivación
- Estructuras Auxiliares

# Consideraciones finales

- Para el manejo de un dique de colas se necesita un equipo específico multidisciplinario: ingenieros, geólogos, químicos, biólogos, etc.
- Más allá de la inversión inicial en la construcción, el dique de colas tiene que necesita de una inversión permanente durante toda la operación minera y, aunque de menor envergadura, luego del cierre de minas.
- El presupuesto de operación, mantenimiento y control de un dique de colas es relevante en el marco de los presupuestos anuales.
- Las actividades de control son múltiples: en el embalse, en los ductos, en los terraplones, aguas bajo, etc.

# Recomendaciones

- Normativas y controles para el diseño, construcción, operación, cierre y pos cierre
- Clara definición del rol de las empresas, el gobierno y las comunidades en todo el ciclo de vida de un dique de colas
- Formación de profesionales y técnicos para integrar los equipos necesarios para diseñar, construir, operar, cerrar y controlar diques de colas



# Muchas gracias

[ceps@unsam.edu.ar](mailto:ceps@unsam.edu.ar)

[www.unsam.edu.ar](http://www.unsam.edu.ar)