

## LA PROBLEMÁTICA DE LOS DRENAJES ACIDOS EN EL SECTOR MINERO

En la búsqueda de la sustentabilidad de la actividad minera, es decir, realizar la extracción de minerales en forma eficiente y minimizando los impactos asociados a la explotación del recurso. Surge la necesidad de atender el problema de la generación de aguas ácidas, durante la etapa de operación y cierre de faenas mineras.

Ello ha conllevado a que exista en la actualidad, una demanda creciente por la predicción, control y tratamiento de Drenaje Acido (DA). Entiendo los DA como escurrimientos de soluciones sulfatadas ácidas, provenientes de minas, acumulaciones de esteriles, minerales, y relaves.

Existe una tarea compleja en la predicción de DA, que se relaciona con los factores mineros, hidrogeológicos y geológicos, por lo que se hace necesario evaluar cada predicción caso a caso.

En la mayoría de los casos, el DA presenta contenidos significativos de metales disueltos, derivados de la oxidación química y biológica de minerales sulfurados, y de la lixiviación de metales pesados.

El DA se caracteriza por un pH bajo, acidez creciente y alcalinidad decreciente en función del tiempo, son generadas aguas con concentraciones elevadas de sólidos disueltos totales, fierro, metales y sulfatos. Cuando el DA es aireado, se generan manchas café rojizo sobre los cauces y canales, impactando las comunidades aguas abajo.

### LABORATORIO DE TEST AMBIENTALES

AAIR pone a disposición del sector de la industria minera un conjunto de test (procedimientos, análisis, etc), que tienen relación directa con la evaluación y la predicción de DA.

Entre ellos pueden mencionarse :

- Caracterización Mineralógica preliminar de Rocas, minerales o relaves
- Desarrollo de test estáticos
- Desarrollo de test cinéticos

### TEST CARACTERIZACIÓN MINERALOGICA

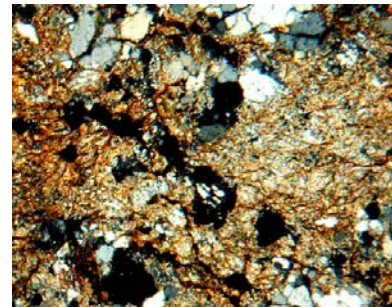
Dentro de este tipo de test deben incluirse al conjunto de procedimientos analíticos, destinados a proporcionar una caracterización previa de la

composición del material dispuesto, ya sea como ripio, estéril, relave o la roca misma. Entre ellos pueden incluirse:

### Descripción Macroscópica y Microscópica Petrográfica de Rocas

En este tipo de análisis, se recurre a la técnica de microscopía óptica, y se realiza una descripción de la mineralogía primaria y secundaria de la muestra, en donde es posible precisar la estructura, la textura, la formación de la roca mediante la identificación de los constituyentes principales, y además, se obtiene una huella fotográfica de la lente microscópica.

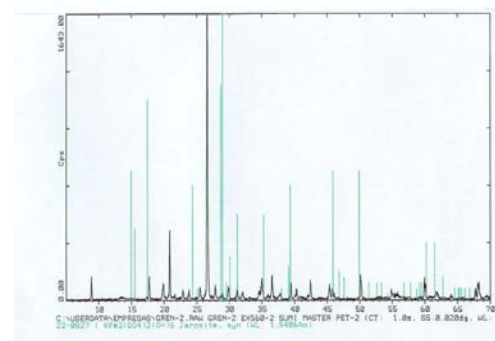
Este tipo de análisis permite establecer posteriormente la coherencia de los resultados de las pruebas estáticas y cinéticas.



Vetillas finas de limonita que cortan una roca

### Descripción Mineralógica de Tipo Cuantitativa, Rayos X

Este tipo de análisis permite cuantificar de manera porcentual (%), la presencia de distintas especies mineralógicas. Para ello se recurre a la interpretación de Difractogramas de rayos X, en donde, mediante el empleo de un difractómetro, con radiación característica conocida, y el empleo de un Monocromador de Grafito (rango de barrido de 5° - 70°), es posible precisar los porcentajes de unos y otros constituyentes de interés mineralógico.



Difractograma de una Muestra de Roca Esteril de Botadero

### Descripción Mineralógica de Tipo Cuantitativa, Whole Rock

Este tipo de prueba recurre al uso de difracción de Rayos X, y la fusión de tetraborato de litio, se entrega la presencia mineralógica en porcentajes (%), y posee un límite de detección más fino, hasta 1%. Este tipo de prueba considera la identificación de 8 tipos de óxidos.

### Descripción Mineralógica de Tipo Cuantitativa, Recuento de Puntos

En este caso se prepara una probeta sobre la cual se incide luz de lectura, que permite identificar las distintas especies mineralógicas, y que pueden ser leídas como puntos. Proporciona una distribución cuantitativa de tipo porcentual, y es recomendada para polvos.

### Caracterización de Especies Metálicas en Roca y/o Muestras

En este caso se recurre a la caracterización de las especies metálicas presentes en la roca, o en otro tipo de muestra (por ejemplo, polvo o relave). Dicha estimación puede ser realizada por ICP/OES o ICP/masa. Esta última presenta un límite de detección más fino.

## TEST AMBIENTALES DE TIPO ESTATICOS

Dentro de todas las pruebas que son necesarias llevar a cabo para predecir el impacto de los Drenajes Ácidos (DA), se encuentran los denominados test estáticos. Estos test se desarrollan a objeto de proveer de la información base necesaria, referida al potencial de generación de ácido de determinadas muestras. Así es posible establecer el balance entre las especies minerales que producen ácido (sulfurosos) y aquellas que lo consumen (carbonatos, hidróxidos, silicatos, y arcillas).

### Test ABA, Determinación de Balance Acido Base

En este tipo de test se cuantifica el pH en pasta (se realiza la conductividad en forma simultánea), con dicha determinación se obtiene una evaluación preliminar del pH in situ, y la reactividad inmediata de los minerales sulfurados y la capacidad de los neutralizadores de acidez presentes en la muestra. También, es posible precisar el potencial de acidez por medio del contenido de azufre total (Leco), sulfato y azufre sulfuro. En este se reporta el potencial de neutralización y contenido de carbonato.

Parámetros	Unidades	Resultado
------------	----------	-----------

NP (Potencial Neutralización)	Kg Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /ton	<1
Azufre Total	%	0.02
NNP (Potencial neto de Neutralización)	Kg Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /ton	<1
pH (1:2)	pH	6.4
AP (Máximo Potencial de Acidez)	Kg Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /ton	0.6
Sulfato Total	%	0.02

Presentación Resultados Test ABA

### Test NAG, Determinación de Generación Neta de Acidez

En este tipo de test se cuantifica la cantidad neta de ácido que se genera, por cada tonelada de roca o material dispuesto, es decir, se determina si el potencial de producción de ácido es mayor a su potencial de consumo.

### Test SPLP, Procedimiento de Precipitación con Lixiviación Sintética

Este test, también conocido EPA 1312, permite apreciar la capacidad de disolución de un total de 34 metales, ello mediante el desarrollo de una lixiviación ácida (simula la lluvia ácida), en donde se determina la dinámica de los analitos de tipo inorgánicos en los materiales de desecho.

## TEST AMBIENTALES DE TIPO CINETICOS

Estas pruebas de tipo geoquímicas, someten a las muestras a variables de intemperismo simuladas en laboratorio, y permiten predecir las velocidades de reacción para la etapa de disolución de metales como para la neutralización y generación de ácido y lixiviación. Ello, es de extrema utilidad cuando se desea definir el inicio de las acciones de control sobre el DA.



Las pruebas cinéticas, permiten predecir con más exactitud las tasas de neutralización y oxidación.

Entre las pruebas cinéticas de mayor recurrencia se encuentran: frasco de agitación, de extracción, celdas húmedas, columna de humedad, lixiviación en columna, y parcelas de prueba de campo.

### Test de Celdas Húmedas

En este tipo de pruebas se busca predecir la calidad del agua de drenaje de rocas y botaderos, tanto en el corto como en el largo plazo.

Para ello se toma una muestra representativa del total del depósito o de la mina, a la que se le somete a un ciclo de experimentación de 7 días, con ingreso a la muestra de aire seco (de manera forzada) y otro, de aire húmedo. Luego se provoca una lixiviación durante el séptimo día, la que posteriormente se somete a análisis por especies metálicas ya sea por técnica ICP/OES o bien, ICP másico.

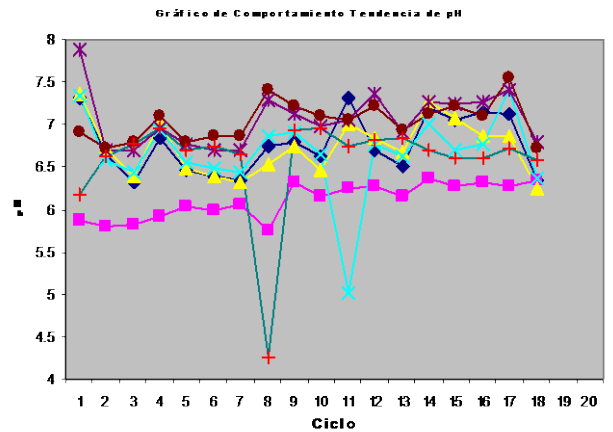
Lo usual es que previo al desarrollo del test de celda se realicen pruebas de caracterización mineralógica, test de Whole Rock, ABA, ICP metales.

Una vez que se alcanza el último ciclo de la celda en cuestión, se procede a desarrollar una caracterización química de toda la muestra resultante



Test Celdas Húmedas

Lo importante a considerar en el uso de este tipo de test ambiental, es que pueden provocarse importantes ahorros a nivel operacional, debido al uso de recursos de predicción de DA a escala de laboratorio, con un nivel de exactitud bastante confiables.



pH en Celdas Húmedas en Muestras de Esteril

AAIR pone a disposición del sector minero, sus capacidades, instalaciones y equipamiento de última generación, como también la experiencia de sus profesionales, para el desarrollo de simulaciones de alta complejidad, y pruebas específicas de laboratorio, a objeto de predecir las condiciones en la generación de Drenajes Ácidos.

De igual forma ponemos nuestra experiencia a su servicio, para la evaluación de sitios de disposición de relaves, botaderos y pruebas de inertización y control de Drenajes Ácidos.