

# CLASIFICACIÓN SELECTIVA AUTOMATIZADA DE MINERALES (ORE SORTING)



Izquierda: Equipo Ore Sorting. Derecha: esquema conceptual equipo ore sorting en minería: alimentador vibratorio, sensores, procesamiento de datos y eyector de aire producto/descarte.

resolución requerida. Un algoritmo decide que roca se eyecta dependiendo de las mediciones detectadas y los criterios de selección. El sistema puede usar eyectores de aire, agua o medios mecánicos para separar las partículas seleccionadas.

En la clasificación de minerales de roca dura, se utilizan sensores que miden la transmisión de rayos X en una roca individual, propiedad que disminuye en los minerales con mayor número atómico; como también, en las rocas más gruesas. El efecto del espesor puede ser reducido usando un sistema dual de detección de la energía de rayos X. La diferencia entre los números atómicos es la base de la separación de las rocas, lo que se ve reflejado en su densidad relativa.

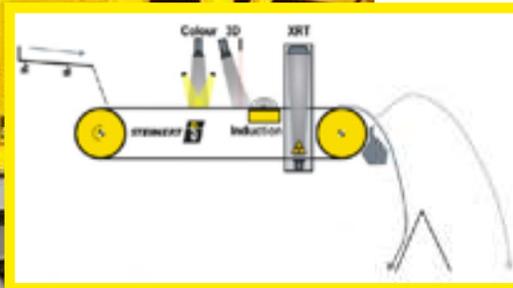
Existen también proveedores que destacan por su capacidad para combinar múltiples sensores (XRT, color, 3D, conductividad) en un mismo equipo de ore sorting mejorando su desempeño para distintos minerales, especialmente aquellos de mayor complejidad. La capacidad del clasificador, medida en toneladas por hora, depende principalmente de la cobertura de la monocapa de rocas en la correa, velocidad de la correa, tamaño y densidad de la roca.

Otra variable a tener en cuenta en la clasificación es la energía consumida por el sistema eyector. El aire comprimido es

La aplicación de la tecnología "ore sorting" en la minería consiste en la selección de las rocas que contienen mineral mediante el análisis y procesamiento automático de sus propiedades y la separación de mineral y estéril mediante eyectores de aire comprimido.

Todo sistema de clasificación de minerales automatizado contiene cuatro

componentes principales: sistema de alimentación, sensores, procesamiento de datos y eyector. El sistema de alimentación dispone las rocas en una monocapa sobre una correa transportadora a velocidad sobre 2.5 m/s; las rocas deben tener suficiente separación entre ellas para permitir su detección y eyección. Hay diferentes sensores disponibles para la clasificación, pero su elección depende del tipo de mineral, tamaño de las rocas y



el sistema de eyección más común por la gran rapidez de los actuadores y el mínimo impacto sobre las rocas. En este aspecto, existe una relación entre el aire de soplado y la presión utilizada que dependerá de las características del material y aplicación. El aire de soplado requerido para las rocas pequeñas es menor que el requerido para las rocas grandes, pero al mismo tiempo aumenta la cantidad de soplidos; y por lo tanto, la energía requerida por tonelada eyectada aumenta exponencialmente a medida que se reduce el tamaño de las partículas.

En la actualidad existen equipos capaces de seleccionar en el rango de 100 toneladas por hora, lo que es dependiente de las propiedades del material y características de la aplicación. Si se desea clasificar flujos mayores se pueden instalar equipos en paralelo.

## BENEFICIOS ESPERADOS EN LA MINERÍA

La clasificación de minerales es una tecnología que puede abordar muchos de los desafíos que enfrenta actualmente la industria minera de roca dura. Durante muchos años, la tecnología de clasificación ha sido vista como un nicho de aplicación que carecía de la capacidad de producción requerida para una adopción generalizada por parte de la industria minera. Los recientes desarrollos en sensores y capacidad de procesamiento de datos han hecho que la selección de minerales sea una solución viable para muchos de los desafíos de la industria minera.

La clasificación de minerales es claramente una tecnología que ofrece efectos positivos significativos y tiene el potencial para revolucionar el modo en que se diseñan y operan los circuitos de procesamiento de minerales, y en consecuencia, como se evalúan los nuevos recursos y reservas mineras.

En el pasado, la mayoría de las plantas de procesamiento mezclaban los minerales



Imagen referencial: Planta Ore Sorting para oro en Namibia con equipos en paralelo.

para obtener una alimentación promedio. Ahora vamos en la otra dirección. Queremos utilizar la heterogeneidad del yacimiento a nuestro favor; cuanto menos mezcla podamos hacer en estos procesos de clasificación selectiva de minerales, mejor serán los resultados del negocio minero.

Extendiendo estos beneficios aún más, clasificar toda la alimentación extraída de la mina (ROM, por su sigla en inglés) tiene impactos económicos altamente escalables que se manifiestan aguas arriba y aguas abajo del equipo de clasificación del mineral:

- Reduce la ley de corte haciendo viables planes mineros alternativos, extendiendo la vida útil de la mina.
- Aumenta la valoración de la mina debido al aumento de los recursos y reservas mineras.
- Reduce los costos de transporte de mineral ROM y crea la oportunidad de contar con material de relleno en minas subterráneas.
- Reduce los costos de capital, operación y de mantenimiento de la conminución.
- Reduce la producción de relaves y aumenta la capacidad de las instalaciones de relaves existentes.

- Reduce los consumos específicos de agua, energía y reactivos.
- Aumenta la ley del mineral ROM, la recuperación de metales y mejora el desempeño de las plantas de procesamiento de minerales.
- Genera posibles flujos de ingresos mediante la venta de áridos de desecho.

## CASO MINA SAN RAFAEL DE PERÚ

La mina San Rafael de la compañía Minsur de Perú, principal productora de estaño de Sudamérica, aplica desde el 2016 la tecnología del ore sorting para preconcentrar desmontes con leyes bajo la ley de corte en una planta de 3600 toneladas diarias. Para tal efecto, se emplean sensores de transmisión de rayos X que identifican las inclusiones de estaño en las rocas y las separan con eyectores neumáticos, aumentando la ley promedio de 0,6% a 2,76%, con recuperación del 90,4% y reduciendo el producto a un 20%. En el proyecto se invirtieron US\$24 millones con un período de recuperación de la inversión de 4 meses.

## CASO MINA DE COBRE EN EL SUROESTE DE ESTADOS UNIDOS

LA CLASIFICACIÓN SELECTIVA AUTOMATIZADA O SORTING SE BASA EN LA MEDICIÓN, CON ALGÚN TIPO DE SENSOR, DE UNA PROPIEDAD YA SEA QUÍMICA Y/O FÍSICA QUE DIFERENCIA LOS MATERIALES VALIOSOS DE LOS DE DESECHO. ESTA TECNOLOGÍA SE APLICA ACTUALMENTE EN INDUSTRIAS MUY DIVERSAS COMO LA SELECCIÓN DE FRUTAS, EL PROCESAMIENTO DE CHATARRA METÁLICA, CLASIFICACIÓN DE DIAMANTES, ESMERALDAS Y PERLAS, ENTRE OTROS.



Imagen Referencial. Planta Piloto de Ore Sorting en Sudáfrica.

Especialistas del Orchard Material Technology de Estados Unidos y la empresa proveedora de equipos de clasificación automática Steinert de Alemania, realizaron una evaluación económica de la alternativa de instalar ore sorting en una mina de cobre en el suroeste de EE.UU.

La mina estudiada usa dos molinos semiautógenos (SAG) para procesar 1200 toneladas por hora de mineral extraído, cuya descarga es tamizada enviando la fracción de bajo tamaño al molino de bolas y posterior flotación; y el material rechazado por sobre tamaño, es enviado al chancador para ser retroalimentado a los molinos SAG. En este caso, el circuito de material de sobre tamaño (denominado "pebbles") tiene un flujo de 300 t/h y es un candidato ideal para la clasificación de minerales. En operaciones típicas, el circuito de pebbles reciclado representa el 10-15% de la alimentación al circuito de molinos SAG; sin embargo, en esta mina es una cifra mayor lo que disminuye la

producción de la planta. Una motivación importante para investigar la utilización del ore sorting es eliminar problemas de cuellos de botella en la planta.

Considerando una inversión para una planta de ore sorting de 300 t/h de US\$ 10 millones, una ley de cobre de los pebbles de 0,45% y un precio del cobre de US\$ 2 la libra, los especialistas antes indicados determinaron que el período de retorno de la inversión es de 19,3 meses para el escenario que considera una tasa de rechazo del 30% de la corriente de pebbles y de sólo 11,3 meses para el escenario de una tasa de rechazo del 60%.

### DESARROLLOS FUTUROS EN LA MINERÍA CHILENA

En el contexto del programa tecnológico FutureSmart Mining de Anglo American, mina El Soldado está realizando pruebas industriales de bulk ore sorting, tecnología complementaria al ore sorting la cual caracteriza y separa el material en un

tramo de la correa transportadora. Se pensaba obtener un aumento del 5% en la ley de la cabeza, pero de hecho se ha obtenido alrededor del 20%, y teniendo en consideración que esto está en sus primeras etapas.

Por otra parte, empresas de la mediana minería nacional se encuentran desarrollando pilotos industriales de ore sorting con el objeto de aumentar la ley media del mineral desde botaderos históricos, y de este modo, reducir el transporte de mineral a la planta, con la consiguiente reducción del consumo de combustible y disminución en las emisiones de gases efecto invernadero.

Un aspecto clave para el desarrollo futuro de ore sorting y su aplicación industrial es la colaboración entre las empresas mineras, proveedoras y de ingeniería, de modo que los proveedores diseñen y trabajen la sensibilidad de los sensores que será específica a cada yacimiento minero para aumentar la eficiencia y capacidad de los clasificadores; que las empresas mineras sean receptivas a un nuevo paradigma de innovación en los procesos mineros; y que las empresas de ingeniería diseñen nuevos circuitos de procesamiento de minerales que aprovechen las potencialidades de los clasificadores de minerales. La economía de esta innovación tecnológica es el terreno común que comparten las empresas mineras, proveedoras y de ingeniería./BM

\*Este artículo ha sido elaborado en colaboración con la empresa chilena Tecnología de Transporte de Minerales, especialista en soluciones de sorting de minerales.