

Bloque 2. SOFTWARE Y PAQUETES DE SIMULACIÓN

2.1 Modelización de plantas de tratamiento de minerales

La fragmentación de partículas, denominada también como conminución (del latín “conminutio” o reducir de tamaño), tiene los siguientes objetivos:

- Liberar especies para poder concentrar
- Adecuar el material (tamaño) para un proceso o máquina de tratamiento
- Adecuar el material (tamaño) a las especificaciones del “mercado” (caso de los áridos)

Habitualmente no es posible alcanzar en una sola etapa los objetivos de reducción de tamaño entre la entrada y salida del material, siendo necesario recurrir a varias etapas.

Etapas de fragmentación/conminución

Entrada (Alimentación)	Etapas	Salida (Producto)
D100 > 500 mm	Trituración primaria	d100 < 300 mm
D100 < 400 mm	Trituración secundaria	d100 < 80 mm
D100 < 80 mm	Trituración terciaria	d100 < 6 mm
D100 < 6 mm	Molienda	d100 < 2 mm

D100 (F100): Tamaño máximo del material de alimentación

d100 (P100): Tamaño máximo del producto obtenido

Etapa	Máquinas de conminución
Trituración primaria	Giratoria Mandíbulas simple efecto Mandíbulas doble efecto (poco frecuente) Impactor de eje horizontal Rodillos dentados
Trituración secundaria	Mandíbulas simple efecto (sólo en plantas pequeñas) Cono Impactor de eje horizontal Rodillos dentados
Trituración terciaria	Cono Impactor de eje horizontal Impactor de eje vertical (molinos lanzadores)
Molienda gruesa	Impactor de eje vertical (molinos lanzadores) Molinos centrífugos de eje horizontal con rotos de jaula Molino rodillos alta presión
Molienda fina	Molinos barras/bolas Molinos de medio guiado Molinos de remolienda

A la hora de diseñar una planta de tratamiento de minerales resulta fundamental conocer las razones de reducción máxima que nos pueden ofrecer los respectivos equipos para el material que se va a alimentar.

Hay que tener en cuenta que una mayor o menor razón de reducción, ajustada con el reglaje, gap o cierre de la boca de descarga, va a afectar al tonelaje horario tratado en cada unidad. El diagrama de flujo debe diseñarse sin cuellos de botella o elementos que puedan generar problemas de disponibilidad o que afecten seriamente a la eficiencia del conjunto.

Si bien a través de pruebas de laboratorio y piloto se pueden obtener valores precisos de razón de reducción y caudal en función de la dureza y características intrínsecas de cada mineral, existen tablas de referencia y ábacos de fabricantes que nos ofrecen rangos y valores adecuados para hacer un diseño preliminar de la planta.

Principales características de las trituradoras

	Machacadora mandíbulas	Giratoria Cono	Impactor horizontal	Impactor vertical	
				con placas impacto	con caja piedras
Razón de reducción	3-5	2-5	5-15	2-5	1-1,5
Consumo de energía/tonelada	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto
Producción finos	Baja	Media	Media/ Alta	Media/ Alta	Media/ Alta
Cubicidad	Baja	Buena	Buena	Excelente	Excelente
Coste inversión	Medio/ Alto	Medio/ Alto	Bajo/ Medio	Bajo/ Medio	Bajo/ Medio
Coste desgaste €/tonelada	Bajo	Medio	Alto	Alto	Medio/ Alto

Rangos de funcionamiento de los molinos con cuerpos moledores libres

Molinos con cuerpos moledores libres		
Barras	Bolas	Autógeno
Alimentación: <ul style="list-style-type: none"> • 12-40 mm Producto: <ul style="list-style-type: none"> • 0,5-3 mm Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • L/D = 1,5-2,5 (Lmín > 1,25 D) Características molienda: <ul style="list-style-type: none"> • Poca dispersión granulométrica Velocidad de giro: <ul style="list-style-type: none"> • 70-75 % Vc % Sólidos en peso: <ul style="list-style-type: none"> • 75% ($\rho \approx 2,6$) Acción de las barras: <ul style="list-style-type: none"> • Cizalla, atrición e impacto Razón de reducción: <ul style="list-style-type: none"> • Variable media 	Alimentación: <ul style="list-style-type: none"> • < 25 mm (3 mm) Producto: <ul style="list-style-type: none"> • 0,010 (10 μm) - 0,3 mm Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • L/D = 1-2 Características molienda: <ul style="list-style-type: none"> • Mayor dispersión granulométrica Velocidad de giro: <ul style="list-style-type: none"> • 70-75 % Vc % Sólidos en peso: <ul style="list-style-type: none"> • 60% ($\rho \approx 2,6$) Acción de las barras: <ul style="list-style-type: none"> • Atrición e impacto Razón de reducción: <ul style="list-style-type: none"> • Variable alta (hasta 500) 	Alimentación: <ul style="list-style-type: none"> • -- Producto: <ul style="list-style-type: none"> • -- Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • L/D = 1/2,5 -1/5 Características molienda: <ul style="list-style-type: none"> • -- Velocidad de giro: <ul style="list-style-type: none"> • 70-85 % Vc % Sólidos en peso: <ul style="list-style-type: none"> • 60% ($\rho \approx 2,6$) Acción de las barras: <ul style="list-style-type: none"> • Impacto y atrición Razón de reducción: <ul style="list-style-type: none"> • Variable media

La molienda autógena se utiliza en la preparación de materias primas en las cementeras, para la fabricación de arenas artificiales, escorias metalúrgicas, y minerales de cobre, plomo, cinc, y sobre todo hierro. A veces se utiliza para baritina, fosfato y rocas de amianto.

En una operación minera, los procesos de conminución y reducción de tamaño corresponden a la etapa que necesita de los insumos más importantes, destacando el consumo de energía. Tal como se aprecia en las tablas de Hukki y Blanc dicho consumo expresado en unidades de energía (kWh) por tonelada de mineral tratado, aumenta considerablemente con la dureza y finura de los productos tratados/obtenidos.

Energía consumida en las operaciones de conminución (Hukki)

Etapa	Rango granulométrico	Consumo energía kWh/t
Arranque con explosivos	≥ 1 m	--
Trituración Primaria (machaqueo)	1 m – 100 mm	0,35
Trituración Secundaria	100 mm – 10 mm	0,60
Trituración Terciaria (molienda gruesa)	10 mm – 1 mm	1,6
Molienda	1 mm – 100 μ m	10
Molienda fina	100 μ m – 10 μ m	> 25
Micronización	10 μ m – 1 μ m	75

Energía consumida en las operaciones de conminución (Blanc)

Etapa de Conminución	Tipo de roca	Consumo energía (kWh/t)
Trituración Primaria	Blanda	0,15 - 0,25
	Media	0,25 – 0,5
	Dura	0,5 – 0,75
Trituración Secundaria	Blanda	0,75 - 1,25
	Media	1,25 - 2
	Dura	2 - 3
Molienda Gruesa	Blanda	3 - 5
	Media	5 - 7
	Dura	7 - 10
Molienda Fina	Blanda	10 - 17
	Media	17 - 25
	Dura	25 - 40

En la tabla siguiente se representa el rango habitual de los materiales tratados y la eficiencia aproximada del proceso de reducción de tamaño en cada caso.

Rango de tamaños habituales & Eficiencia energética aproximada de los equipos de reducción de tamaño

Dispositivo	Rango tamaño (mm)	Eficiencia aprox. (%)
Explosivos	≥ 1.000	70
Trituradora Giratoria	1.000 - 200	80
Trituradora de Cono	200 - 20	60
Molino Autógeno/Semi-Autógeno (AG/SAG)	200 - 2	3
Molino Rodillos	20-5	7
Molino Bolas	5-0,2	5
Molino Remolienda	0,2-0,001	1,5
Molino Rodillos Alta Presión (HPGR)	20-1	20-30

El enfoque de la simulación describe el comportamiento previsto para la instalación, cuya precisión será mayor con los conocimientos adquiridos a través de pruebas de laboratorio, ensayos en plantas piloto y ajustes con el funcionamiento real de la planta.

Tipos de circuito abierto/cerrado:

Una máquina de conminución (trituradora o molino) y un clasificador pueden trabajar de dos formas diferentes, a saber:

- En circuito abierto: cuando el rechazo de los tamaños gruesos del clasificador no vuelve al triturador o molino.
- En circuito cerrado: cuando el rechazo del clasificador retorna al triturador o molino, garantizando un tamaño máximo del producto final

El objetivo fundamental de un circuito cerrado es garantizar la dimensión máxima del producto (d100) de salida, presentando además otras ventajas del tipo:

- Permite trabajar con mayor reglaje (menos cerrada en su descarga) para un mismo d100
- La máquina de conminución estaría menos forzada, resultando una mayor producción
- Se reduce la producción de sobretriturados (finos)

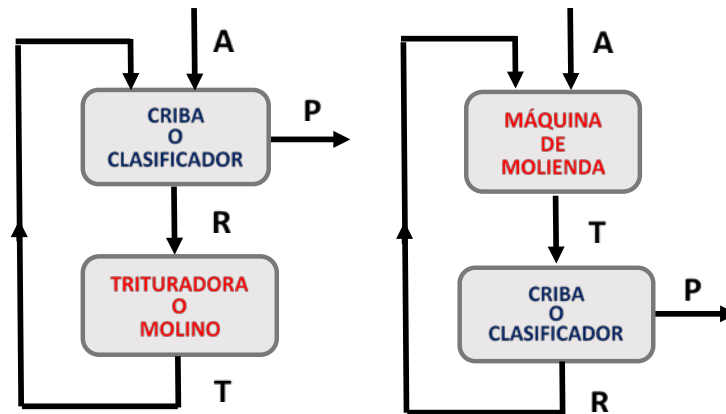
El circuito cerrado presenta como desventajas:

- El esquema se complica al necesitar uno o dos transportadores (cintas) adicionales para cerrar el circuito, y en algún caso tolva de regulación
- Supone un incremento en el coste de inversión (CAPEX) y del coste de operación (OPEX) de la instalación

Por lo tanto, el circuito cerrado habitualmente sólo se aplica para obtener un producto vendible o en la etapa final de una trituración o molienda.

Según la posición relativa de la máquina de clasificación con respecto a la de conminución el circuito será:

- Circuito cerrado con precibado
- Circuito cerrado con poscibado



Circuitos cerrados: Precibado (izda.) y Poscribado (dcha.)

Como regla general para el circuito cerrado se puede establecer una relación inicial para la modelización entre la abertura de la malla de cribado (m) y el reglaje de la trituradora, así como entre el tamaño del producto de salida del molino (d_{80}) y el tamaño de corte del clasificador (X_{50}).

La carga circulante (C_c) es el cociente en porcentaje (%) entre el retorno (R ó T) y la alimentación nueva (A), que llegan a la máquina de clasificación (en Precibado) o a la de conminución (en Poscribado).

Se expresa como:

$$C_c = 100 \cdot (R/A) \quad \text{ó} \quad 100 \cdot (T/A)$$

Una vez estabilizado el circuito, que en el entorno industrial puede requerir varias horas, y verificado mediante el tamizado de control de las muestras de los diferentes productos tomados a la entrada/salida de la trituradora o molino y de la criba o clasificador, el valor de la C_c suele ser:

- En trituración < 150 % (habitualmente entre el 50-100 %), aumenta al disminuir la razón de reducción
- En molienda < 500 % (habitualmente entre el 300-400%)

En trituración normalmente es muy poco usual un circuito cerrado en la etapa 1ª. Lo habitual es que el circuito cerrado esté en la última etapa de trituración (3ª) y en la

molienda, aunque en plantas de áridos puede haber también en la etapa 2ª, en el caso de que en ésta se obtengan productos vendibles.

Además del rendimiento de cribado de una operación, interesa conocer el valor de los desclasificados, que son las partículas finas de tamaño inferior a la malla de cribado que han quedado con los gruesos o rechazo.

Un valor normal de desclasificados estaría entre el 10-15 %. Este valor condiciona el rendimiento o eficiencia del cribado, siendo difícil o incluso imposible combinar un buen rendimiento con un valor bajo de desclasificados si el material a cribar tiene un elevado contenido de finos. Recíprocamente, alcanzar un bajo valor de desclasificados (D) exigiría trabajar con rendimiento superiores al 98%, siendo técnicamente imposible (exigiría una longitud de malla cuasi-infinita).

$$D = a \cdot (100 - pc) / (100 - (a \cdot pc / 100))$$

Siendo:

D: Desclasificados (%)

a: Contenido de finos (%), partículas < m (abertura malla de cribado)

pc: Rendimiento del cribado (%)

Tratamientos en vía seca/húmeda:

El tratamiento de los materiales se hace en seco o en húmedo dependiendo del origen y tipo de materia prima explotada, así como en función del esquema parcial o total establecido para la planta.

En vía seca el mineral tendrá un contenido bajo en humedad siendo tratado tal cual, mientras que en vía húmeda, se procede a su lavado con agua para eliminar arcillas, finos nocivos y otros contaminantes (orgánicos, sulfuros, etc.).

El desenlodado se utiliza para desagregar y separar las arcillas que acompañan al material (o roca) útil, añadiendo agua. Se emplean diversos aparatos dependiendo de la granulometría del mineral. Se aplica a minerales de aluvión:

- Caolines
- Arenas de feldespato y cuarzo.
- Gravas y arenas (áridos naturales)
- Otra aplicación: áridos reciclados (RCD: Residuos de Construcción y Demolición)

Los objetivos perseguidos son disminuir la humedad de los productos vendibles, la recuperación de agua (recirculación), y disminuir el volumen de estériles (arcillas).

En cuanto a las consecuencias derivadas se encuentran, la reducción de los costes de transporte, menores consumos de agua, menores costes de operación, reducción de vertidos, menor ocupación de terrenos, mayor duración de embalses o escombreras, y un menor impacto ambiental.

Lavado. Consumo de agua en el proceso de lavado

Aplicación & Dificultad	Fácil Lavado (m ³ /t)	Difícil Lavado (m ³ /t)
Arena y Grava	1,0	2,5
Áridos y Roca dura	0,5	1,0
Reciclado (RCD)	0,5	1,5
Todo-uno minero	0,2	1,0

Los hidrociclones se utilizan para la recuperación de finos de aguas de lavado:

- Consumo de agua: 1,5 – 3,5 m³/t
- Tamaños de recuperación: 0,02 – 0,25 mm

Permite recuperar finos de 63-30 µm que se pierden en los reboses de las norias y de los tornillos (< 150 µm).

Actuando en régimen de espesado se obtienen hundidos con 65-80 % de sólidos en peso, dependiendo de la concentración de la alimentación. Presión de trabajo 1 kg/cm².

Los decantadores pueden actuar como:

- Clarificador, cuando se busca un rebose con el menor contenido posible de sólidos
- Espesador, cuando se desea un hundido con el máximo porcentaje posible de sólidos

Con tanques de alta capacidad y utilizando floculantes se consigue un rebose clarificado que se puede recircular a la planta para su uso como agua de proceso y un hundido con un contenido en sólidos alto que se puede enviar a una balsa de lodos. El residuo generado se puede utilizar en la restauración de terrenos para uso agrícola, restauración de lagunas en graveras, o tratarlos en filtros prensa de placas verticales para aumentar la recuperación de agua.

La filtración es una de las etapas finales de la separación sólido-líquido (eliminación de agua) en una planta de tratamiento de minerales, que puede ser completado con un secado térmico.

Los filtros son equipos que constan de un dispositivo de succión o presión y una superficie perforada o porosa recubierta con una tela filtrante para permitir el paso del líquido y la retención del sólido.

La filtración va precedida de otra etapa de reducción de agua como el hidrociclado o el espesado. La reducción del contenido de agua se puede realizar mediante presión o succión (vacío o depresión). Los productos obtenidos son una torta (cake) o sólido con una humedad que depende de la finura del sólido y del tipo de filtro, el líquido con un bajo contenido de partículas de sólido, y un condensado líquido procedente de una suspensión en aire (niebla) en los filtros por succión.

Variables y parámetros de simulación:

La dureza de una roca no es la definida por la escala de Mosh, siendo la resistencia que opone a la compresión o molienda. El comportamiento a la dureza es un condicionante técnico, que depende del tipo de máquina. A mayor dureza, mayor índice de Bond (Work Index: Wi) y por lo tanto mayor consumo de energía.

Comportamiento de las máquinas a la dureza y abrasividad:

- Trituradoras giratorias: Muy Bueno. Mandíbulas D E: Excelente. Mandíbulas S.E: Bueno. Se utilizan para materiales duros a muy duros y abrasivos.
- Trituradoras de impacto de eje horizontal: Bueno para materiales medios o semiduros. Tienen alto consumo de acero (hasta 10 veces más que el de una trituradora de mandíbulas).
- Trituradoras de rodillos dentados: Aptas para materiales blandos a medios. No recomendables para rocas abrasivas.
- Conos: Muy bueno para materiales duros a muy duros y abrasivos.
- Impactores de eje vertical de estator con placas: Bueno para materiales semiduros a duros. Tienen alto consumo de acero.

- Impactores de eje vertical de estator con “caja de piedras”: Bueno para materiales semiduros, y medio para duros. Tienen alto consumo de acero.

Pegajosidad producida por la presencia de arcillas y humedad (gravas y a veces calizas). Comportamiento de las máquinas a la pegajosidad:

- Giratorias y Conos: Muy malo
- Mandíbulas: Malo
- Impactores de eje horizontal: Medio a Malo
- Impactores de eje vertical: Malo
- Trituradoras de rodillos dentados: Muy Bueno

Las especificaciones más importantes que pueden verse afectadas por el comportamiento de las máquinas de conminución son:

- Tipo de roca
- Tamaño máximo de alimentación y distribución granulométrica
- Dimensión del reglaje (condiciona el tamaño de salida y porcentaje de finos)
- Razón de reducción. Depende del tipo de máquina y de cómo se controla la operación
- Cubicidad (coeficiente de forma)

La curva granulométrica del producto de salida y el % de paso por la malla de reglaje son datos que habitualmente proporcionan los fabricantes de maquinaria.

Calculada la potencia absorbida se obtiene la potencia motriz aplicando un coeficiente de mayoración cuyo valor está comprendido entre 1,3 y 2 según el tipo de máquina.

El cribado tiene como objetivos obtener un producto de un tamaño máximo y/o mínimo determinado, eliminar los finos previos a una etapa de conminución, eliminar los gruesos de un producto.

El cribado puede hacerse, teóricamente entre 200 mm y 35 micras. Industrialmente el campo es más restringido, por el lado de los tamaños finos, dependiendo del sistema

de cribado en seco o en húmedo y del contenido en arcillas del mineral o roca. Para los áridos se utiliza el cribado en seco para rocas de cantera y en húmedo para materiales de graveras.

Las cribas pueden ser, según su funcionamiento:

Estáticas

- Parrillas fijas

Precibado 25-250 mm; inclinación 45° (rocas y minerales); económicas y sencillas; pérdida de altura; imperfección y riesgo de obstrucción.

- Rejillas

Para pulpas; aberturas 0,1-4 mm; desarrollo 45°-60°; económicas; alta capacidad; huecos 17-40 %; imperfección.

Dinámicas

- Trómeles

Baja capacidad específica de cribado; alto costo de mantenimiento; diámetro 0,6-2 m; Longitud 2-15 m; en vía húmeda para desenlodado + clasificación de áridos de graveras.

- Parrillas vibrantes

Vibración rectilínea; precibador 50-150 mm; pueden actuar como alimentador-extractor y precibador; mal comportamiento con productos húmedos y pegadizos.

- Cribas

- Rodillos de discos elípticos (precibadores)

Precibar 40 - 300 mm; para productos húmedos y pegadizos; máquina pesada y costosa.

- Sacudidas u oscilaciones

- Vaivén
- Resonancia

Criba horizontal; cribados gruesos o finos; gran longitud ($L \geq 4 A$) hasta $L = 8 A$; poco consumo de energía ($1/3$); mantenimiento cuidadoso y caro; inversión elevada (peso).

o Vibrantes

– Vibración lineal (perpendicular a la malla)

Cribas “Mogensen”; 5 tamices con aberturas de 2-10 veces la malla cribado; tamaños 0,1-100 mm; capacidad 5-10 veces criba convencional; pequeño volumen; productos secos o húmedos y pegadizos; menor potencia; imperfección.

– Vibración circular

Inclinación media 20° ($15-25^\circ$), 650-3.000 rpm; amplitud 2-15 mm, velocidad avance 0,5-0,8 m/s; anchura 0,5-2,5 m; longitud 1-3 veces la anchura; nº de bandejas 3 (excepcionalmente 4); campo de aplicación de 2-120 mm (incluso 200, 300 mm); accionamiento por contrapeso excéntricos (2 cojinetes) para trabajos ligeros, por eje excéntrico (2-4 rodamientos) para trabajos ligeros o pesados, por eje doble excéntrico (4 rodamientos) para trabajos pesados; sentido de giro concurrente-contracorriente; pérdida de altura; criba muy utilizada en áridos; sencilla y económica.

– Vibración elíptica o rectilínea (*)

Inclinación media $0-5^\circ$ (máx. 10°), cribado aprox. $< 40-50$ mm (máx. 80 mm); poca altura; agotadora de agua; más pesada (50%); más cara (50%) y más potencia (doble) que una criba circular.

** Con este tipo de movimiento (rectilíneo) hay también aparatos precribadores*

o Giro-cribas

2.2 Programas de simulación

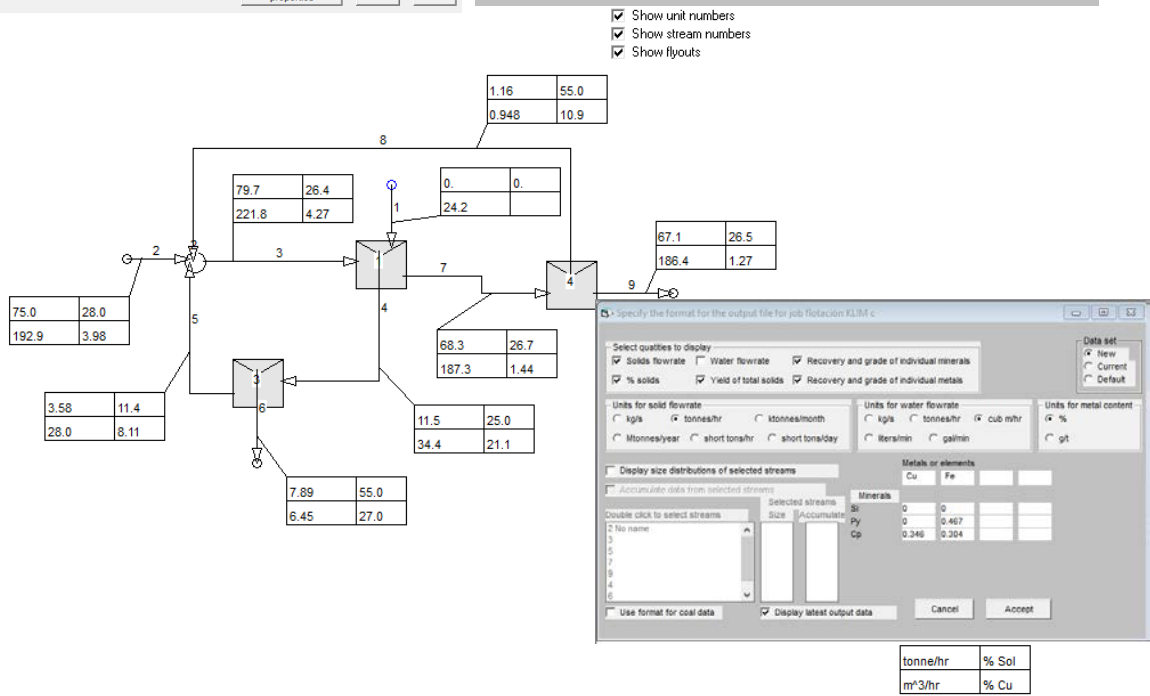
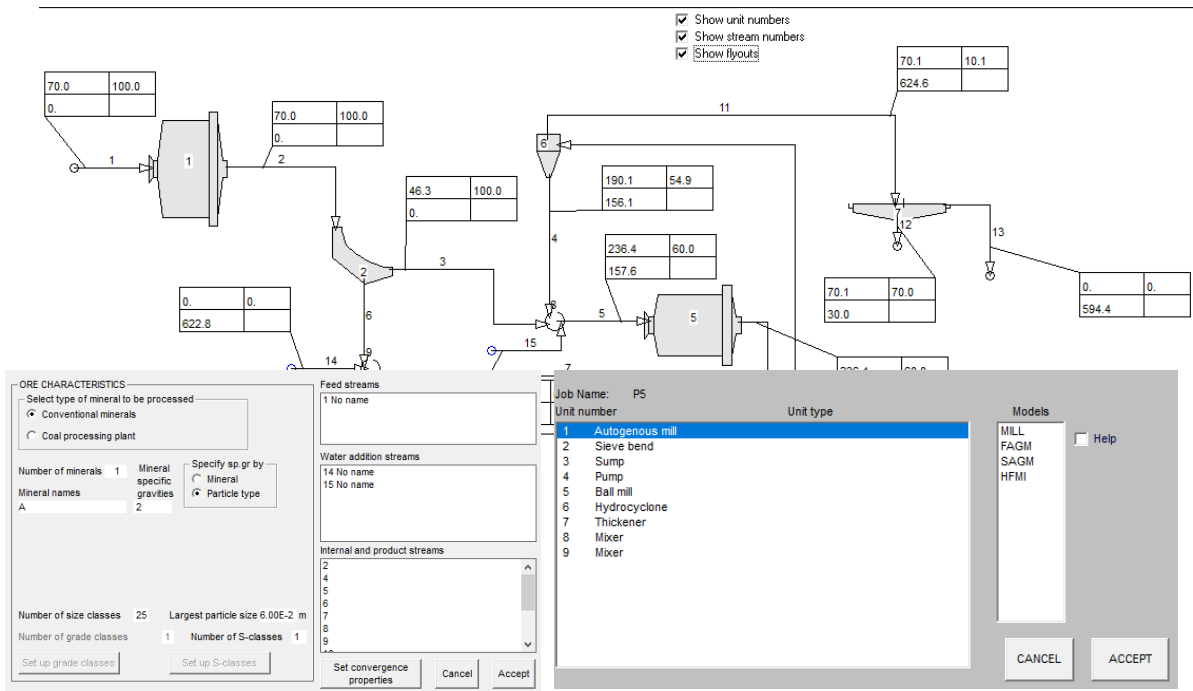
Modular simulator for ore dressing plants MODSIM es un software de simulación de plantas de procesamiento de minerales. El módulo principal del programa fue desarrollado por M. A. Ford (1979) como proyecto de tesis de doctorado, a partir de él se han ido añadiendo posteriormente módulos adicionales.

Este programa tiene la capacidad de calcular la composición y distribución del flujo de material en cada unidad de proceso.

Ofrece numerosos datos de salida como la distribución del tamaño de partícula, el balance parcial y total del contenido de agua y sólido, así como la composición del material sobre el total de la planta. Incluye detalles del proceso en cada parte del diagrama de flujo y un informe de los cálculos que se han obtenido en cada unidad de la planta.

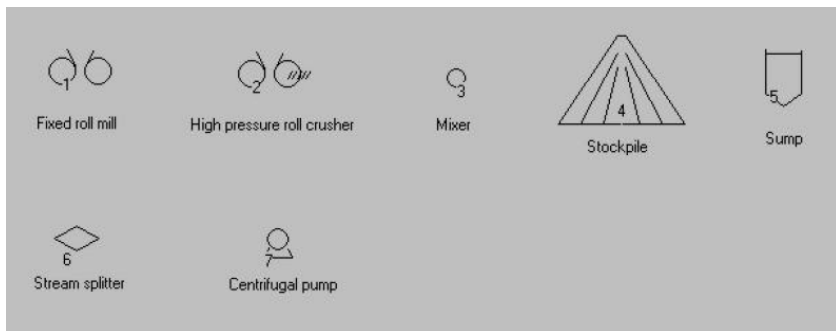
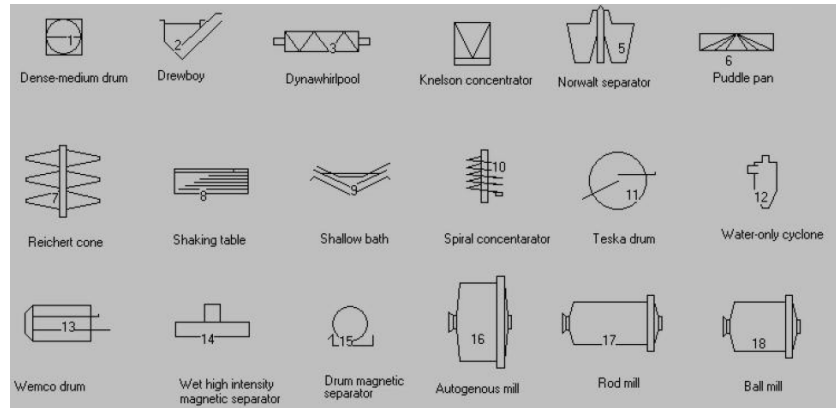
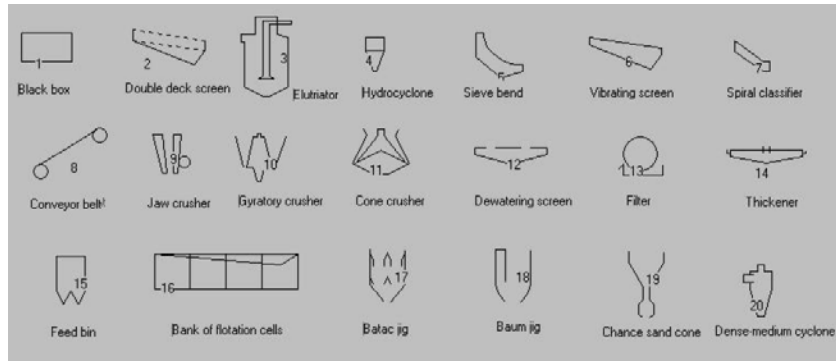
Entre las ventajas del uso de MODSIM se pueden destacar:

- Fácil de usar
- Ofrece datos de la maquinaria más utilizada en el mercado, incorporando una serie de variables predefinidas
- Permite modificar el diagrama de flujo en el momento de realizar el esquema de la planta y su posterior simulación
- Permite obtener los datos y las curvas granulométricas de equipos y etapas de una forma fácil y rápida
- Proporciona un número ilimitado de unidades (maquinaria) y flujos por diagrama de procesamiento
- Se pueden modificar y trabajar con diferentes sistemas de unidades (internacional, británico, etc.).



tonne/hr	% Sol
m ³ /hr	% Cu

Asistente del programa MODSIM



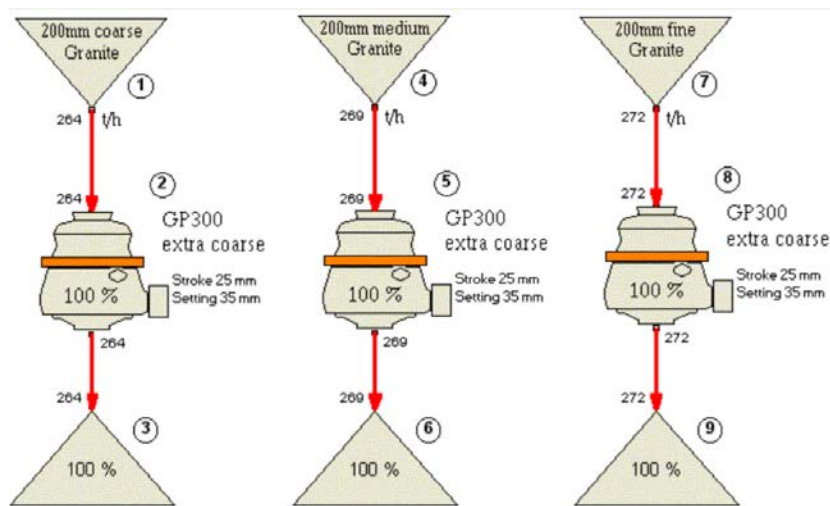
Unidades de procesamiento en circuitos de simulación con MODSIM

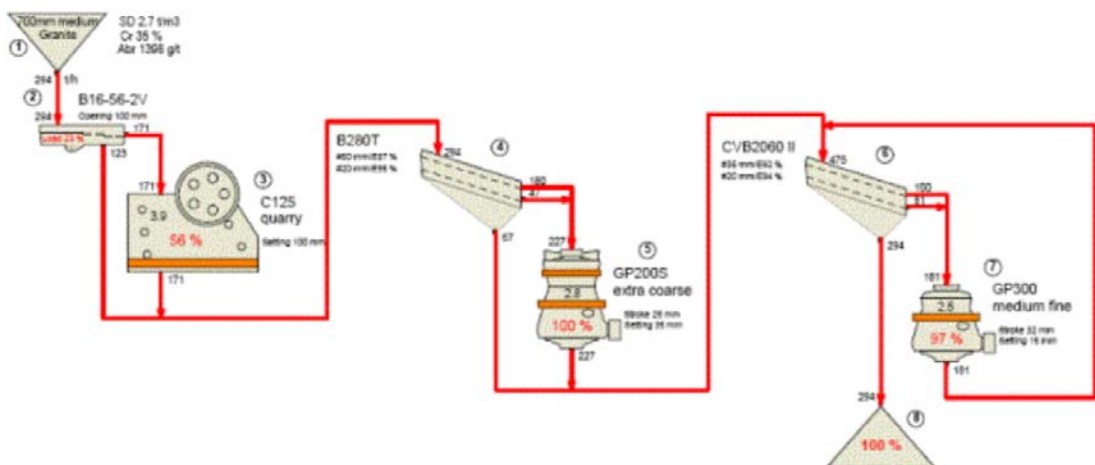
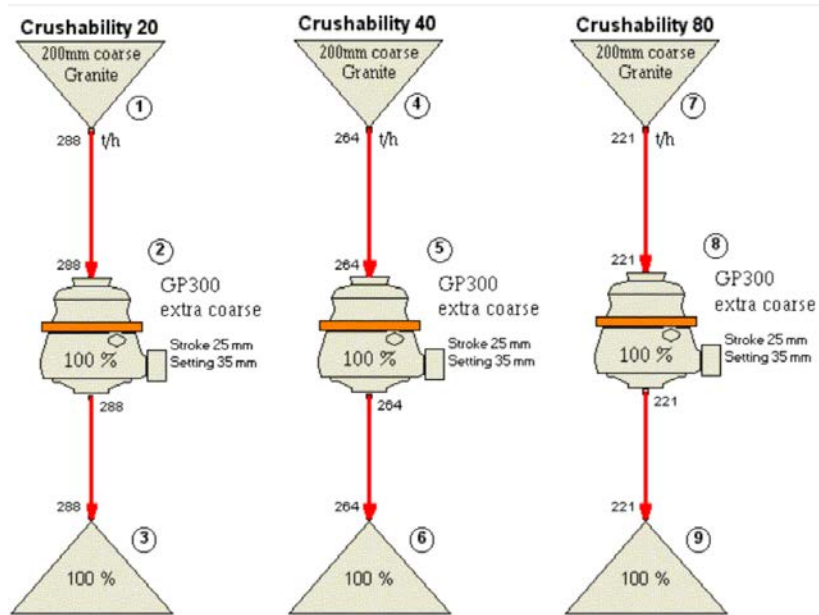
El software BRUNO de METSO es una herramienta de simulación intuitiva diseñada para modelar y optimizar procesos de producción de agregados. Incluye todos los equipos necesarios de Metso, como alimentadores, trituradoras y cribas, permitiendo a los usuarios ingresar datos básicos del material de alimentación y de la maquinaria para predecir el rendimiento del proceso.

Facilita la evaluación de cambios en el proceso sin incurrir en costos elevados, al permitir probar modificaciones y prever sus efectos antes de implementarlas en la planta real.

Rock characteristics

Rock type	Specific weight (t/m ³)	Compressive strength (N/mm ²)	Work index (kWh/t) Ave/Max.	LosA	Abrasion index Ai
Igneour rocks					
- granite	2.6-2.8	160-240	10/15	17-26	0.33-0.95
- diorite	2.6-2.9	170-300	13/18		0.35-0.87
- basalt	2.7-3.1	250-400	12/16	14-20	0.14-0.84
- diabase	2.5-3.0	180-250	10/14	19	0.23-0.88
Sedimentary rocks					
- sandstone	2.4-2.7	30-220	16/21	30	0.67
- limestone	2.1-2.8	100-220	8/12	30-41	0.01-0.3
- dolomite	2.3-2.8	80-180	4/6	30-41	0.04-0.28
Metamorphic rocks					
- gneiss	2.6-2.8	160-280	16/24	24	0.4-0.6
- amphibolite	2.9-3.0	170-280	14/20	16	0.32-0.75
- quartzite	2.4-2.7	150-300	10/15	17-50	0.72-1.1
Ores					
- copper ore	2.7-3.3	100-300	11/16		0.3-0.46
- nickel ore	3.3	240	12/14		
- magnetite ferro-chromium (HC cast)	2.5-4.8	100-360	6/11		0.2-0.68
	5-7	200-600			1





Esquemas del material de alimentación y etapas de proceso del programa Bruno

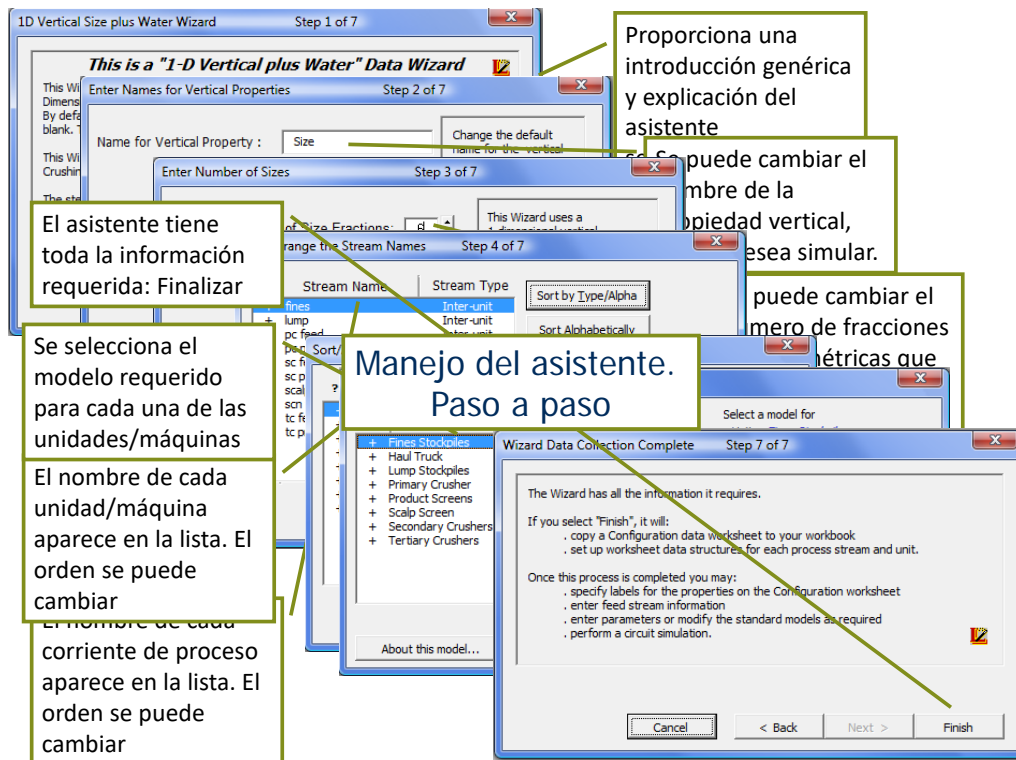
The Flowsheet Processor LIMN es un paquete de software creado por David Wiseman integrado en Microsoft Excel donde cada unidad de procesamiento constituye una hoja de cálculo. Dispone de un conjunto muy completo y detallado de modelos de equipos que el usuario puede utilizar para formar su planta de tratamiento dentro del entorno Excel.

Es un programa de simulación de procesos muy simple pero muy poderoso. Los usuarios pueden desarrollar sus propios iconos de unidad y personalizar la apariencia de los diagramas de flujo rápida y fácilmente.

Los diagramas de flujo (flowsheet) diseñados en Excel pueden convertirse y guardarse como imágenes JPG, o bien pegarse en un archivo Word o PowerPoint. El uso de los diagramas de flujo da una representación visual de un problema y la solución obtenida en cada simulación.

Tiene una potente y fácil funcionalidad de escenarios incorporados para la resolución de problemas, análisis de opciones, localización de cuellos de botella, análisis de sensibilidad y calibración del modelo para ajustarlo a los resultados de la planta.

Los asistentes de LIMN son fáciles de usar, siguen un procedimiento paso a paso para desarrollar un modelo/esquema de proceso desarrollado por el usuario. Cada uno de los asistentes tiene una biblioteca de modelos de las diferentes unidades (operaciones unitarias), todos ellos basados en lo que se consideran las mejores técnicas dentro del campo del procesamiento de minerales.



Asistente del programa LIMN

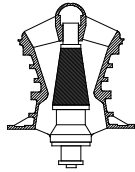
Las estructuras de los procesos realizados por el programa son fáciles de seguir e interpretar, permitiendo a los usuarios entender las simulaciones realizadas por otras personas, haciendo más fácil la distribución y retención del capital intelectual por las empresas.

Los usuarios son capaces de clonar y desarrollar sus propios modelos haciendo así LIMN más específico a sus necesidades y requerimientos individuales.

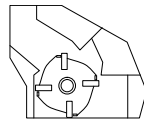
COMMINUTION



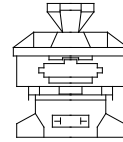
Jaw Crusher



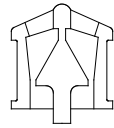
Gyratory Crusher



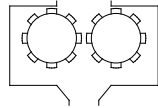
**Impact Crusher
(horizontal shaft)**



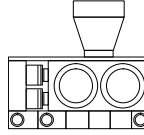
**Impact Crusher
(vertical shaft)**



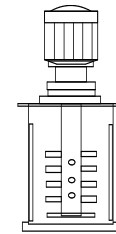
Cone Crusher



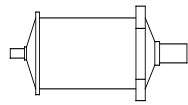
Roll Impactor



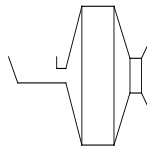
High Pressure Roll HPGR



Stirred mill

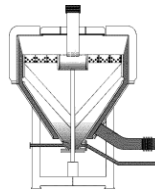


Rod/Ball Mill



Autogenous Mill (AG/SAG)

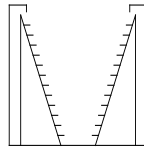
CLASSIFIER/SEPARATOR/CONCENTRATOR



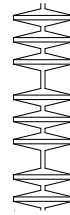
Jig



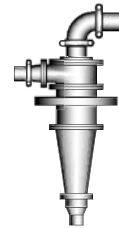
Spiral



Centrifuge



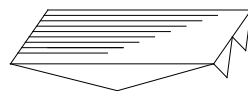
Cones



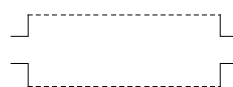
Hydrocyclone



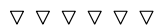
Akins Spiral



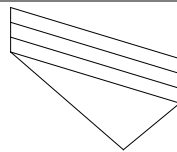
Shaking Table



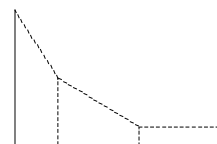
Trommel



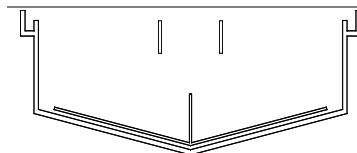
Grizzly



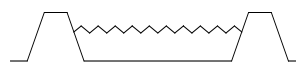
Screens



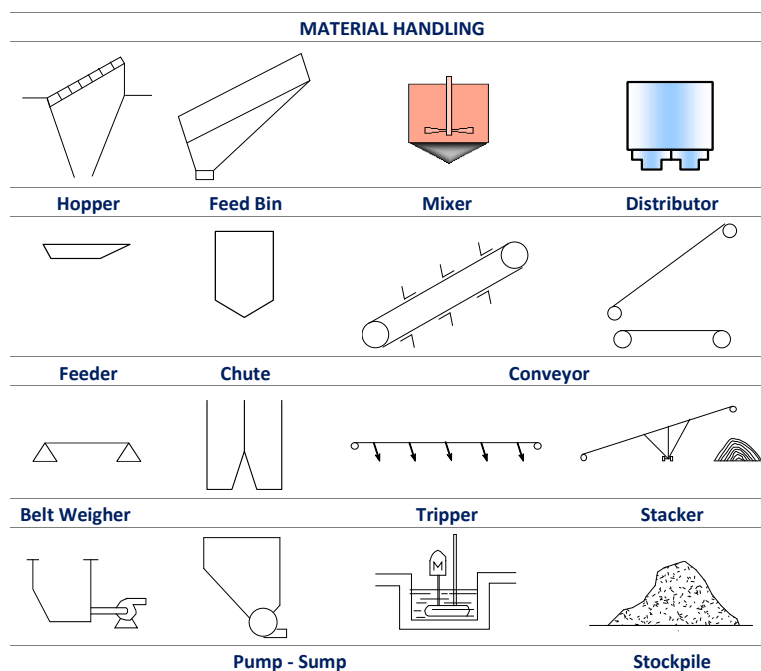
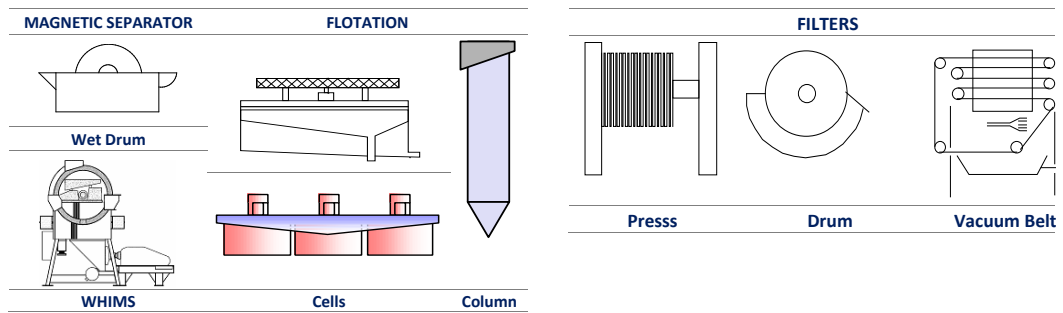
DEWATERING



Thickener



Tailing pond



Unidades de procesamiento en circuitos de simulación con LIMN

Software para el modelado, simulación, conciliación de datos, balance de materia, diagrama de flujo, dimensionamiento de equipos, cálculos económicos, ambientales y optimización de procesos.

Permite a los ingenieros de procesos dimensionar las operaciones y equipos de la planta utilizando los datos experimentales disponibles, así como determinar la configuración óptima que cumpla con los objetivos de producción.

Dependiendo del objetivo de la simulación y de los datos disponibles, se pueden utilizar diferentes modelos matemáticos para el cálculo de los equipos. Se calculan los datos de los flujos de salida a partir de los datos del flujo de entrada y de los parámetros de cálculo, como pueden ser tamaños de equipo, condiciones de operación, propiedades, parámetros de ajuste del modelo o simplemente criterios de rendimiento.

Archivo Ver Datos Cálculos Gráficos Resultados Configuración Ventana Ayuda

CONV:1

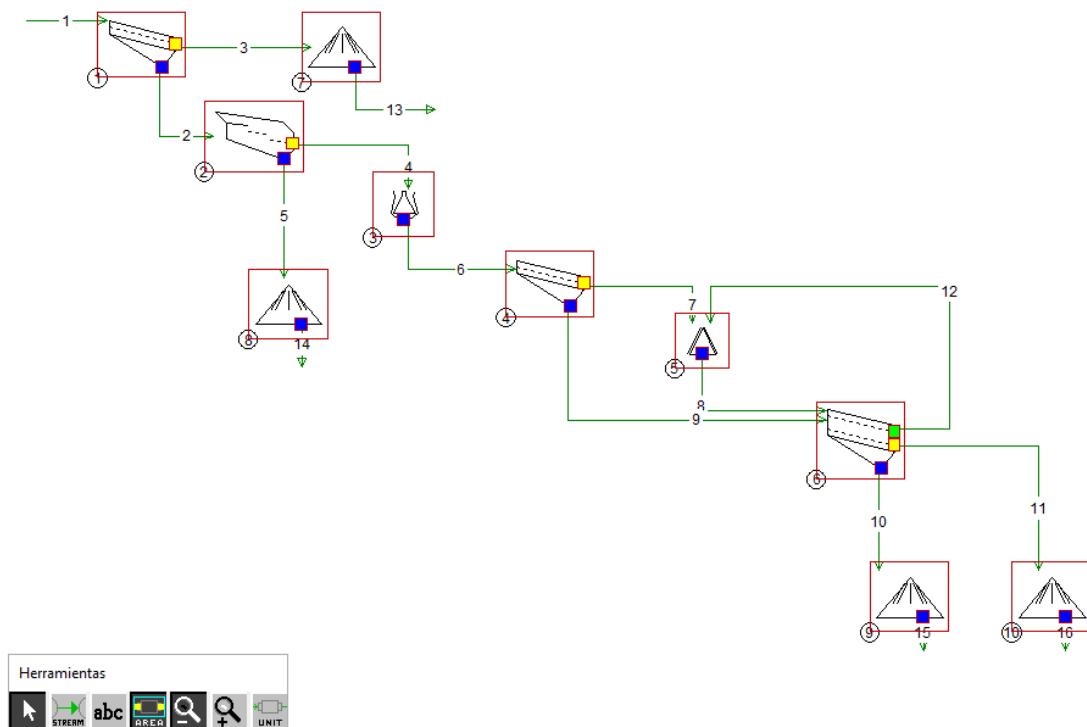
Circuito de la Planta del Proyecto: PLANTA GRANITO

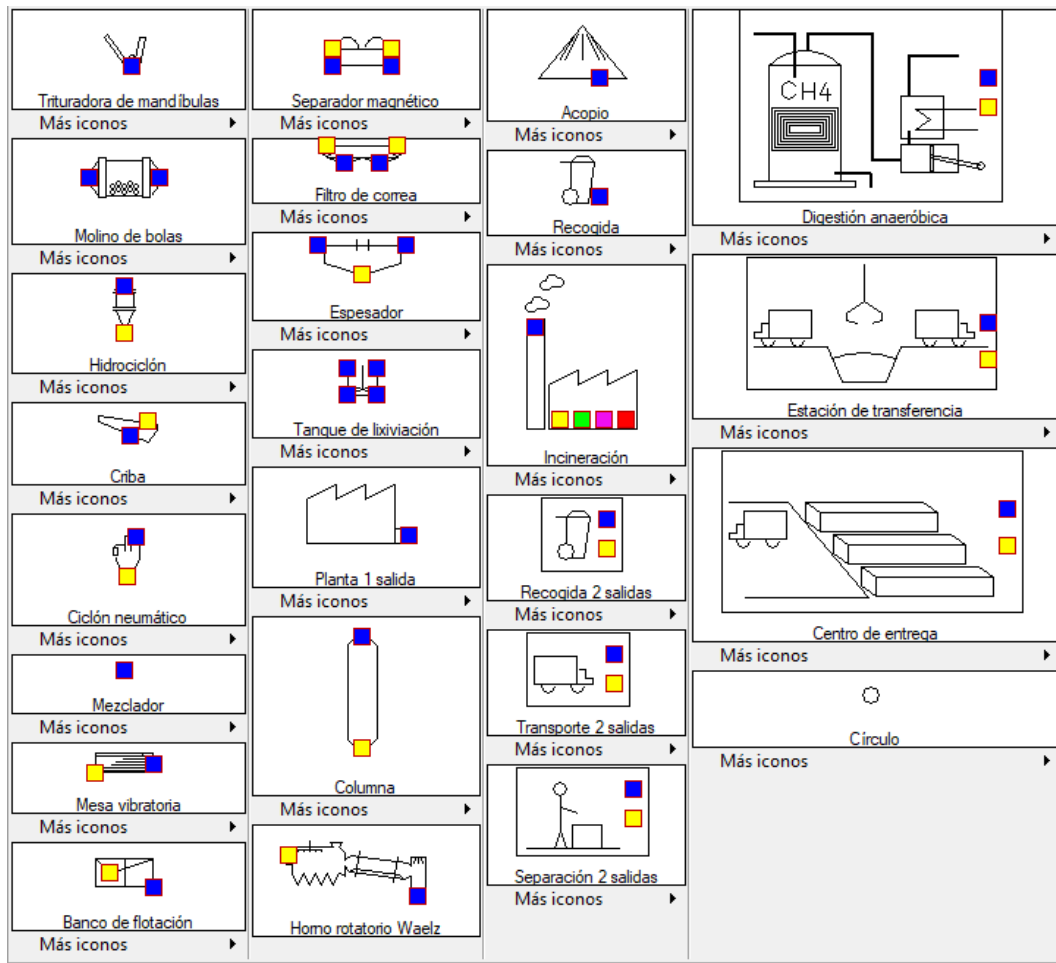
Parámetros	Valores	Unidad
Número de cribas en paralelo	1	
Ancho de la criba	2	m
Relación longitud / ancho	1.5	
Apertura de malla mínima para primera bandeja	80	mm
Diámetro del hilo de primera bandeja, 0 para ranuras o aperturas no cuadradas	16	mm
Apertura de malla mínima para segunda bandeja	50	mm
Diámetro del hilo de segunda bandeja, 0 para ranuras o aperturas no cuadradas	11	mm
Ángulo respecto la horizontal (grados)	10	
Porcentaje de sólidos en primer sobretamaño (%)	95	
Porcentaje de sólidos en segundo sobretamaño (%)	95	
Parámetros de ajuste		
Cálculo de área o eficiencia		

Mineral			
Flujo másico	514	tn	
Flujo volumétrico	190,37	m3/h	
Densidad	2,7	kg/dm3	

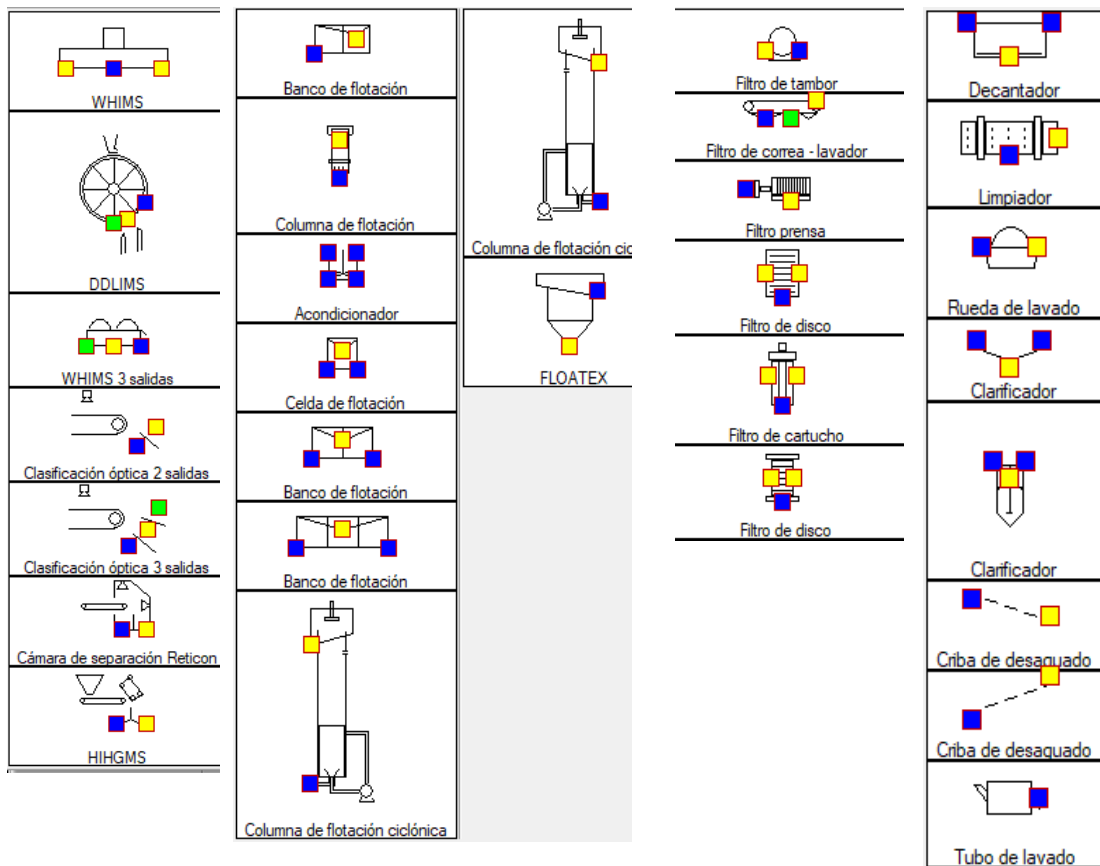
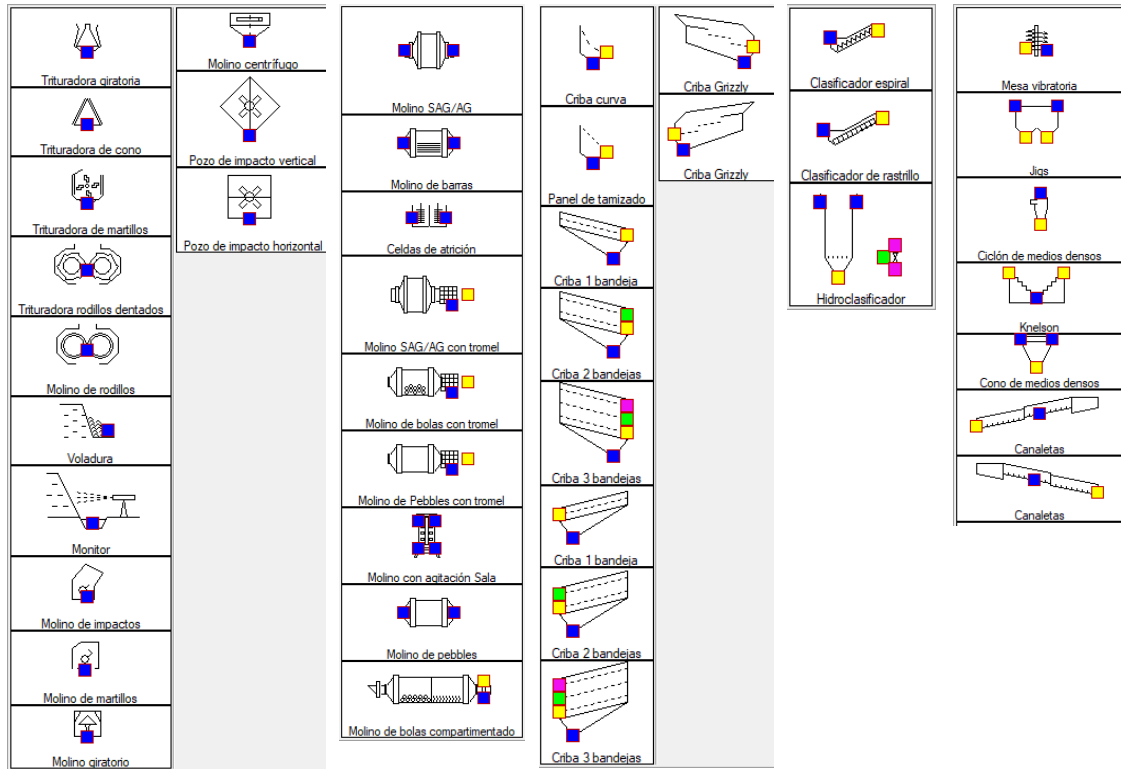
Ley del componente por malla				Componentes	
Distribución granulométrica				Mena	
Clases granulométricas	% Individual	% Pasante	% Retenido	%	
900 mm	5	100	0	100	
636 mm	5	95	5	100	
450 mm	8	90	10	100	
240 mm	8	82	18	100	

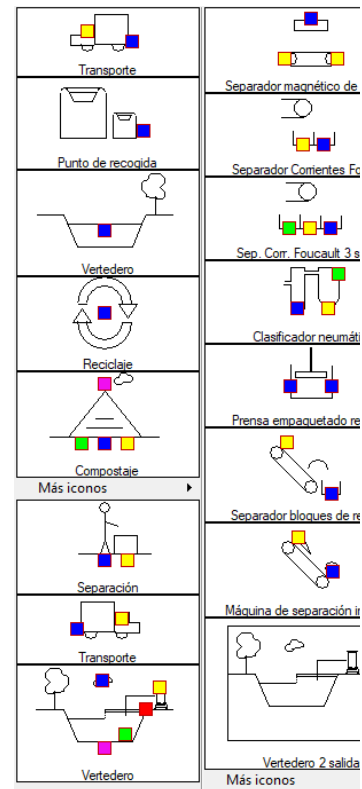
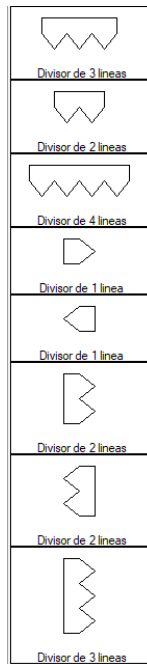
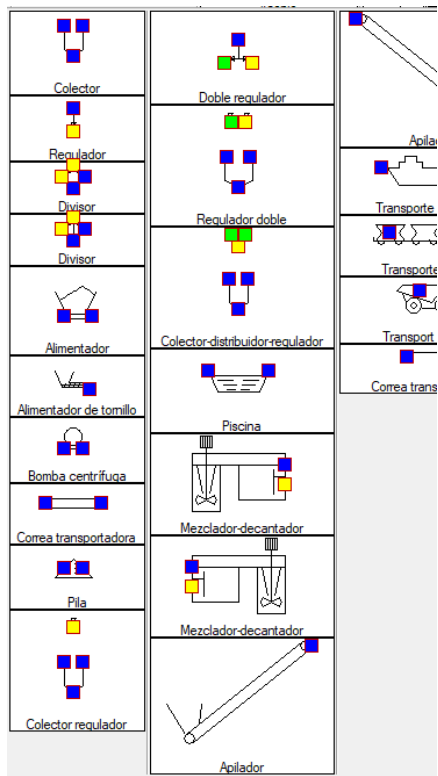
Circuito de la Planta del Proyecto: PLANTA GRANITO





Asistente del programa USIMPAC





Unidades de procesamiento en circuitos de simulación con USIMPAC