

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD

8.1. Introducción.

La separación por gravedad, que fue el método de concentración más importante hasta la década de 1920, se emplea actualmente para tratar una gran variedad de materiales que van desde los minerales metálicos (galena, oro, casiterita, cromita, pirita, blenda, etc.) hasta los carbones. Actualmente se van implantando estos equipos en procesos de clasificación de arenas, limpieza de materiales orgánicos, etc.

Estos métodos de concentración pasaron, a partir de la segunda mitad del siglo XX, a un segundo plano debido al desarrollo y eficiencia de los procesos de flotación que permitían un tratamiento más selectivo de las menas complejas de baja ley. Sin embargo la concentración por gravedad aún se prefiere en el tratamiento de menas de hierro, tungsteno y estaño, en la preparación de carbones y en el tratamiento de minerales industriales.

La concentración gravimétrica se puede emplear en etapas anteriores a la flotación para el beneficio económico de aquellos tamaños de mena, superiores a los manejables en flotación, que ya se encuentran liberados.

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

La separación por gravedad se puede aplicar siempre que exista una cierta diferencia de densidad entre las dos o más fracciones de minerales o rocas que se pretenden separar. La separación por gravedad cubre dos métodos diferentes:

- Separación en agua (concentración gravimétrica).
- Separación en medio denso (Denso Media Separation, DMS).

La fórmula para la Separación en Agua es:

$$\Delta\rho = \frac{\rho_{partícula\ pesada}}{\rho_{partícula\ ligera}} \quad (8.1)$$

y la fórmula para la Separación en Medio Denso (Ver Tema 10) es:

$$\Delta\rho = \frac{\rho_{pesado} - \rho_{medio\ denso}}{\rho_{ligero} - \rho_{medio\ denso}} \quad (8.2)$$

Donde $\Delta\rho$ = Diferencia en densidad.

El valor de $\Delta\rho$ nos indicará en grado de facilidad esperado en una separación gravimétrica según la siguiente tabla:

Tabla 8.1: Separación gravitatoria según $\Delta\rho$ (Según Metso Minerals).

Valor de $\Delta\rho$	Separación	Comentario
+ 2.50	fácil	Aplicable hasta tamaños hasta de 100 μm e incluso inferiores
1.75 - 2.50	posible	Aplicable hasta tamaños de partícula de 150 μm .
1.50 - 1.75	difícil	Aplicable hasta tamaños de partícula de 1700 μm .
1.25 - 1.50	muy difícil	Aplicable sólo para arenas y gravas.
< 1.25	no posible	

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

El movimiento de las partículas que se encuentra dentro de un fluido se va a ver afectado por su densidad relativa y por su tamaño. Factor, este último, que tiene mayor influencia en las partículas mayores. A causa del aumento de la eficiencia de la separación gravimétrica con el incremento del tamaño de partícula, se obligará a que las partículas se muevan dentro de un fluido bajo condiciones newtonianas (ver ley de Newton en el Tema 7) y se evitarán aquellas partículas pequeñas cuyo movimiento se ve condicionado por fenómenos de fricción superficial. Como conclusión a esta introducción, decir que en la separación gravimétrica hay que dar mucha importancia al control granulométrico, a través de intervalos relativamente estrechos de tamaños de partícula, para disminuir el efecto del tamaño de las partículas y conseguir que la separación de las mismas dependa en gran medida por su densidad relativa.

Tabla 8.2: Influencia del tamaño de alimentación en la selección del método de separación gravimétrica

Rango de tamaños de partícula en la alimentación (feed)	10 mm	1.0 mm 18 mesh 1000 µm	0.1 mm 140 mesh 100 µm	0.075 mm 200 mesh 75 µm	0.045 mm 325 mesh 45 µm	0.001 mm 1 µm
Concentración Gravimétrica y Clasificación por vía húmeda						
Jigs	▾					
Espiral (Spiral)		▾				
Mesas de sacudidas (Shaking Table)		▾				
Separador Multi-Gravedad (Multi-Gravity)			▾			
Separador de densidad (Density Separator)		▾				
Hidrociclones (Hydrocyclones)			▾			

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

8.2. Separadores Gravimétricos.

A lo largo de la historia del procesamiento de minerales, se han desarrollado numerosos equipos para llevar a cabo la separación de los minerales por gravedad (Richard, Taggart, etc.). Sin embargo, actualmente sólo un grupo de dichos equipos ha permanecido en activo en detrimento de los otros. Dichos equipos serán tratados en este tema y en los siguientes (Tema 9 y Tema 10).

La alimentación a los equipos de separación gravimétrica requiere que haya sido controlada desde el punto de vista granulométrico, con el fin de disminuir el efecto del tamaño de las partículas en la medida de lo posible.

A causa de que los separadores gravimétricos son muy sensibles al contenido de lamas o material arcilloso, pues aumentan la viscosidad del medio; se tenderá a eliminar previamente estos tamaños (10 μm) por medio de clasificadores hidráulicos o hidrociclones.

La alimentación que se dirigirá a los equipos concentradores se verá previamente sometida a una clasificación en rangos granulométricos, a través de clasificadores hidráulicos de múltiples grifos.

Otro aspecto importante de los separadores gravimétricos es el control del agua que interviene en los mismos. Será importante controlar la densidad de la pulpa,

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

la recirculación del agua y control de sus propiedades, aprovechamiento y gestión del agua, etc. Para ello hay en la actualidad una amplia gama de equipos, válvulas, medidores, etc., con el fin de facilitar dicha gestión y control.

8.3. Jigs o Pulsadoras.

La operación de pulsado o "jigging" es uno de los métodos más antiguos de la concentración gravimétrica. Esta técnica se emplea de forma satisfactoria para separar minerales adecuadamente liberados y que tienen unos tamaños relativamente gruesos, por ejemplo 3-10 mm (ver tabla 8.2).

En la operación de jigging o pulsado, una mezcla de partículas de mineral que son mantenidas sobre una chapa perforada o criba (screen) en forma de capa o lecho fluido (bed) con una profundidad equivalente a varias veces el tamaño de la partícula más grande, es sometida a un flujo cíclico de elevación y caída (pulsación) a través de un fluido que tiene como objetivo que las partículas más densas se coloquen en el fondo de la capa mineral y las partículas menos densas sean recogidas de la parte alta de dicha capa (bed).

El fluido que se emplea puede ser tanto un líquido como un gas (aire); siendo el líquido el fluido más comúnmente empleado, en concreto el agua.

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

La operación de jigging es actualmente ideal para la preconcentración o clasificación (sorting), siendo relativamente barato su construcción, operación y mantenimiento. En algunos caso esta operación dará un concentrado ya acabado como ocurre con el jig Willoughby en el sudeste asiático para obtener concentrados acabados de titanio.

Tradicionalmente, la operación de jig requería operadores experimentados así como cierta destreza durante el proceso. Sin embargo los avances tecnológicos relativamente recientes y los estudios del proceso han permitido facilitar una base teórica más fiable para el desarrollo de máquinas moderna más eficientes así como métodos de trabajo en los que la influencia del grado humano de destreza se vea reducido.

Se han empleado impulsoras o pulsadoras que empleaban una criba móvil, pero hoy en día las más corrientes utilizan una criba fija y se imprime pulsaciones a la corriente de agua que pasa a través de ellas. Las variaciones más significativas entre los diferentes equipos de jig se refieren al método empleado para provocar la pulsación (aire, diafragma, pistón, etc) y el método empleado para retirar las partículas densas.

La abertura de criba con relación al tamaño de partícula que se maneja, también clasifica los dos métodos básicos de separación. Por un lado tenemos aquel método en el que la criba pose un tamaño de abertura inferior al tamaño de partícula donde las partículas densas se evacuan por vertedero apropiado y las partículas ligeras se extraen

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

por rebose a través de un vertedero diferente. Por otro lado, tenemos el *método anglosajón* en el que la abertura de criba es mayor que las partículas de mineral pesado, las cuales pueden caer al tanque inferior y ser recogidas a través de tornillos y elevadores de cangilones. Con este tipo de equipos se debe mantener una capa de partículas gruesas sobre la criba, bien formada por el propio mineral denso o bien por otro tipo de material como feldespatos (limpieza del carbón) o hematites (concentración de casiterita o scheelita). Esta capa de lajas denominada "*ragging*" debe tener un tamaño uniforme y lo suficientemente grande como para crear espacios entre dichos granos y facilitar la precolación de las partículas pequeñas pesadas, se recomienda un diámetro de cuatro veces el diámetro de la partícula más grande que se pretende percolar al tanque; y una densidad superior a la de las partículas intermedias gruesas para permanecer en el fondo del lecho y además poder permitirle su dilatación durante la carrera ascendente del pistón o diafragma.

En el Jigging se produce un **proceso de estratificación** de partícula debido a una alternancia de expansión y compactación de la capa mineral fluida (bed) debido a un flujo vertical pulsante.

Hay dos tipos de carreras (strokes) en los jigs:

- a) Carrera de Presión o pulsación ascendente (Pressure Stroke):
 - Las partículas menos densas son elevadas a mayor distancia que las densas.

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

b) Carrera de Succión (Suction Stroke):

- Las partículas más pesadas sedimentan más rápidamente que las ligeras.

Ventajas de la operación de Jig

- No se requieren líquidos densos o suspensiones acuosas de sólidos.
- Se pueden tratar partículas grandes (+ 200 mm en carbón).
- Capacidad variable.

Desventajas de la operación de Jig

- Problemas si hay más del 10 % de material con densidad muy próxima (NGM).
- No es buena si hay un material con un amplio rango de tamaños.
- Dificultad para hacer separaciones de densidad relativa baja.

Principio de la Operación de "Jigging".

Para que se de el fenómeno de la estratificación, que va a permitir tener a las partículas separadas por densidades sobre la criba, se tienen que producir varios fenómenos durante un ciclo completo de jig.

Al comienzo del ciclo tiene lugar el inicio de la carrera de impulso o pulsación que eleva la capa fluida de mineral

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

como si formara un todo, una vez que la velocidad disminuye la capa fluida de partículas se expande debido a la diferencia en el ratio de sedimentación de las mismas, creándose separaciones entre las mismas para favorecer una sedimentación libre, en esta fase predomina la Sedimentación por **Aceleración Diferencial** (Differential Acceleration) y según se vio en el Tema 7 (ecuación 7.1) viene dada por la ecuación:

Peso - Empuje - Resistencia del fluido = Fuerza Descendente

$$m \cdot g - m' \cdot g - 6\pi\mu R_p v = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad (8.3)$$

Donde, m = masa de la partícula, m' = masa del fluido, μ = viscosidad del fluido, v = velocidad de la partícula, R_p = radio de la partícula, g = aceleración de la gravedad.

Si el tiempo de caída es lo suficientemente corto como para que la aceleración inicial de las partículas no alcance su velocidad terminal y como al comienzo del movimiento de la partícula su velocidad es pequeña (resistencia del fluido despreciable), entonces tenemos que:

$$m \cdot g - m' \cdot g = m \cdot a \quad (8.4)$$

$$a = g \left[1 - \frac{\rho_l}{\rho_p} \right] \quad (8.5)$$

Con lo que la aceleración inicial de las partículas es independiente del tamaño y depende sólo de las

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

densidades de las partículas (partícula) y del medio (liquido).

Si la duración de la caída es bastante corta para no alcanzar la velocidad terminal y la repetición bastante frecuente, teóricamente el espaciamiento recorrido por las partículas será debido a su diferencia de densidad y no debido al tamaño o a la velocidad terminal como ocurre en la clasificación hidráulica.

Tiene lugar entre la carrera impulso-succión y requiere que el ciclo impulso-succión sea controlado entre 50 y 350 ciclos por minuto.

Debido a las corrientes de agua verticales y a la interferencia de unas partículas con otras debido a la relativa proximidad que existe entre ellas (**Sedimentación Obstaculizada** o "Hindered Settling"), los minerales con menor velocidad de asentamiento serán transportados a mayor altura dentro de la capa fluida de partículas (carrera de impulso), mientras que aquellas partículas con elevada velocidad de sedimentación serán llevadas a una mayor profundidad durante la carrera de succión. Con lo que el efecto de la densidad se ve incrementado en mayor medida por la sedimentación obstaculizada durante la carrera de impulso y la carrera de succión.

Durante la ultima fase del ciclo de jigging (carrera de succión), cuando las partículas grandes se han depositado sobre la criba y no tienen posibilidad de moverse entre ellas, la succión provoca que las partículas pequeñas y densas puedan percolar entre los intersticios creados por

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

las partículas grandes y de esta manera ser extraídas del fondo del tanque; es el fenómeno de **Percolación Intersticial** ("Consolidation Trickling").

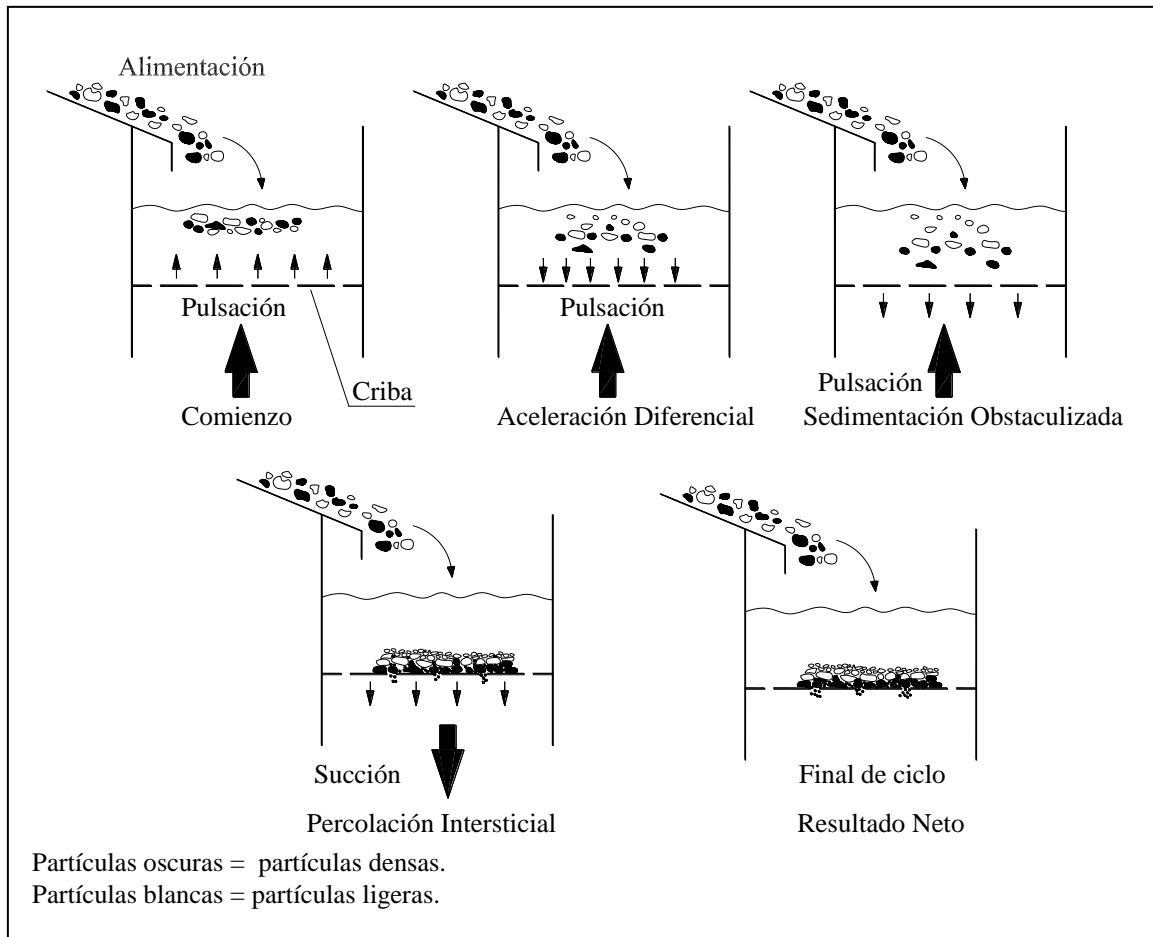


Fig.8.1: Formación de la estratificación de las partículas en un ciclo completo de un Jig.

Según Gaudin, " La estratificación durante la etapa en la que la capa fluida de partículas (bed) está expandida, está fundamentalmente controlada por la sedimentación obstaculizada, así como modificada por la aceleración diferencial, y durante la etapa en la que la capa está comprimida, la estratificación se ve controlada por la sedimentación por precolación. El primer proceso coloca

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

los granos gruesos y pesados sobre el fondo de la capa fluida, los granos finos y ligeros en lo alto de la capa y los granos gruesos y ligeros y los granos finos y pesados en el centro de la capa. En el segunda etapa se lleva a cabo la inversa, colocando los granos finos-pesados en el fondo, los granos gruesos-ligeros en lo alto y los granos gruesos-pesados y finos-ligeros en el centro. Modificando la influencia de las dos etapas, así como la influencia de la aceleración diferencial, una estratificación casi perfecta podrá obtenerse sólo con la influencia de la densidad relativa.

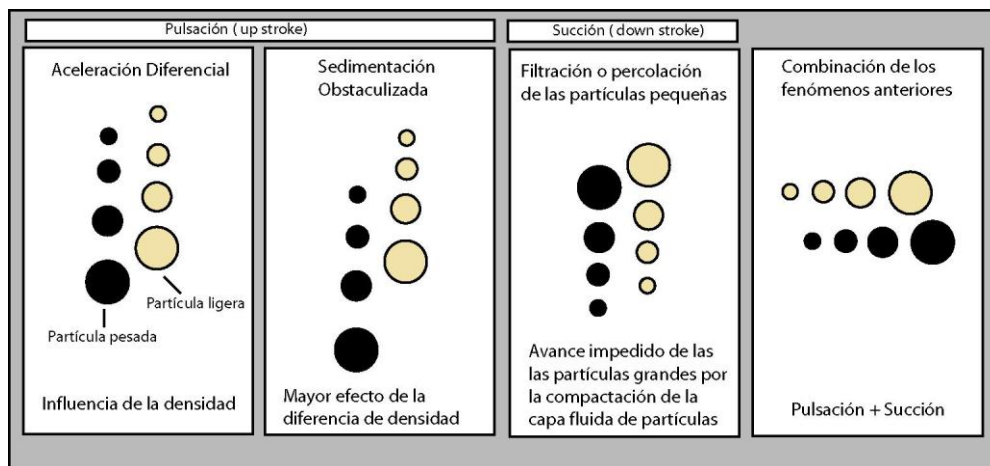


Fig.8.2: Fenómeno de la estratificación según densidades relativas.

Existe otra teoría para explicar el fenómeno de la estratificación en base a equilibrios de energía potencial como la propuesta por Mayer, que describe cómo la expansión de la capa durante la pulsación tiene como objetivo permitir a las partículas más densas descender y ocupar lugares acordes a su mínima energía potencial, con lo cual la estratificación será el resultado de estados de mínima energía potencial para las diferentes partículas.

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

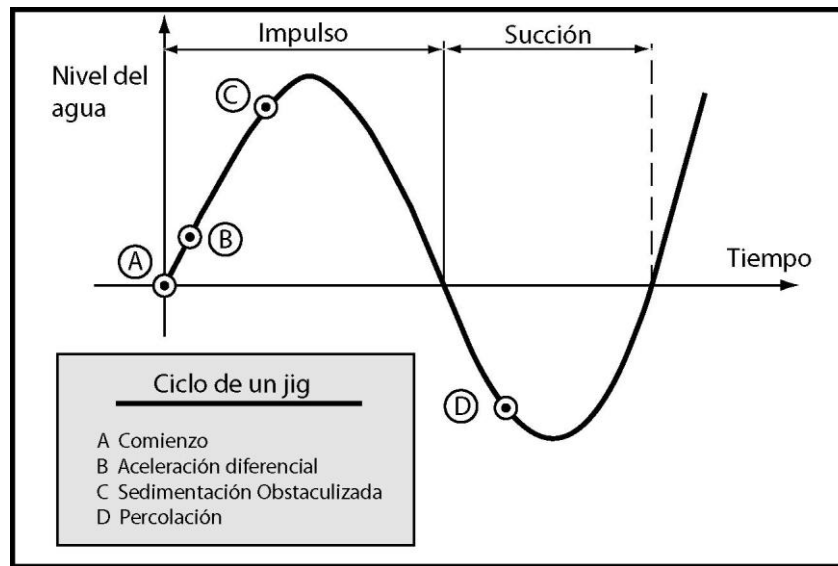


Fig.8.3: Ciclo de un jig y fenómenos de sedimentación que intervienen

Tipos de Jigs.

Desde el momento en el que los principios fundamentales de todos los jigs son esencialmente los mismos, las diferencias básicas entre los diferentes tipos de equipos se encuentran en el diseño para optimizar las operaciones de concentración, el manejo de los minerales, el mantenimiento y el control.

Los elementos básicos del diseño son:

- Una criba (screen) para mantener la capa fluida de mineral sobre la misma.
- Un tanque (hutch) situado debajo de la criba y que recogerá las partículas finas pesadas.
- Un dispositivo que provocará la impulsión y la succión.

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

- Un sistema para modular la forma de la onda pulsante.
- Un sistema para regular el flujo ascendente del agua.
- Un método para suministrar alimentación a la capa fluida de mineral.
- Un método de extracción para retirar los productos que se sitúan encima de la criba y los que se encuentran en el interior del tanque o cuba.

En función de la movilidad de la criba los jigs se pueden clasificar en:

Jigs de criba móvil: Es el antiguo jig y ya ha quedado en desuso, aunque todavía podría verse su empleo en alguna región remota. La criba que mantiene la capa fluida de partículas sobre ella, es agitada hacia arriba y hacia abajo dentro del agua para crea las pulsaciones líquidas. Las versiones mecanizadas de este principio son los jigs Hancock y James. Los detalles de los mismos se pueden observar en "Ore dressing" de Taggart.

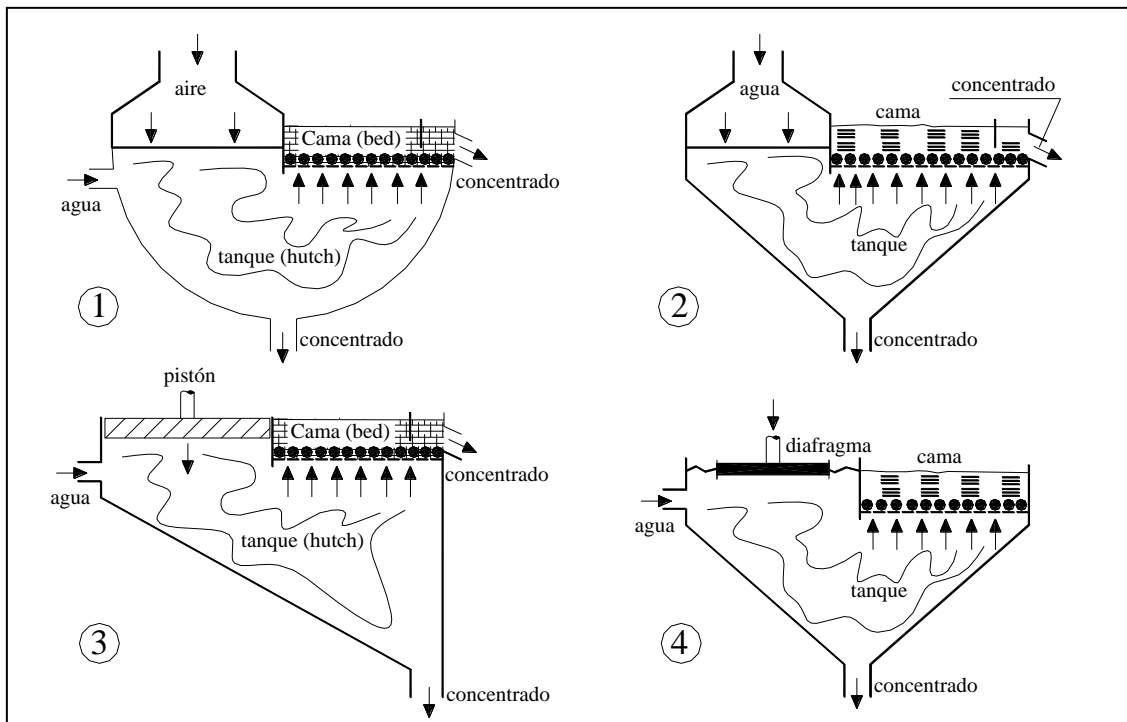
Jigs de criba fija: En la actualidad todos los jigs son de criba fija, en los que las impulsiones y succiones verticales del fluido pasan a la capa de partículas a través de una criba fija. Los diferentes tipos de jigs más comunes se presentan agrupados en la siguiente tabla y se ven esquemáticamente en las siguientes figuras.

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

Tabla 8.3: Jigs de criba fija

Tipo	Máquinas	Sist. pulsación
1 Baum	Jeffrey Link-Belt McNally-Pittsburgh Tacub Batac	Pulsación por aire
2 Richards	Pan-American Pulsator	Pulsación por agua
3 Harz	Cooley, Collum Woodbury Denver-Harz	Pulsación por pistón
4 Denver MS	Denver MS	Diafragma interno
5 Bendelari	Bendelari	Diafragma
6 Yuba	Jeffrey Rouss Cleaveland-IHC	Diafragma lateral
7 Pan-American Placer	Kraut Remer	Tanque móvil
8 Ruso (Russian)	MOBK	Pistón neumático



BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

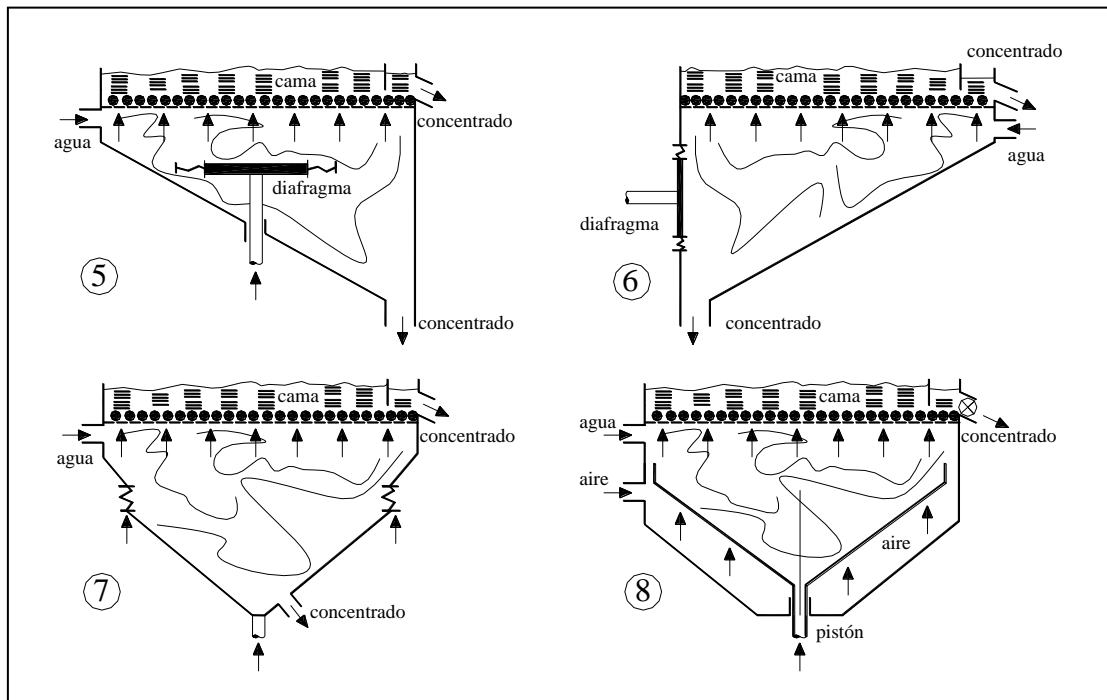


Fig.8.4: Tipos de Jigs de criba fija.

A continuación comentamos algunos de los jigs de criba fija más conocidos, así como otros que se encuentran en el mercado con algunas diferencias respecto al principio de funcionamiento de un jig convencional.

Jig Harz: Es uno de los jig más antiguos, las pulsaciones eran producidas por el movimiento vertical de un pistón que se encontraba en un compartimento individualizado del compartimento de concentración. Poseía hasta cuatro compartimentos de separación donde sucesivamente se iba recogiendo concentrado con leyes más bajas (Ver esquema de la figura 8.4).

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

Jig Denver: Las pulsaciones son provocadas por un émbolo que se encuentra unido a un diafragma, el giro del émbolo se encuentra sincronizado con la abertura de la válvula que permitirá la entrada de agua al tanque en un momento del ciclo del jig previamente determinado, controlando de esta manera la operación de jigging.

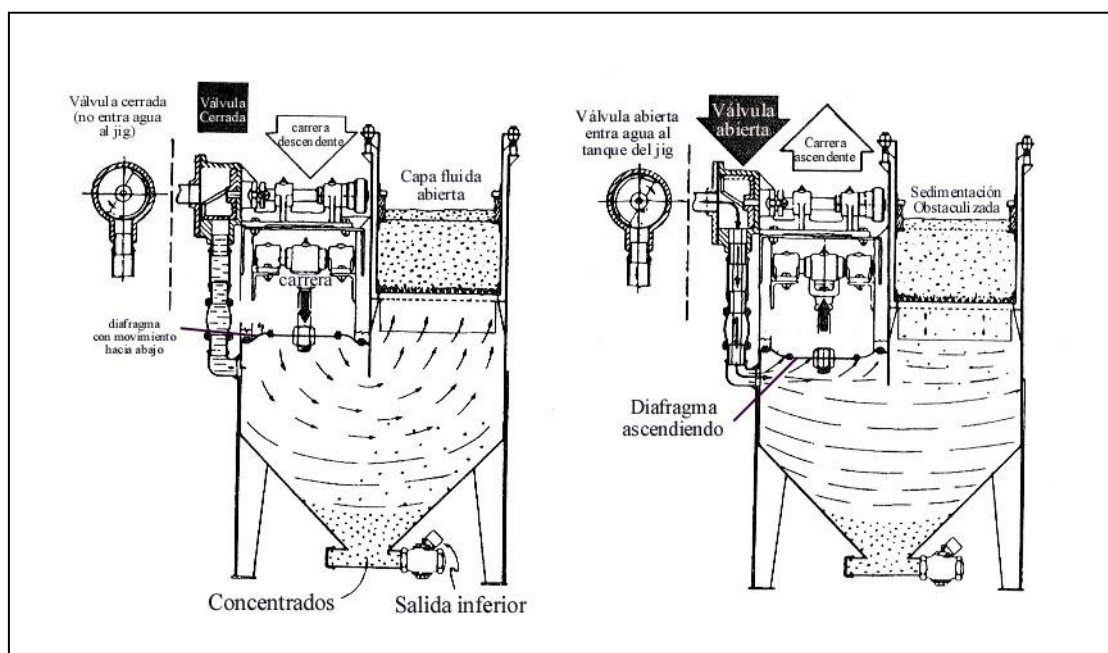


Fig.8.5: Jig Denver (Cortesía Metso minerals)

Se emplea en la concentración de minerales pesados, concretamente en su extracción de los circuitos cerrados de molienda. El tamaño de alimentación puede ser menor de 6 mm (3 mesh).

Jig Baum: La pulsación es creada a través de aire a presión dentro de una cámara de aire, en lugar de un dispositivo mecánico. Por el hecho de conseguir ciclos de jig más apropiados con este sistema, se ha impuesto en la actualidad frente a los anteriores, por lo que los fabricantes

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

han desarrollado diferentes equipos basados en este sistema de funcionamiento.

El jig Baum y sus variantes (ver tabla 8.3), se emplean en la actualidad de forma importante en la limpieza de carbón (washing coal).

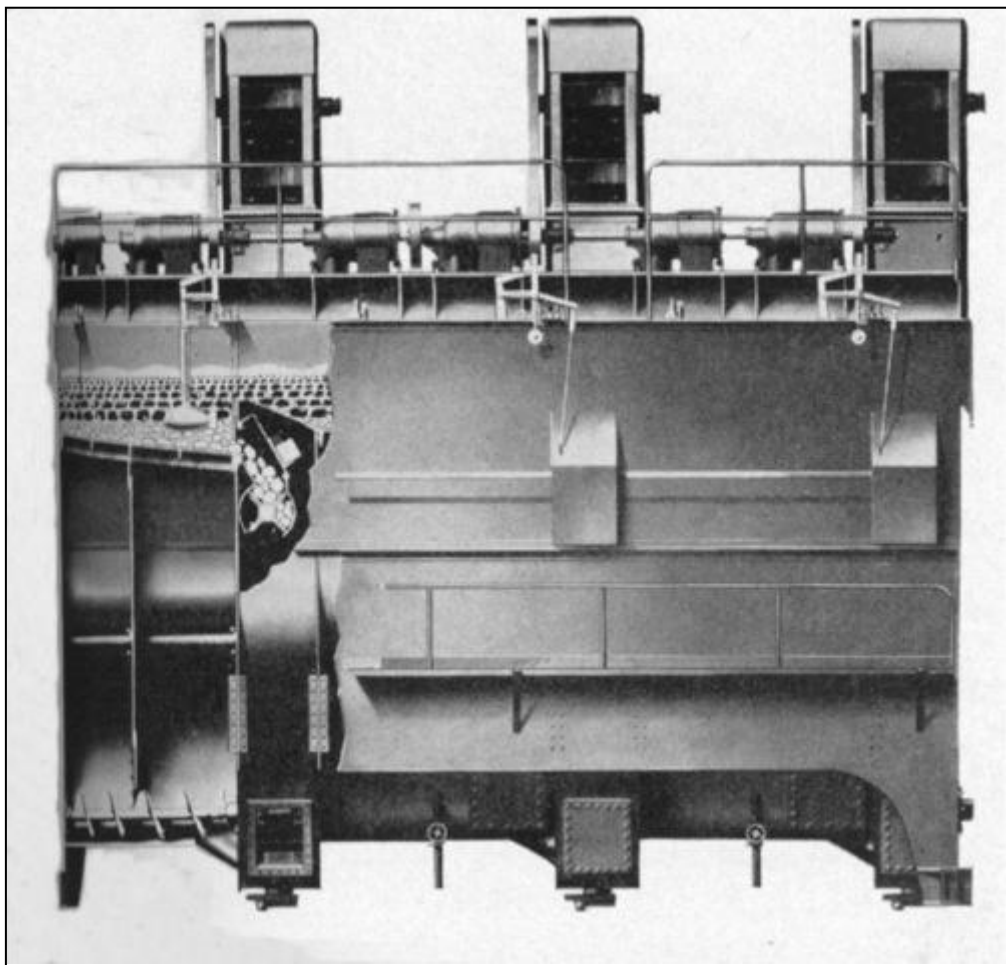


Fig.8.6: Jig Baum de los primeros empleados (Cortesía Jeffrey Mining Machinery Div., Dresser Industries).

Este tipo de jig admite alimentaciones de carbón con un rango de tamaño máximo de 175-200 mm y mínimo de 40-60 mm.

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.
TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

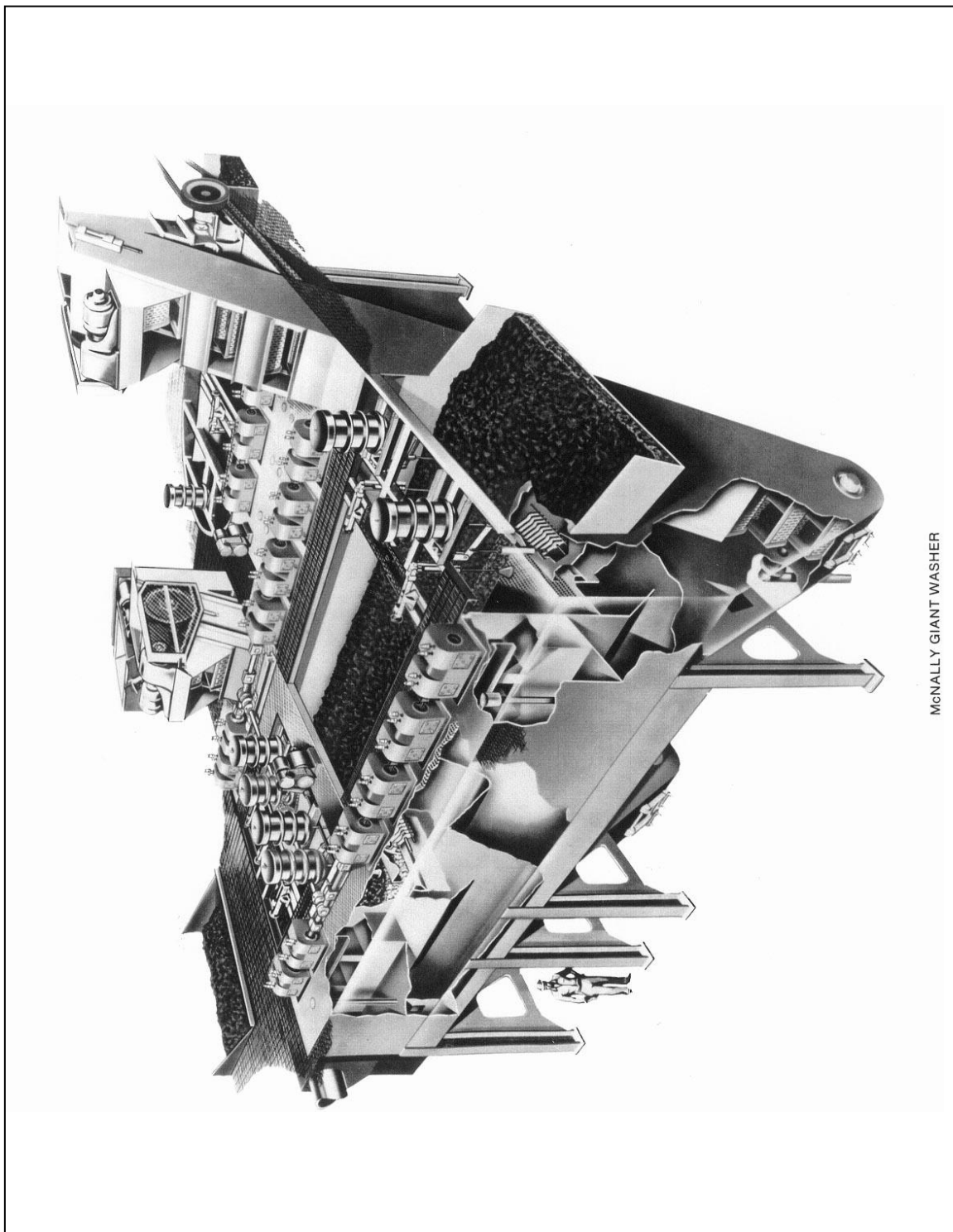


Fig.8.7: Jig McNally Giant tipo Baum (Cortesía de Metso Minerals)

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.
TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS



Fig.8.8: Jig McNally Mogul tipo Baum (Cortesía de Metso Minerals)

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

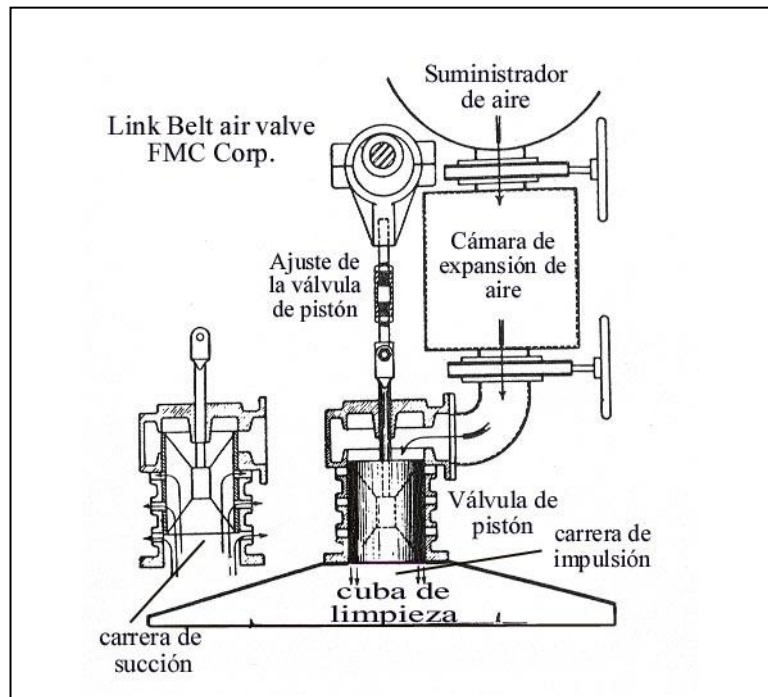


Fig.8.9: Válvula de aire Link Belt de FMC Corp (Leonard and Hardinge, 1991).

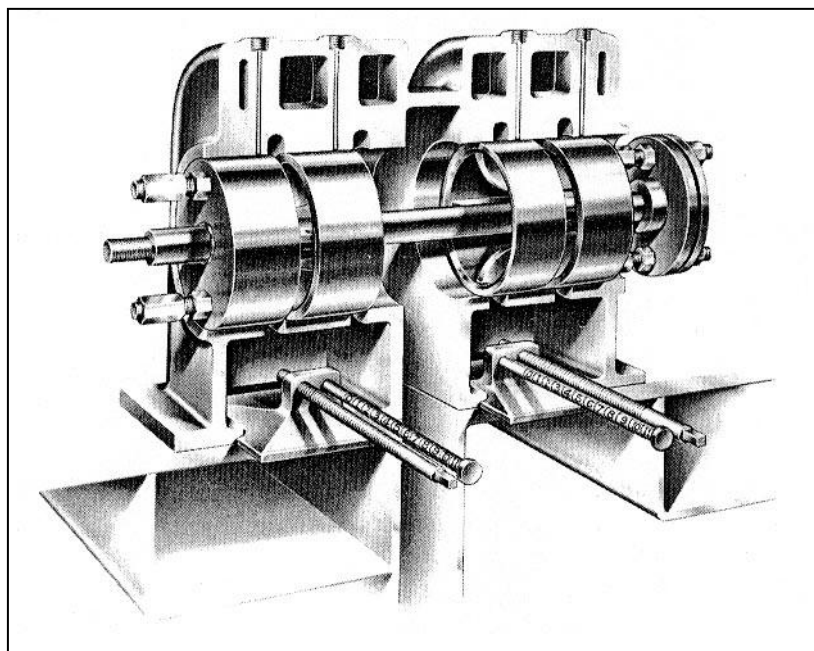


Fig.8.10: Válvula de impulsión de McNally ((Leonard and Hardinge, 1991).

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

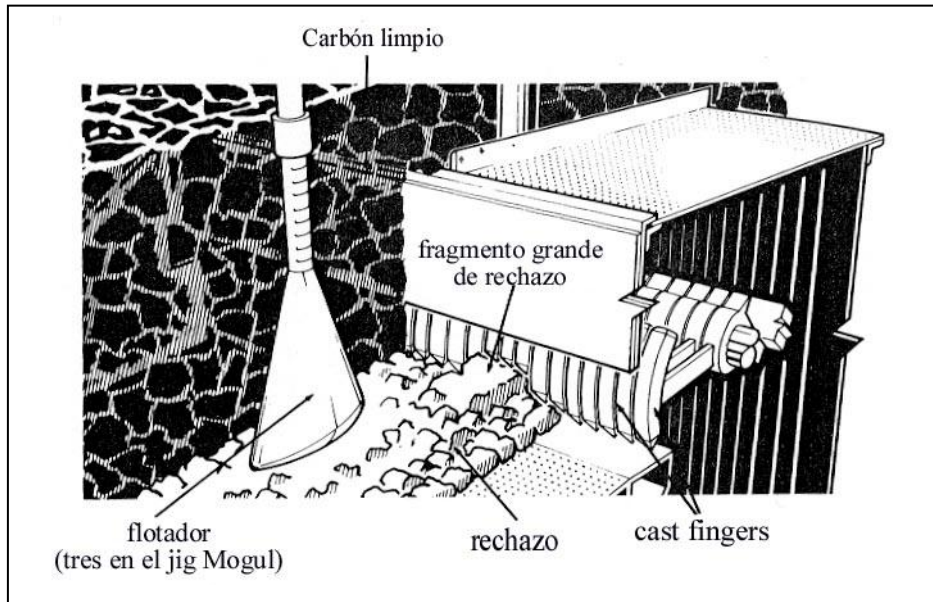


Fig.8.11: Salida de rechazos de McNally (finger refuse gate). (Leonard and Hardinge, 1991).

Jig Batac: Esta pulsadora funciona, al igual que la pulsadora tipo Baum, con aire a presión, pero elimina la cámara de aire lateral, puesto que las entradas de aire se encuentran por debajo de la criba, con lo cual la impulsión se aplica totalmente a la superficie de la pulsadora.

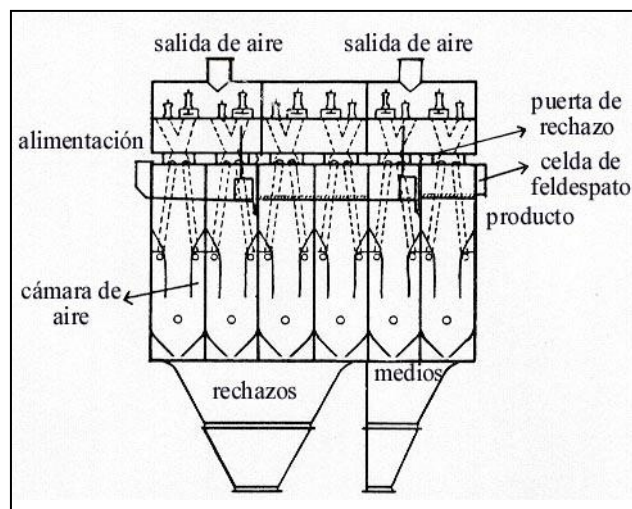


Fig.8.12: Jig Batac (Leonard and Hardinge, 1991).

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

Este jig emplea válvulas electromagnéticas controladas electrónicamente para interrumpir de forma brusca las entradas y salidas de aire. Estas válvulas se pueden regular para ofrecer una amplia gama de carreras de impulsión y succión con lo que se puede lograr una estratificación muy adecuada. Por ello se pueden limpiar carbones de tamaños muy finos

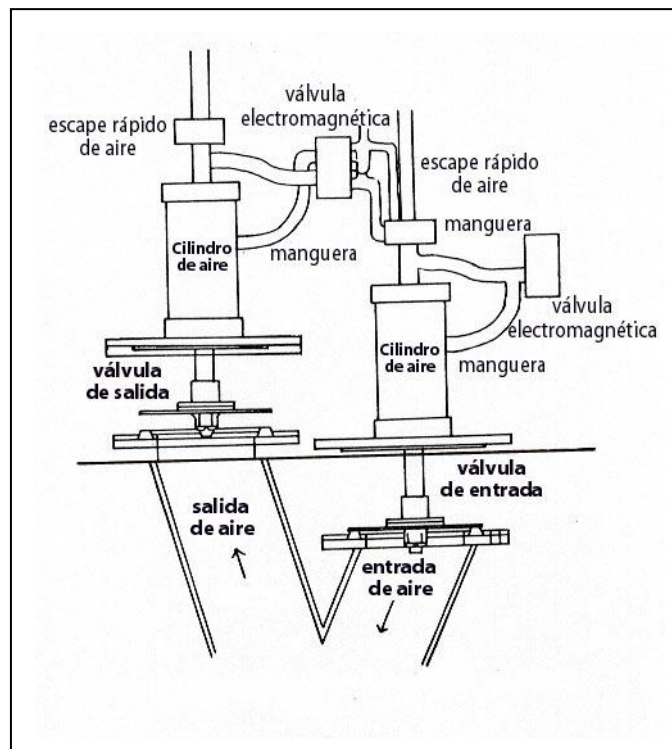


Fig.8.13: Válvulas de aire del jig Batac (Leonard and Hardinge, 1991).

Jig Alljig: Pulsadora tipo Baum del fabricante **Allmineral** que se emplea en Norte América en la limpieza de carbones, arenas y gravas (que contienen impurezas como madera, plásticos, arcillas, etc).

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

Se emplean, según el producto, con tamaños de alimentación de hasta 63 mm (arenas y gravas), 150 mm para la clasificación de materiales de reciclado.

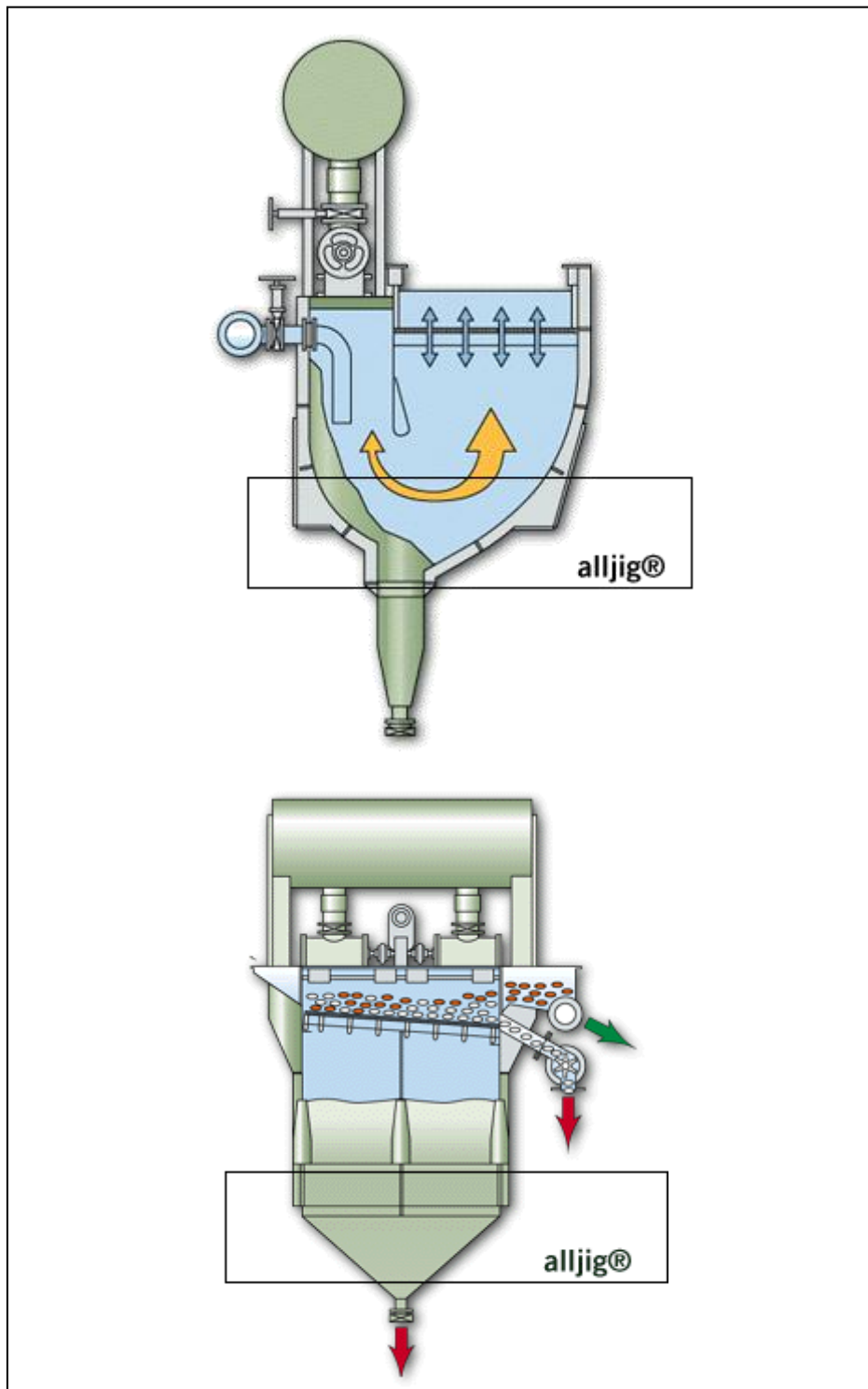


Fig.8.14: Vistas de la pulsadora **alljig**. (Cortesía de Allmineral)

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

Jig APIC: Este jig que aparece en el mercado a través de **Bateman Co.**, es de tipo Baum, es decir por pulsación a través de aire y sigue la filosofía del jig Batac. Se emplea en la recuperación de aleaciones ferrosas y otros metales (FeCr, FeMn, SiMn, acero, etc.) provenientes de escombreras de escorias, concentración de minerales metálicos (Cr, Mn, Fe, Pt, etc.) y en la limpieza de carbones de tamaño grueso y fino.

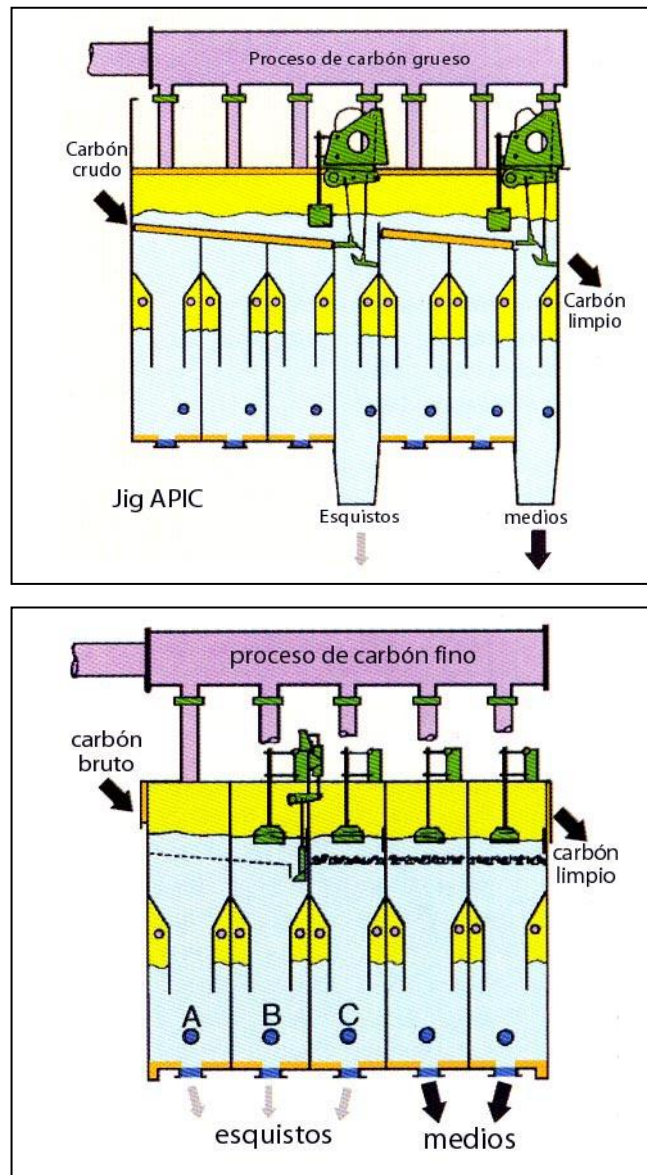


Fig.8.15: jig APIC tipo Batac de FCB (Cortesía de Bateman)

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

Jig Delkor: Es un jig que posee un cono inferior pulsante, unido al tanque a través de un diafragma de goma. La carrera de impulsión es más rápida que la carrera de succión con lo que la influencia sobre las partículas pequeñas densas es mayor. Por ello es adecuado en la concentración gravimétrica de arenas de placeres para obtener minerales pesados como diamantes, oro, titanio, tungsteno, hierro, etc.

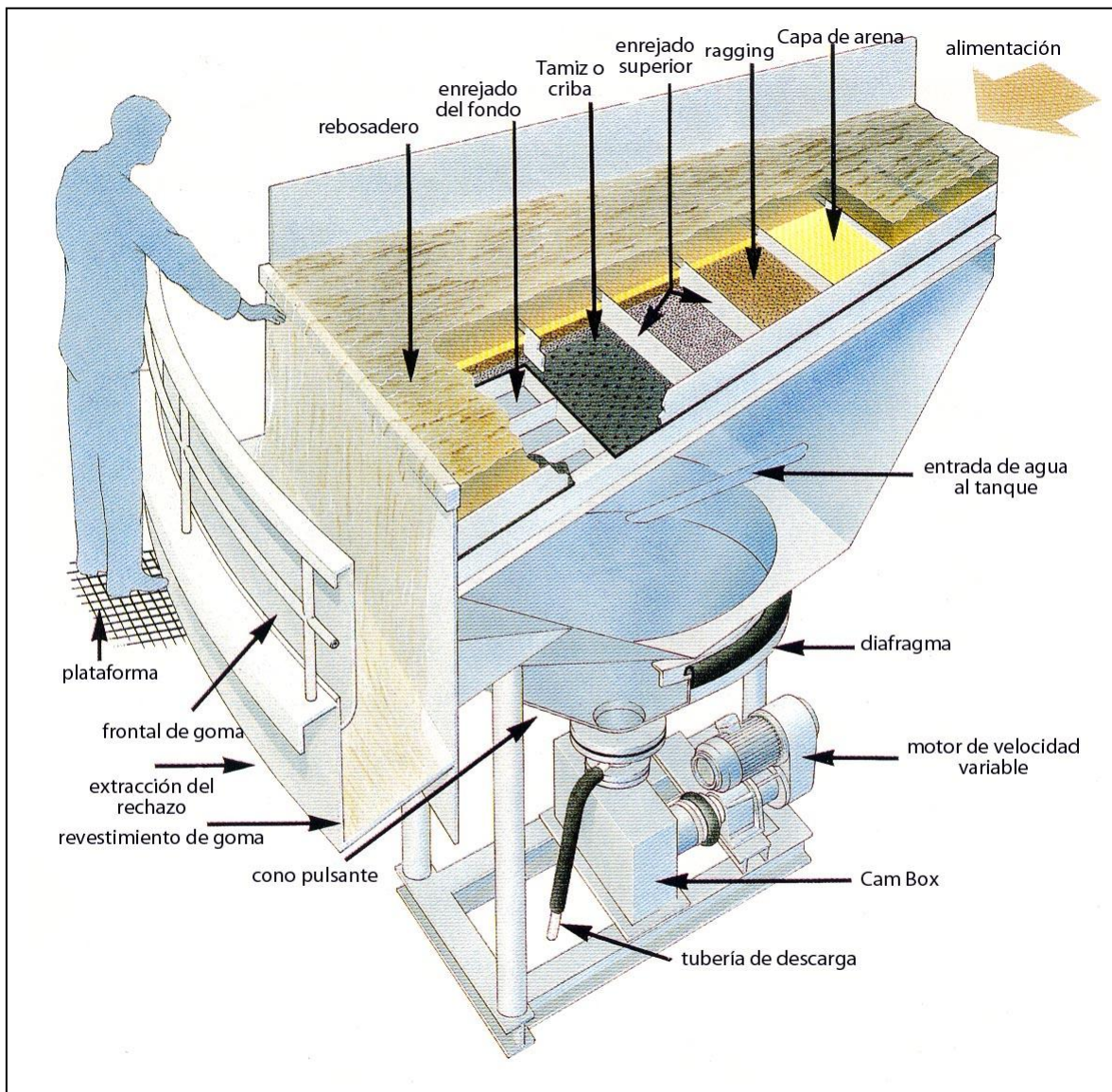


Fig.8.16: Jig Delkor para partículas finas densas (Cortesía de Delkor)

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

Otros tipos de Jigs.

Jig Neumático Stump Air-Flow: Este jig es similar a los del tipo Baum, pero en lugar de emplear agua como fluido de separación se emplea aire. El flujo de aire pulsante atraviesa una mesa perforada con vibración, dotada de planchas de separación entre las cuales se encuentran las partículas de mármol que van a ofrecer resistencia al aire y una mejor distribución del flujo de aire a través de la mesa.

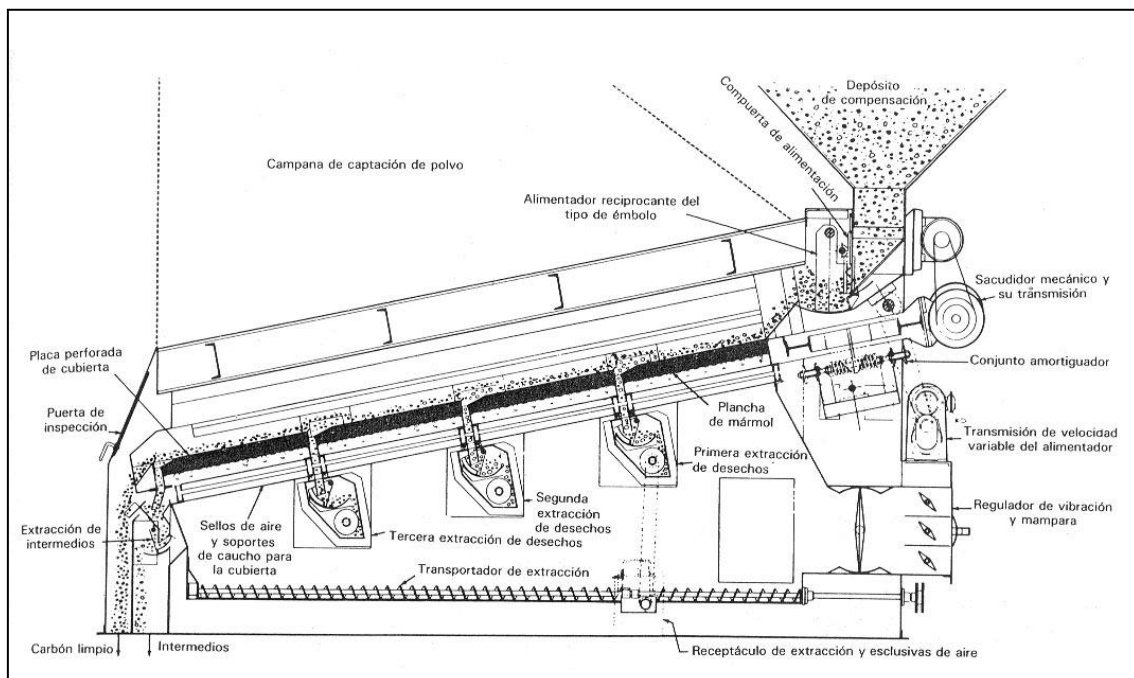


Fig.8.17: Jig neumático Stump de Roberts & Schaefer (Kelly and Spottiswood, 1990).

Las pulsaciones del aire van a estratificar las partículas, de tal forma que las partículas pesadas se recogerán en el fondo a través de unas salidas dispuestas a lo largo de la mesa inclinada y las partículas ligeras

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

(carbón) se recogerán en el extremo opuesto al de la alimentación.

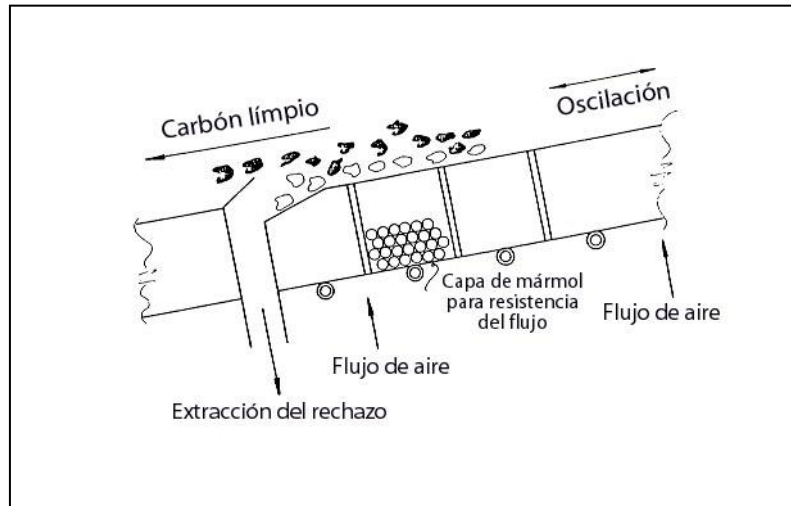


Fig.8.18: Corte esquemático de un jig neumático

Este equipo se emplea en la industria del carbón, y sobre todo en aquellos casos donde el agua escasee o se necesite un producto seco.

jig Kelsey: Este jig es radicalmente diferente a los comentados anteriormente pues combina la operación de jig convencional con la centrifugación.

Descripción del funcionamiento: En el jig Kelsey, la alimentación (25 a 40 % de sólidos) entra en una cámara principal que consiste en una criba circular montada verticalmente y una cama fluida de partículas (bed). La cámara rota con una velocidad de 30 a 45 rpm, creando una fuerza gravitatoria de 80 g. Simultáneamente al giro de la cámara principal, se crean fuerzas de pulsación a través de inyecciones de agua de una cámara interior. Estas pulsaciones de agua van a permitir que se creen los fenómenos de sedimentación ya descritos anteriormente.

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

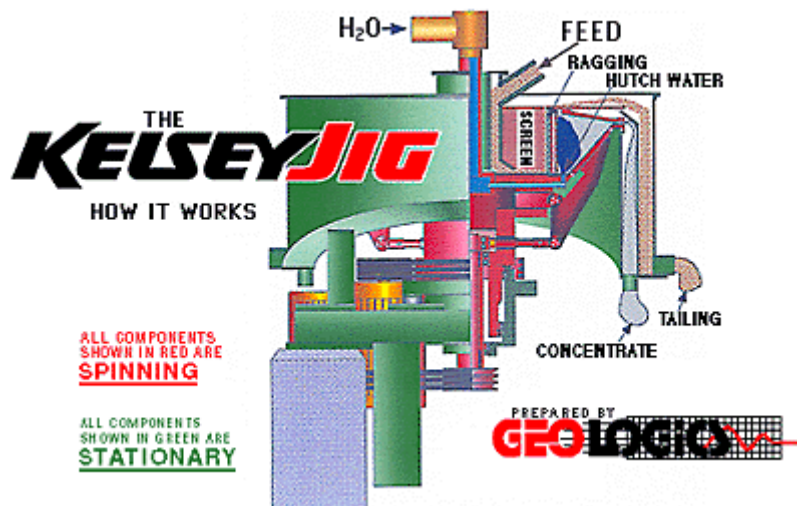
TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

Las partículas pesadas atravesarán la criba y se extraerán de la cámara interior a través de pequeños orificios, mientras que las partículas ligeras serán recogidas por la parte alta de la cámara principal como "overflow".



Fig.8.19: jigs centrífugos KelseyJig (Cortesía de GeoLogics).

Estos equipos se emplean de forma satisfactoria en la concentración y recuperación de partículas densas de tamaño muy pequeños del orden de las micras como el zircón, la cromita, el tantalio y oro aluvial.



BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

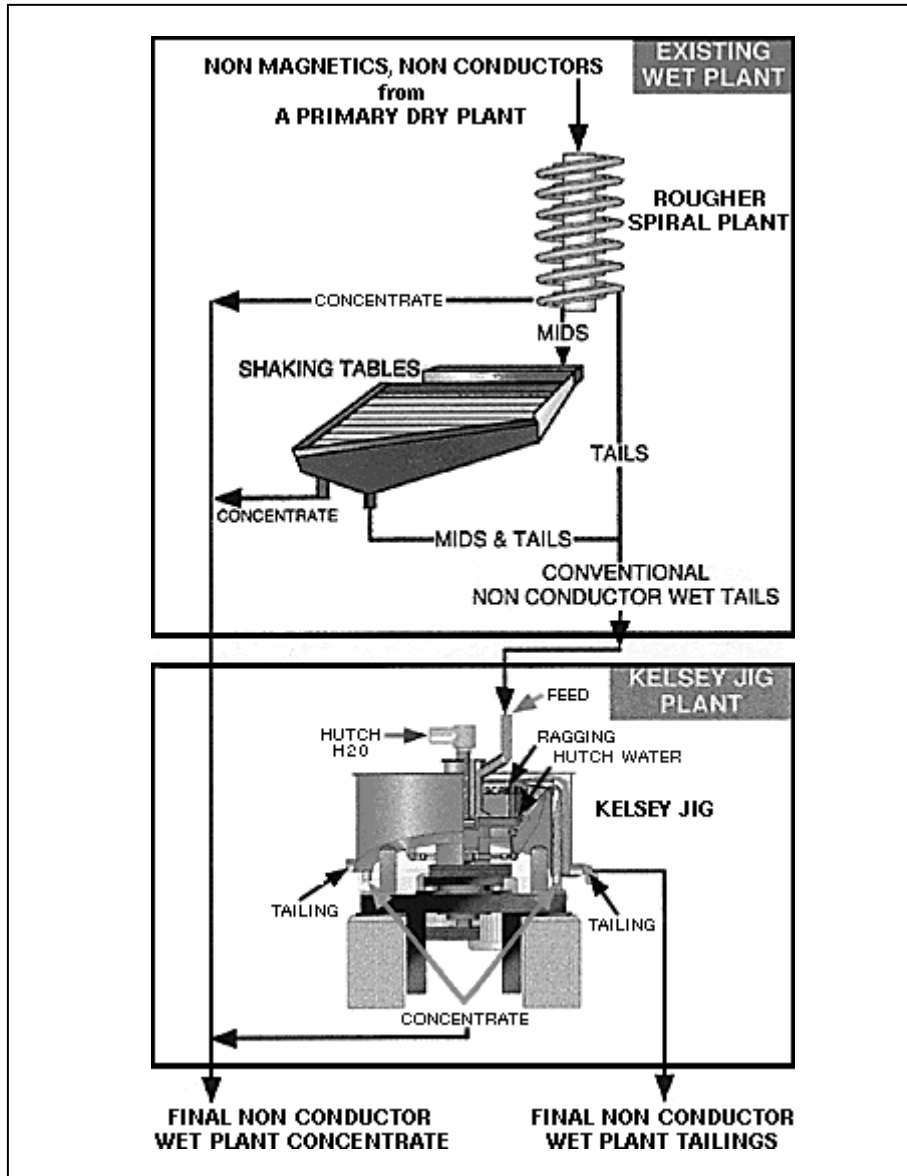


Fig.8.20: Diagrama de flujo de una concentración gravimétrica con el jig Kelsey (Cortesía de GeoLogics).

Modos de extraer el mineral de un jig.

Aunque ya se ha comentado anteriormente, en este apartado se muestra de forma gráfica cómo algunos jigs extraen las partículas pesadas y las partículas ligeras de la

BLOQUE 3: PROCESOS DE CONCENTRACIÓN.

TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I). PULSADORAS

capa estratificada a través de diferentes aberturas, ha continuación mostramos algunas de ellas:

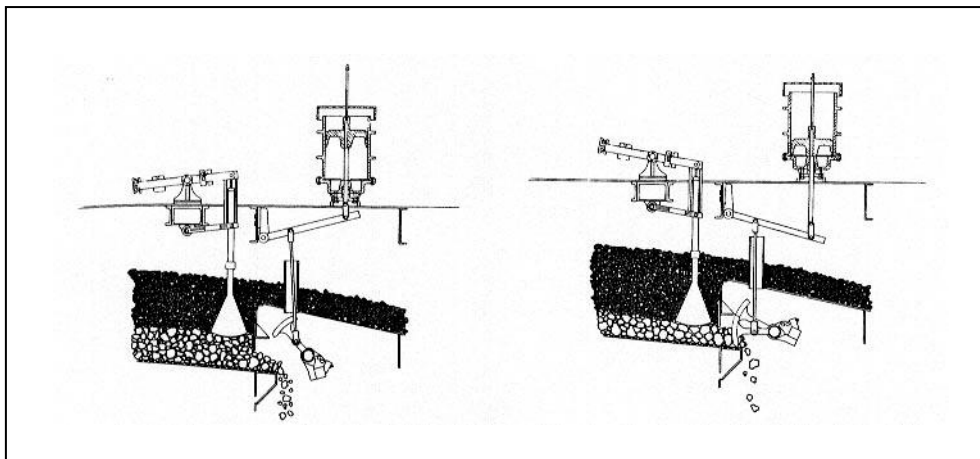


Fig.8.21: Separación a través del control automático. (Leonard and Hardinge, 1991).

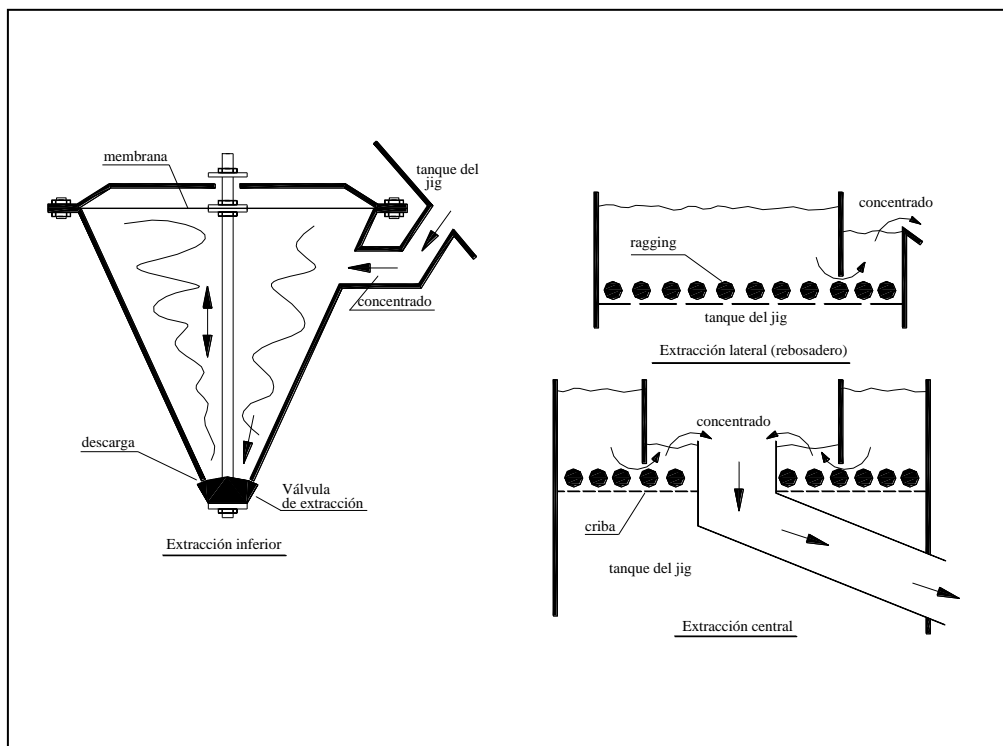


Fig.8.22: Tipos de salidas de los jigs para el concentrado.