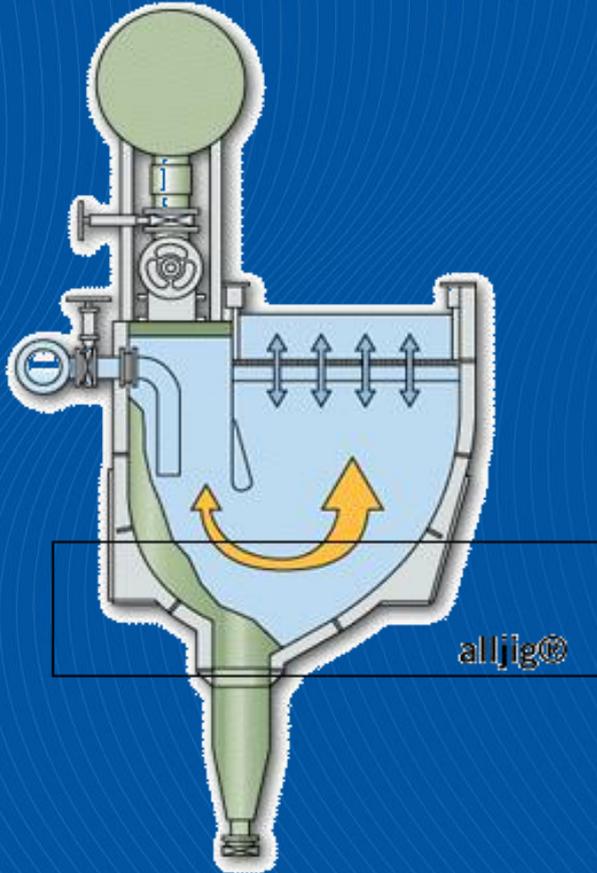




Universidad
Politécnica
de Cartagena

TECNOLOGÍA MINERALÚRGICA



TEMA 8: CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD (I) – PULSADORAS



8

CONCENTRACIÓN POR GRAVEDAD PULSADORAS (*JIGS*)



- 8.1. Introducción.
- 8.2. Aplicabilidad de los procesos de concentración gravimétrica.
- 8.3. Pulsadoras. Operación.
- 8.4. Tipos de Pulsadoras.
- 8.5. Ventajas e Inconvenientes de las Pulsadoras.
- 8.6. Efecto de las variables de operación en el jigging.



Un poco de historia sobre la concentración gravimétrica

- La concentración gravimétrica de los minerales pesados es ya un proceso que ocurre de forma natural en la naturaleza.
- Así, de forma natural, se han concentrado minerales como oro, casiterita, ilmenita y diamantes en depósitos tipo placer (aluvial o glacial).
- El hombre ya usaba la concentración gravimétrica hace miles años. Se han hallado representaciones en los monumentos egipcios que reflejan el lavado de minerales de oro (3000 A.C).
- Los atenienses empleaban el método de concentración por lámina fluyente en sus minas de *Laurium* (antes de Cristo).
- En siglo XVI, Agricola (*De Re Metallica*, 1556) describió algunos equipos de separación gravimétrica empleados en Europa.
- En el siglo XVII, también se describe en *T'ien-kung K'ai-Wu* (Sung 1637) la tecnología de concentración gravimétrica empleada por los chinos.



Un poco de historia sobre la concentración gravimétrica

- En el siglo XIX, en Europa, Rittinger desarrolló el estudio teórico y práctico de la concentración gravimétrica.
- A finales del siglo XIX, Richards, en los EEUU, hizo más por establecer los principios básicos de la concentración gravimétrica los cuales fueron publicados en su clásico tratado de cuatro volúmenes (Richards 1906-1909).
- En la década de 1920, Finkey (1924), estableció algunas de las fórmulas matemáticas que definen el proceso, y Gaudin (1939) y Taggart (1945, 1951) extendieron y enunciaron los principios sobre los cuales se basa la concentración gravimétrica.
- En las últimas décadas, en los EEUU (datos de 1988), en términos de uso industrial, se trataban en concentradores gravimétricos un 25% más de toneladas de carbón y de otros minerales que las toneladas procesadas por flotación.
- Así en 1988, 529 millones de toneladas (de las cuales, 500 millones de toneladas correspondieron a carbón) fueron tratadas en concentradores gravimétricos, 529 millones de toneladas por flotación y 153 millones de toneladas por separación magnética.



Introducción

- La separación gravimétrica fue el principal método de concentración hasta 1920.
- Actualmente sigue siendo considerado para obtener concentrados metálicos como galena, oro, casiterita, cromita, pirita, blenda, etc.:

Densities of several common organic and inorganic minerals

Density	Mineral	Composition	Density	Mineral	Composition
1.07	Gilsonite	Asphalt	~4.0	Sphalerite	ZnS
1.10	Amber	Fossil resin	4.1–4.9	Chromite	(Mg, Fe) Cr ₂ O ₄
1.2–1.7	Coal	Metamorphosed plant matter	~4.2	Chalcopyrite	CuFeS ₂
1.99	Sylvite	KCl	4.25	Rutile	TiO ₂
2.16	Halite	NaCl	~4.25	Barite	BaSO ₄
2.32	Gypsum	CaSO ₄ · 2H ₂ O	4.5–5.0	Ilmenite	FeTiO ₃
2.56	Feldspar (orthoclase)	KAlSi ₃ O ₈	4.6	Zircon	ZrSiO ₃
2.65	Quartz	SiO ₂	4.9–5.3	Hematite	Fe ₂ O ₃
2.71	Calcite	CaCO ₃	4.9–5.3	Monazite	(Ce, La) PO ₄
2.85	Dolomite	CaMg (CO ₃) ₂	~5.0	Pyrite	FeS ₂
3.00	Magnesite	MgCO ₃	5.2	Magnetite	Fe ₃ O ₄
3.1–3.2	Apatite	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F,OH)	5.3–7.3	Columbite-Tantalite	(Fe,Mn)(Nb,Ta) ₂ O ₆
3.18	Fluorite	CaF ₂	6.8–7.1	Cassiterite	SnO ₂
3.50	Diamond	C	7.1–7.5	Wolframite	(Fe,Mn) WO ₄
3.95	Garnet (almandite)	FeAl ₂ (SiO ₄) ₃	7.5	Galena	PbS
~4.0	Corundum	Al ₂ O ₃	8.94	Copper	Cu
			15.6–19.3	Gold (+ some silver)	Au

Tabla 1



Introducción

- Hay que hacer notar, que hoy en día, también se han implantado estos equipos en las etapas de procesos de otro tipo de plantas industriales como: **clasificación de arenas, limpieza y reciclado de residuos urbanos, remediación de escombreras de residuos tóxicos, recuperación y reciclado de desechos procedentes de la actividad del metal, industria papelera, industria alimentaria, industria química, etc.**
- A partir de la segunda mitad del siglo XX, estos métodos pasaron a un segundo plano debido al desarrollo y eficiencia de los procesos de flotación (tratamiento de las menas complejas de baja ley).
- La concentración gravimétrica se puede emplear en etapas anteriores a la flotación para el beneficio económico de aquellos tamaños de mena ya liberados, superiores a los que se manejan en flotación.
- 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.



Aplicabilidad de los procesos gravimétricos

8.2. Aplicabilidad de los procesos de concentración gravimétrica

Aplicabilidad frente a los procesos de concentración

- Las partículas sólidas responden de forma diferente al situarlas dentro de diversos equipos dependiendo del fluido empleado, el campo de fuerzas establecido y de las propiedades de las partículas (densidad, forma, tamaño, características químicas superficiales, magnetismo, conductividad, color y porosidad).
- Los equipos de separación se aplicarán a las partículas según rangos de tamaños.

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)		▾				
Hidroclones (Hydrocyclones)			▾			

Tabla 2

Aplicabilidad frente a los procesos de concentración



8.2. Aplicabilidad de los procesos de concentración gravimétrica

- En separación gravimétrica, el **factor tamaño** tiene mayor influencia en las partículas grandes.
- Ya que la eficiencia de la separación gravimétrica aumenta con el incremento del tamaño de partícula, se obligará a que las partículas se muevan dentro de un fluido bajo condiciones newtonianas (régimen turbulento).
- Se evitará la presencia de partículas muy finas que se ven afectadas por fenómenos de fricción.
- En separación gravimétrica se controla mucho los rangos granulométricos, con intervalos relativamente estrechos para que el tamaño no sea un factor determinante, y se amplifique el efecto de la densidad.
- Para lo anterior se emplearán clasificadores hidráulicos multicelda, o hidrociclones, situados previamente a los equipos de separación gravimétrica (ver siguiente diagrama de flujo).

Aplicabilidad frente a los procesos de concentración



8.2. Aplicabilidad de los procesos de concentración gravimétrica

- La concentración gravimétrica trabaja muy bien entre los 130 mm y las 74 micras.
- Por debajo de las 74 micras las operaciones de separación se hacen difíciles y son completamente inaplicables por debajo de 15 micras.
- Por ello, si la liberación de las especies se alcanza a un tamaño adecuado, la concentración gravimétrica será el proceso preferido por su efectividad y bajo coste.
- Si la liberación se consigue a tamaños muy pequeños entonces habrá que seleccionar otros procesos de separación más apropiados (flotación, separación magnética, electrostática, etc.).

Prospección aurífera empleando canales de concentración (“flowing film sluices”)

Foto 1





Aplicabilidad frente a los procesos de concentración

8.2. Aplicabilidad de los procesos de concentración gravimétrica

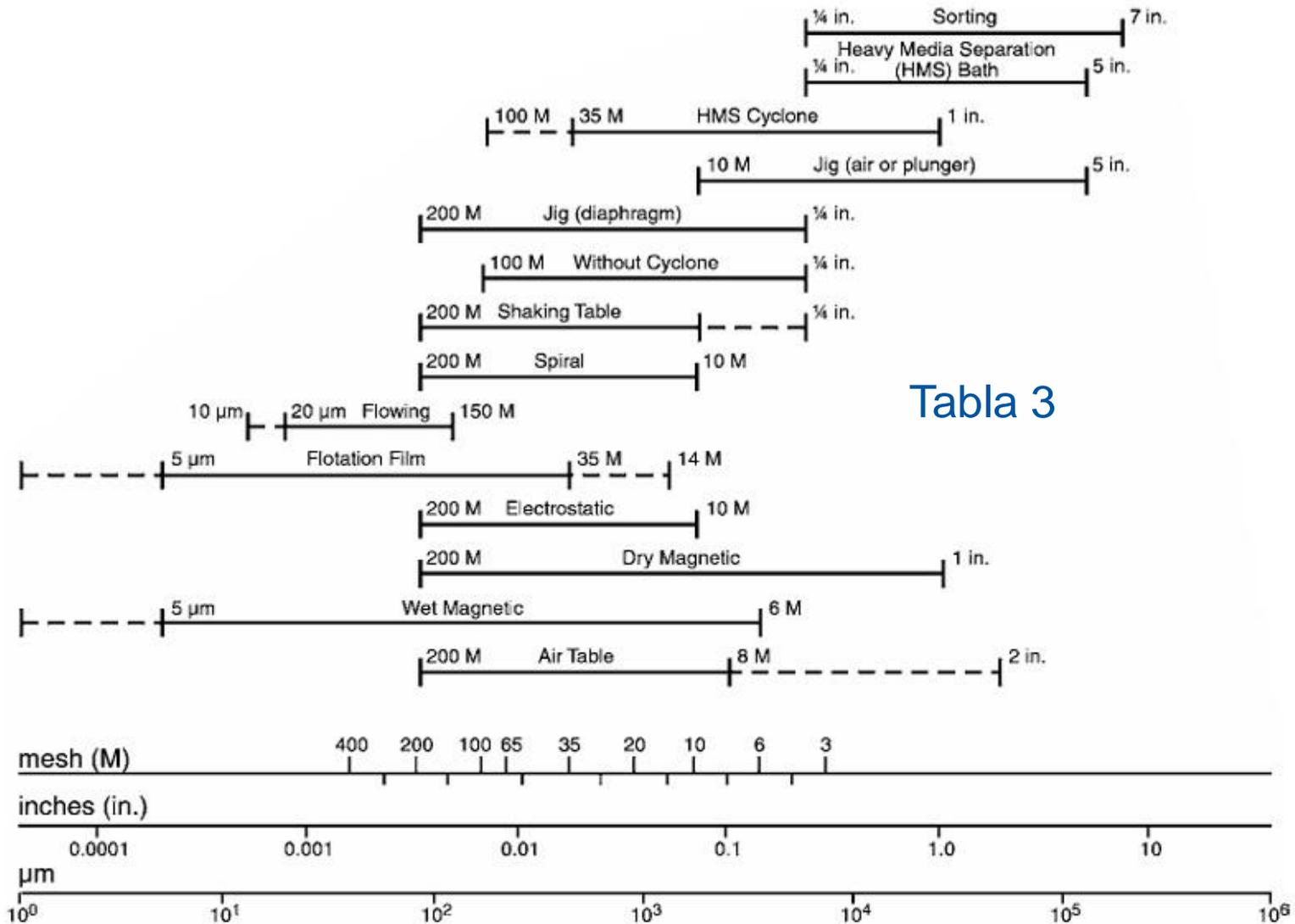


Tabla 3

Approximate range of applicability of various concentrating devices (M = mesh, Tyler Standard)



Aplicabilidad frente a los procesos de concentración

- La separación por gravedad cubre dos métodos principalmente: separación en agua como fluido y separación en medio denso (“*heavy media separation*, HMS).

- La expresión para la separación en agua es:

$$\Delta\rho = \frac{\rho_{\text{partícula pesada}}}{\rho_{\text{partícula ligera}}} \quad \text{Ecuación 1}$$

- Y para la separación por medio denso es:

$$\Delta\rho = \frac{\rho_{\text{pesado}} - \rho_{\text{medio denso}}}{\rho_{\text{ligero}} - \rho_{\text{medio denso}}} \quad \text{Ecuación 2}$$

- Siendo, $\Delta\rho$ la diferencia de densidad entre las especies minerales.



Aplicabilidad frente a los procesos de concentración

- La siguiente tabla facilita el grado de facilidad o dificultad esperado en una separación gravimétrica según *Metso Minerals*:

Valor de $\Delta\rho$	Separación	Comentario
+ 2.50	Fácil	Hasta tamaños de 100 μm (o algo inferiores)
1.75 - 2.50	Posible	Hasta tamaños de partícula de 150 μm
1.50 - 1.75	Algo difícil	Hasta tamaños de partícula de 1700 μm .
1.25 - 1.50	Muy difícil	Aplicable sólo para arenas y gravas.
< 1.25	Imposible	En Medio Denso posible

Tabla 4



Jigs o Pulsadoras. Descripción de los equipos

- La operación de pulsado o “jigging” es uno de los métodos más antiguos de la concentración gravimétrica.
- Se empleará con resultados satisfactorios para separar tamaños de mineral relativamente gruesos (p.e.: 3-10 mm).
- Si el rango de estos tamaños gruesos es suficientemente estrecho, se pueden alcanzar separaciones entre mena y ganga, incluso cuando las diferencias en densidad son pequeñas (p.e.: fluorita, dens.: 3.2 y cuarzo, dens.: 2.7).
- En la operación de *jigging* las partículas de mineral son mantenidas sobre una chapa perforada o criba (“screen”) formando una capa o lecho fluido con una profundidad igual a varias veces el diámetro de la partícula más gruesa.
- Esta capa es sometida a un flujo cíclico de elevación (pulsación) y caída (succión) a través de un fluido que tiene como función principal que las partículas más pesadas se sitúen en el fondo de la capa fluida de mineral y las partículas más ligeras sean retiradas por la parte superior de la pulsadora.



Jigs o Pulsadoras. Descripción de los equipos

Elementos principales
de una pulsadora

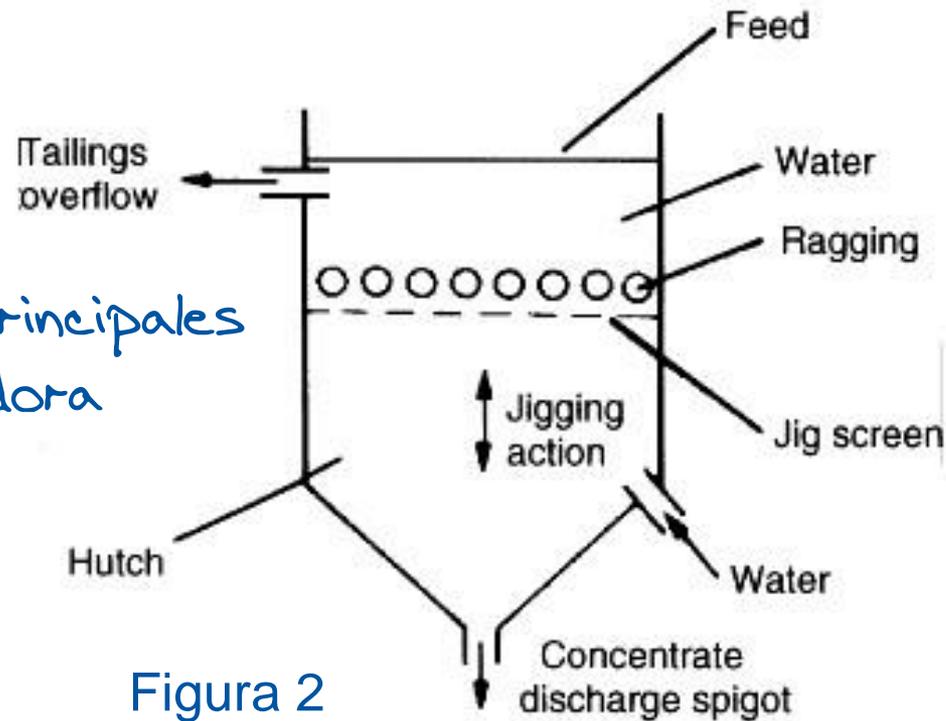


Figura 2

Basic jig construction



Jigs o Pulsadoras. Descripción de los equipos

- El fluido que se utiliza puede ser aire, aunque el más empleado es el agua.
- La operación de jigging es ideal para etapas de preconcentración, aunque hay casos en los que este proceso da un concentrado ya acabado (p.e.: concentrado de titanio en plantas del sudeste asiático).
- Aunque en los inicios se emplearon pulsadoras con criba móvil, hoy en día, sin embargo, lo normal es que la criba sea fija y las pulsaciones sean imprimidas a la corriente de agua que penetra a través de ella.

Jig manual

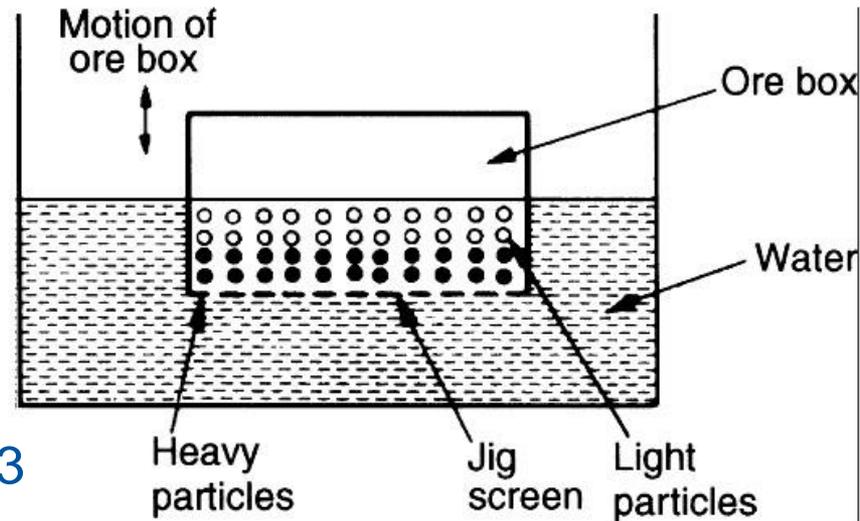


Figura 3

Hand jig



Jigs o Pulsadoras. Descripción de los equipos

- Hoy en día existen diferentes tipos de equipos donde las diferencias más significativas entre ellos radican en el sistema mecánico empleado en provocar la pulsación: aire, diafragma, pistón, etc., y el sistema para retirar las partículas pesadas.

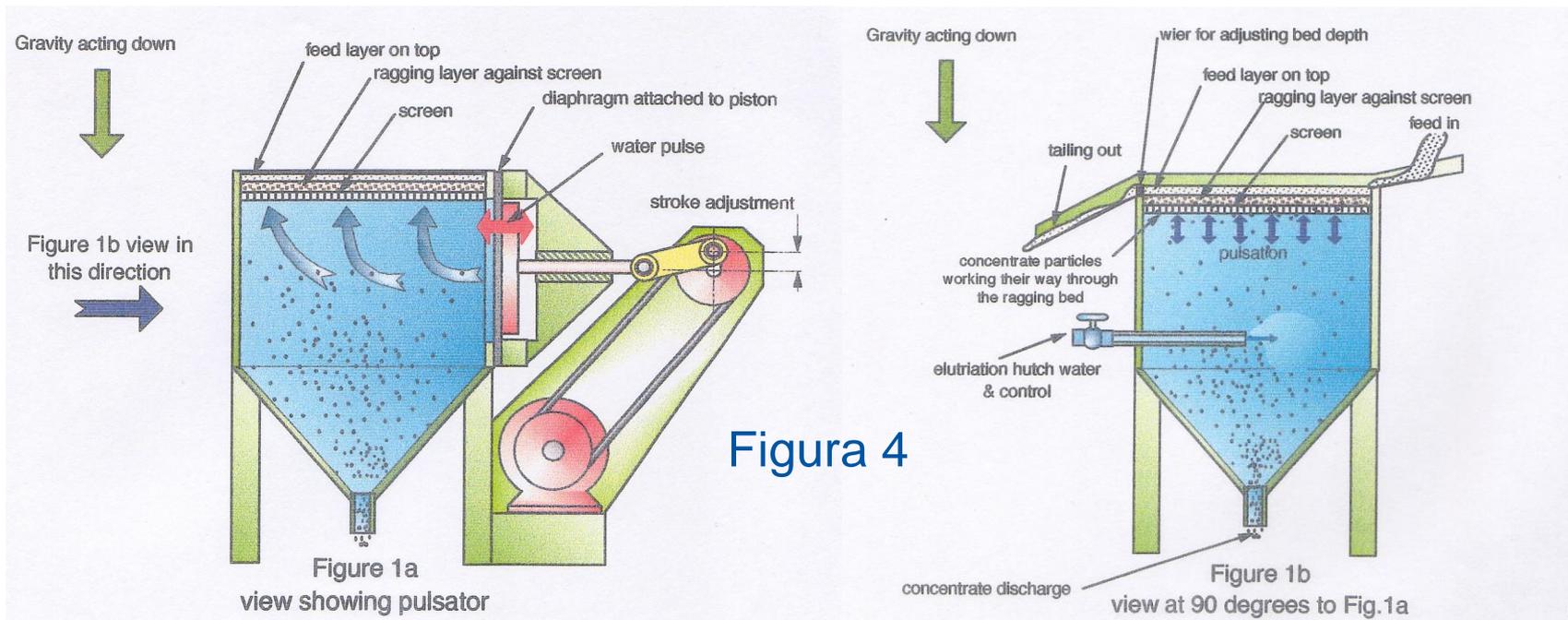


Figura 4

Jig convencional con empleo de diafragma y pistón



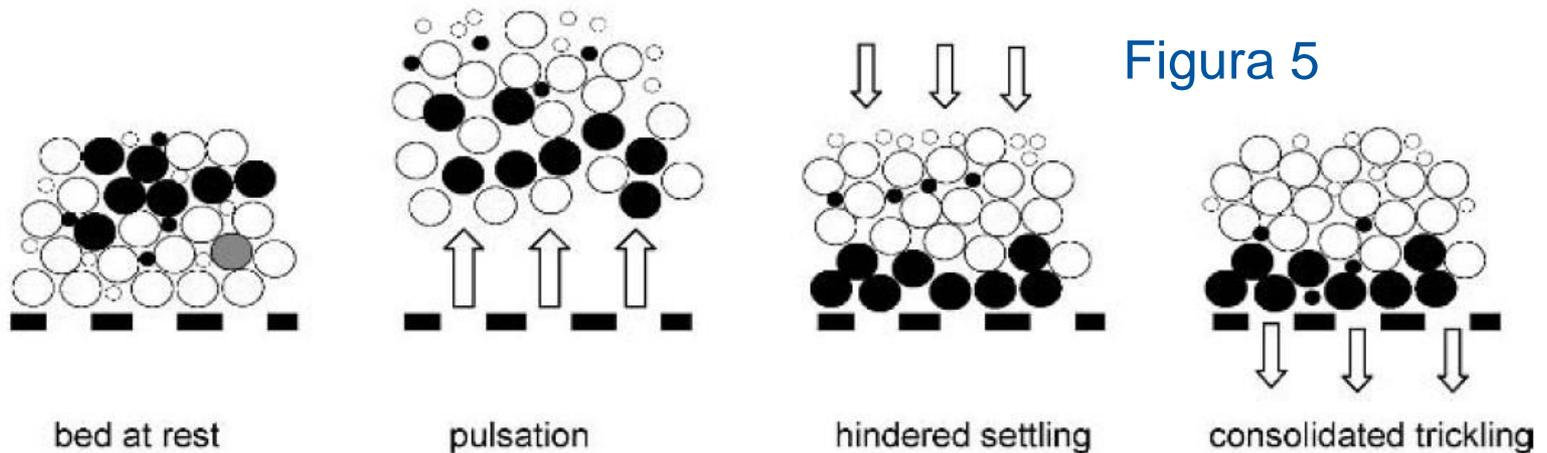
Criba fija y “ragging”. Funcionamiento

- La criba fija puede presentarse con un tamaño de abertura inferior al diámetro de las partículas pesadas, o con un tamaño de abertura superior al diámetro de las partículas de mineral.
- Las pulsadoras que emplean el último tipo de criba se las conoce como pulsadoras de método anglosajón.
- En el método anglosajón las partículas de concentrado caerán en la cuba inferior de la pulsadora de donde serán retiradas por algún medio mecánico como tornillos sinfín o elevadores de cangilones.
- Además sobre la criba se mantiene de forma permanente una capa de partículas gruesas, denominada *ragging*, formada por el propio mineral denso o bien por otro tipo de material como **feldespatos** (limpieza de carbones) o **mineral de hematites** (concentración de casiterita o schelita).
- El “*ragging*” debe tener un tamaño uniforme y lo suficientemente grande como para permitir la percolación de las partículas densas pequeñas; recomendándose un diámetro igual a cuatro veces el diámetro de la partícula pesada más grande.



Criba fija y “ragging”. Funcionamiento

- El “*ragging*” debe presentar una densidad superior a la de las partículas intermedias gruesas para permanecer en el fondo del lecho y además permitir la dilatación durante la carrera ascendente del pistón o diafragma.
- Con la pulsación o “*jigging*” se busca la estratificación de las partículas a través de los ciclos de expansión y compactación de la capa fluida de mineral como consecuencia del efecto del flujo vertical pulsante.

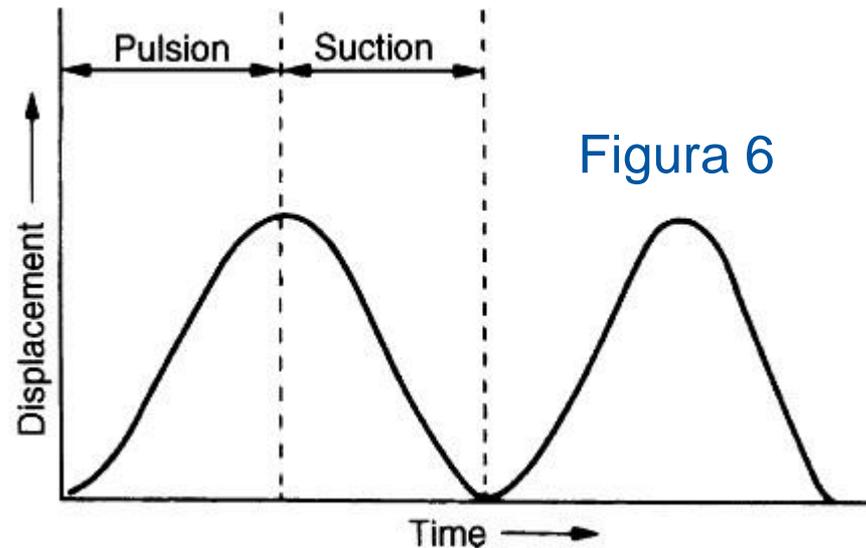


Expansion and contraction of a bed of particles due to jigging action.



Ciclo de la pulsación. Carreras

- Se puede hablar de dos tipos de carreras (en inglés, “*strokes*”):
 1. Carrera ascendente (“*stroke up*”): las partículas menos densas son elevadas, alcanzando una mayor distancia que las partículas más densas.
 2. Carrera descendente (“*stroke down*”): las partículas más pesadas sedimentarán más rápidamente que las partículas ligeras.



Movimiento del pistón en una pulsadora

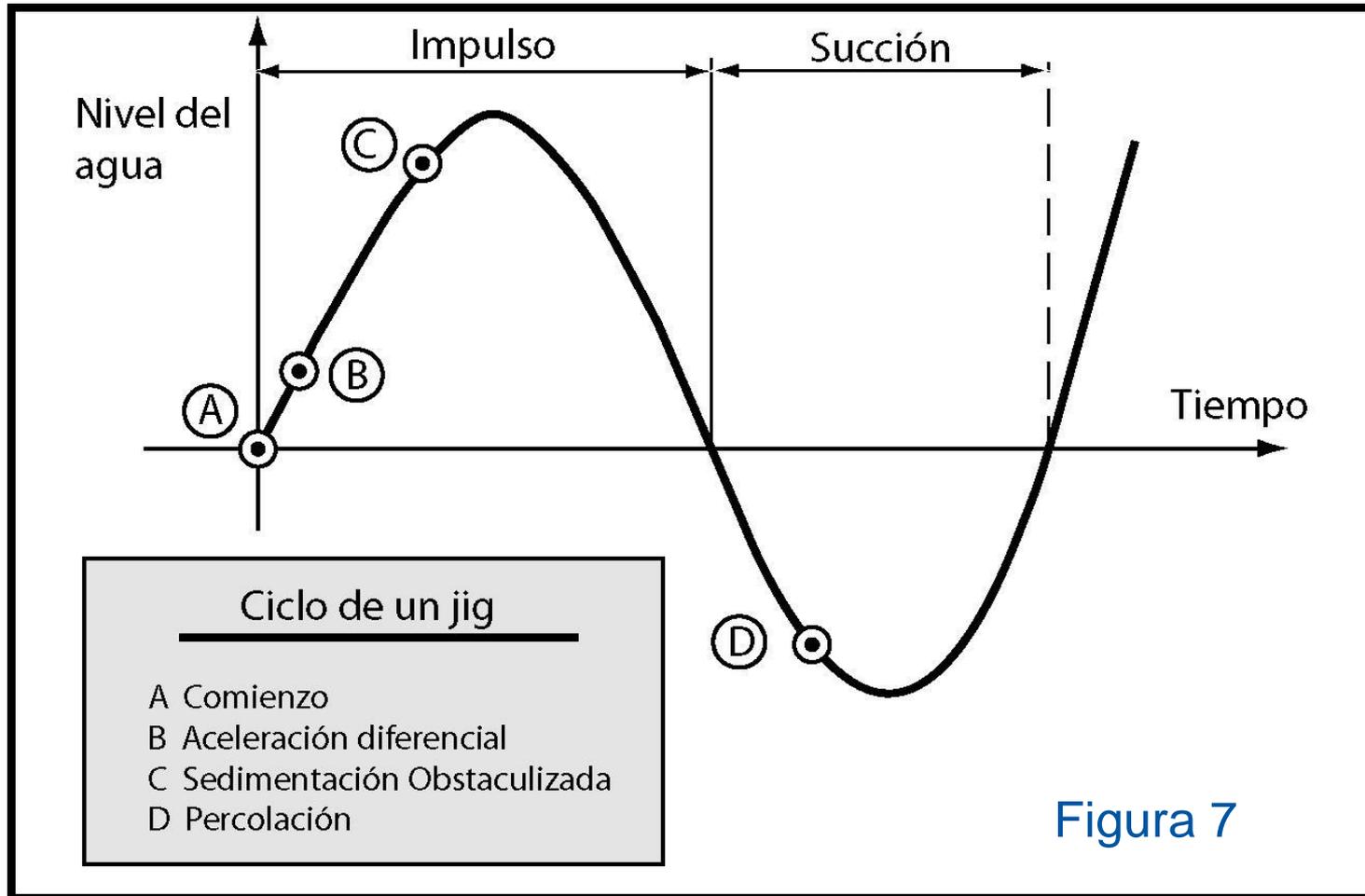


Creación de la estratificación. Principio de operación

- La estratificación se alcanza cuando las partículas más pesadas se encuentran depositadas en una capa inferior y las partículas más ligeras sobre las pesadas.
1. Al comienzo del ciclo tiene lugar el inicio de la carrera de impulso o pulsación que eleva la capa de mineral como un todo; una vez que la velocidad disminuye, la capa fluida de partículas se expande debido a la diferencia en las velocidades de sedimentación de las mismas, creándose separaciones entre ellas y favoreciéndose una sedimentación libre (predominio de la **aceleración diferencial**).
 2. En esta fase, la aceleración de las partículas es independiente del tamaño y depende de las densidades y del medio fluido.
 3. Si esta fase se repite y se hace lo suficientemente corta como para que las partículas no alcancen la velocidad terminal, teóricamente estaremos separando las partículas más densas de las más ligeras (**ciclos de pulsación cortos**).
 4. Aunque se emplean carreras cortas y muy rápidas para separar minerales finos. No obstante, se consigue una mejor estratificación y un mayor control del proceso empleando carreras más largas y más lentas, especialmente cuando se tratan partículas gruesas de mineral.



Creación de la estratificación. Principio de operación



Ciclo completo de una pulsadora y fenómenos de sedimentación que aparecen.

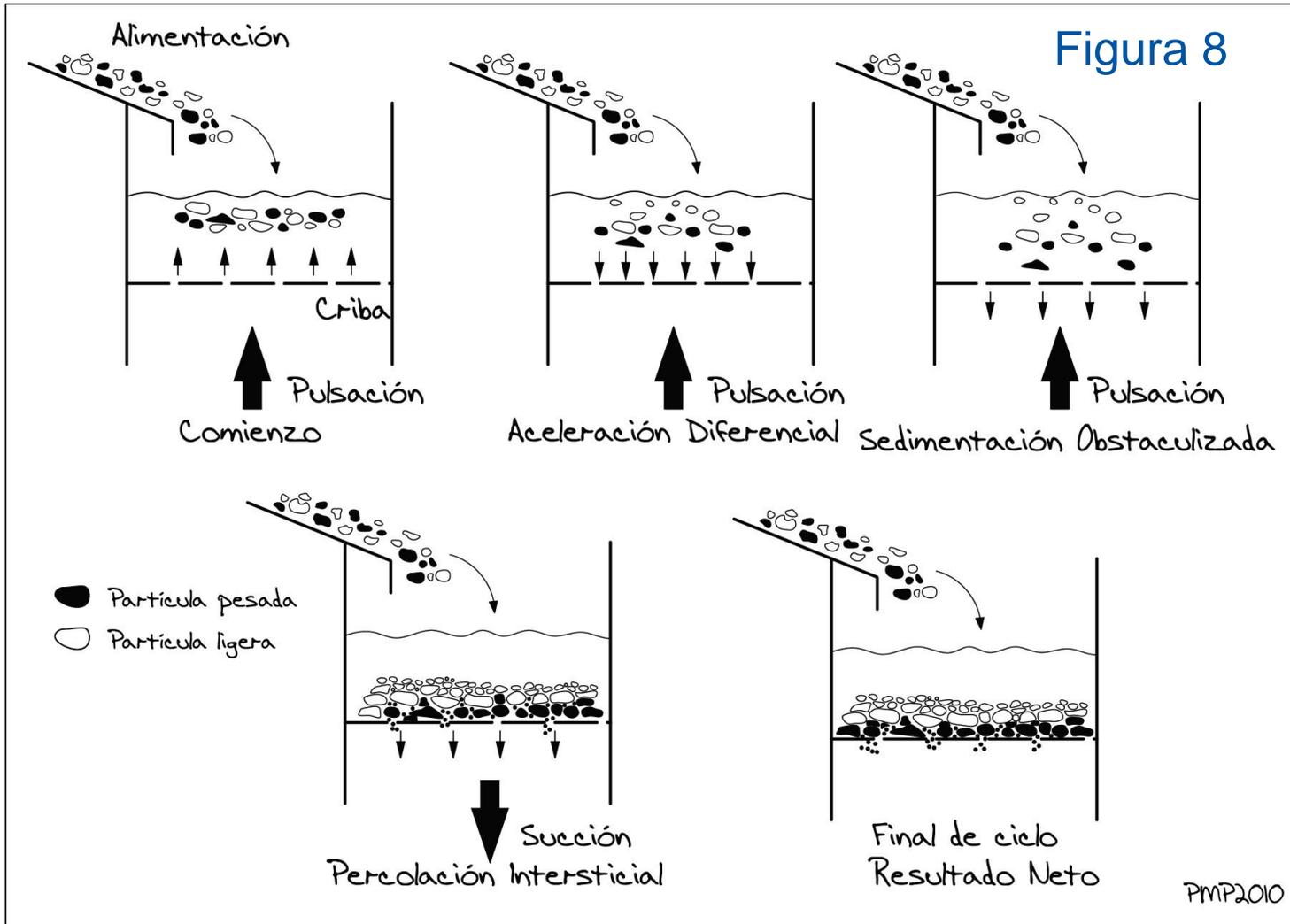


Creación de la estratificación. Principio de operación

5. Considerando el punto anterior, es recomendable clasificar previamente los minerales en rangos de tamaños lo más estrechos posibles y tratarlos de forma diferente en las pulsadoras.
6. Si las partículas se analizaran después de haber transcurrido un tiempo desde que comenzó la carrera ascendente se podría observar como éstas han alcanzado la velocidad terminal.
7. En esta última fase las partículas se moverán con una velocidad diferente dependiendo de su tamaño y densidad. Aquí se tienen condiciones de **sedimentación obstaculizada**.
8. Aún con el flujo ascendente (carrera ascendente), y condiciones de sedimentación obstaculizada se favorece la sedimentación de las partículas de mayor velocidad terminal (partículas pesadas y gruesas) mientras que las partículas de menor velocidad terminal (partículas ligeras y finas) son arrastradas a una mayor altura por el flujo de agua.
9. Al final del ciclo de pulsación ascendente y comienzo del ciclo de succión la capa fluida de partículas mineral comienza a compactarse, donde las partículas más grandes quedan bloqueadas entre ellas pero permitiendo a las más pequeñas y pesadas penetrar a través de los intersticios (**percolación intersticial**).



Creación de la estratificación. Principio de operación

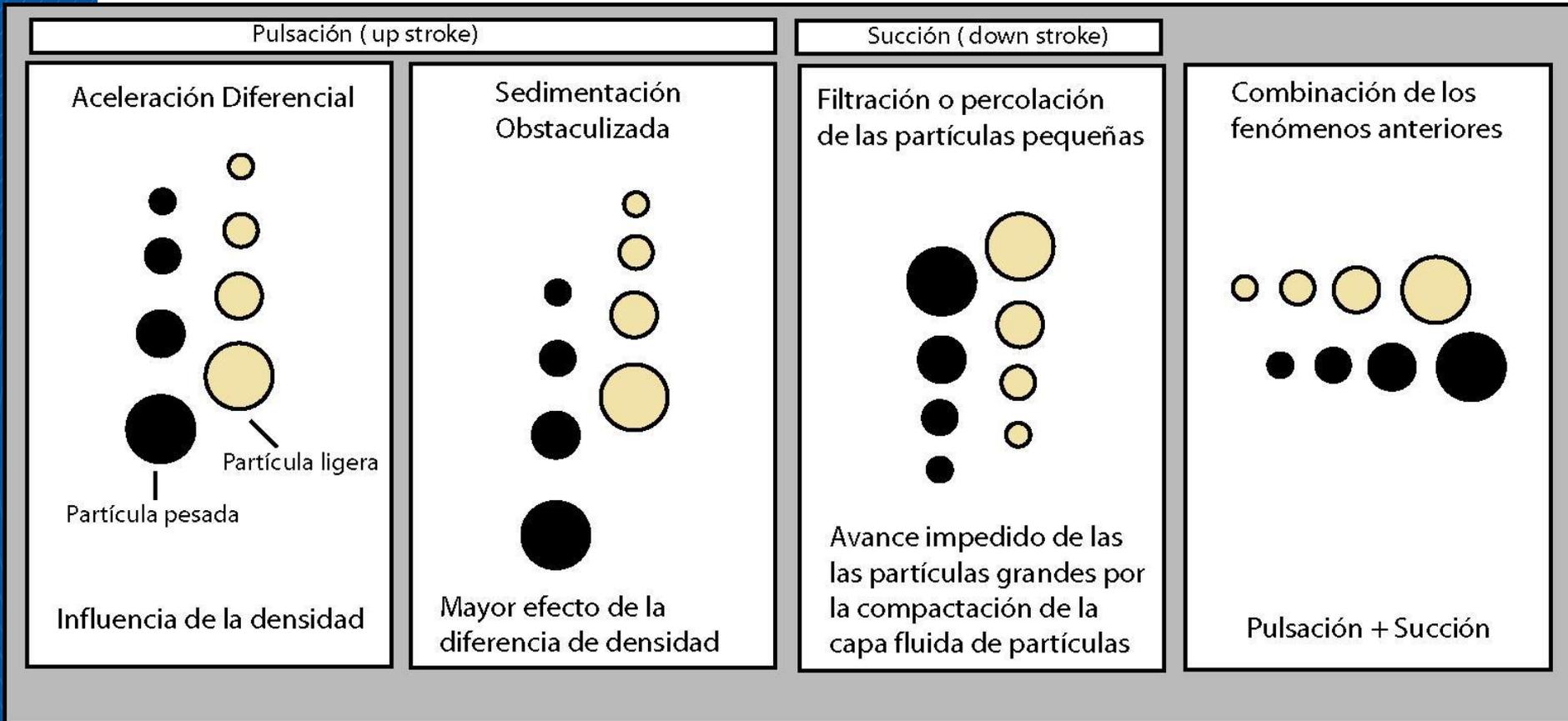


Fenómeno de la estratificación según las densidades



Creación de la estratificación. Principio de operación

Figura 9



Fenómeno de la estratificación según las densidades

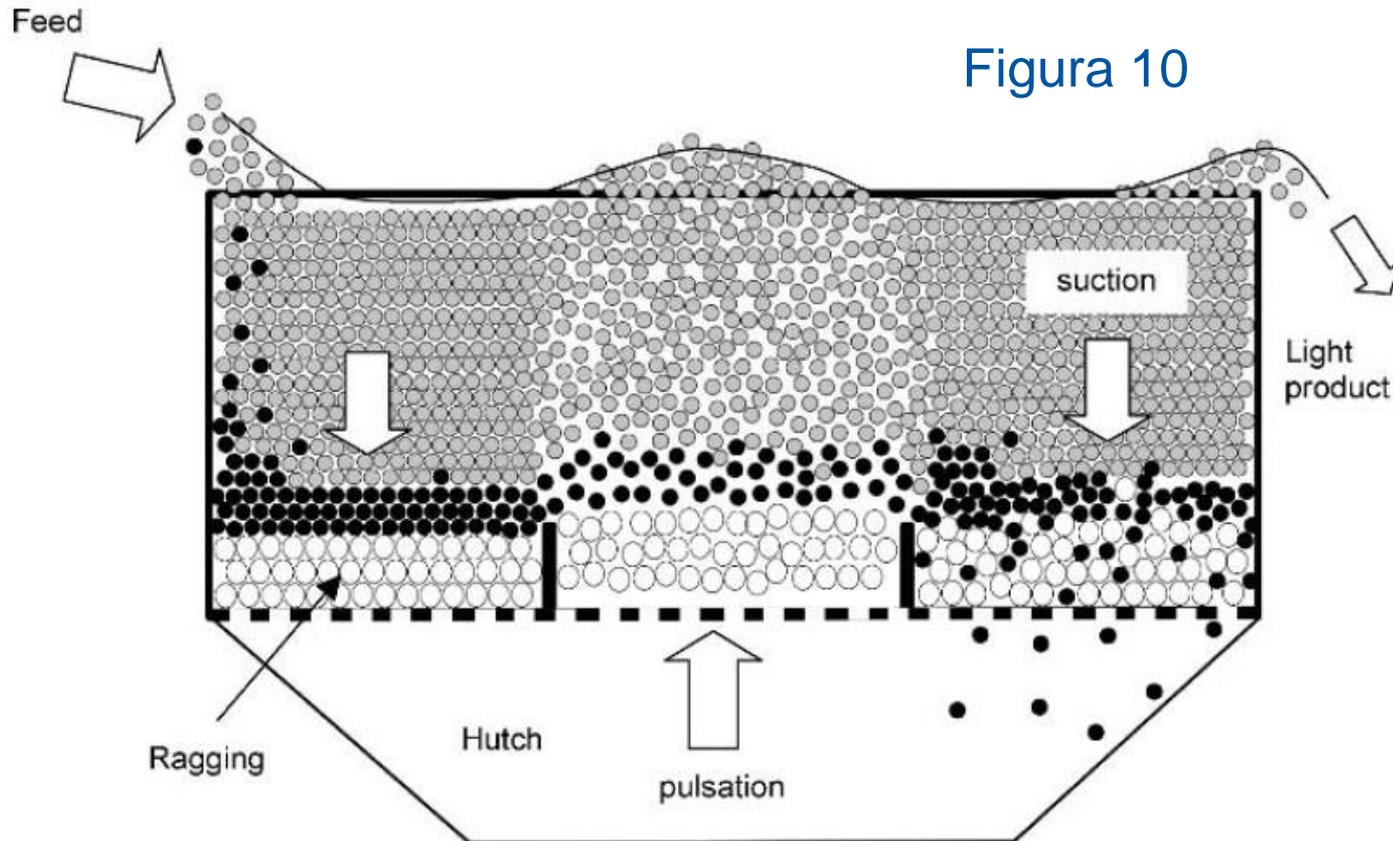


Creación de la estratificación. Teoría de Gaudin

1. La estratificación durante la etapa en la que la capa fluida está expandiéndose está controlada por la aceleración diferencial, primero, y la sedimentación obstaculizada después.
2. Durante la etapa de compresión de la capa fluida de partículas, la estratificación estará controlada por los procesos de sedimentación por percolación.
3. Así, en el primer proceso se colocarían los granos gruesos y pesados sobre el fondo de la capa y los ligero y finos en la parte superior de la misma, estando los granos gruesos y ligero y los granos finos y pesados en la región central de la capa fluida.
4. En la segunda etapa de compactación, se situarían en el fondo los granos finos y pesados y colocando los granos gruesos (tanto ligeros como pesados) en la parte superior de la capa.
5. Finalmente controlando las carreras y su frecuencia las dos etapas anteriores pueden controlarse para obtener una perfecta estratificación en base a las densidades.



Creación de la estratificación. Principio de operación



Pulsación de la capa fluida de mineral a través de la criba (vista frontal de una pulsadora)



Elementos básicos de diseño de un jig

- Las diferencias básicas entre los diferentes tipos se encuentran en los siguientes elementos:
 1. Una criba (“*screen*”) para mantener la capa fluida de mineral sobre la misma.
 2. Un tanque o cuba (“*hutch*”) situado bajo la criba y que dispondrá de una salida inferior para retirar las partículas finas densas.
 3. Un conjunto mecánico que provocará las acciones de impulsión y succión del baño fluido.
 4. Un sistema para modular (amplitud y frecuencia) de la onda pulsante.
 5. Un sistema para regular el flujo ascendente del agua.
 6. Un método para suministrar alimentación a la capa fluida de mineral.
 7. 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.



Clasificación de los Jigs atendiendo a la movilidad de la criba

- **Jigs con criba móvil:**
 - Es la antigua pulsadora 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 crear las pulsaciones líquidas.
 - Las versiones mecanizadas de este principio son los jigs Hancock y James. Los detalles de los mismos se pueden observar en el libro “*Handbook of Mineral Dressing*” de Arthur Taggart.



Clasificación de los Jigs atendiendo a la movilidad de la criba

- **Jigs con criba fija:**
 - En la actualidad todos los jigs son de criba fija.
 - Las impulsiones y succiones verticales del fluido pasarán a través de esta criba.
 - Los diferentes tipos de jigs más comunes se presentan agrupados en la siguiente tabla y se ven esquemáticamente en las siguientes figuras.



Clasificación de los jigs de criba fija

Tabla 5

8.4. Tipos de Jigs

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 (Rusia)	MOBK	Pistón neumático



Clasificación de los jigs de criba fija (I)

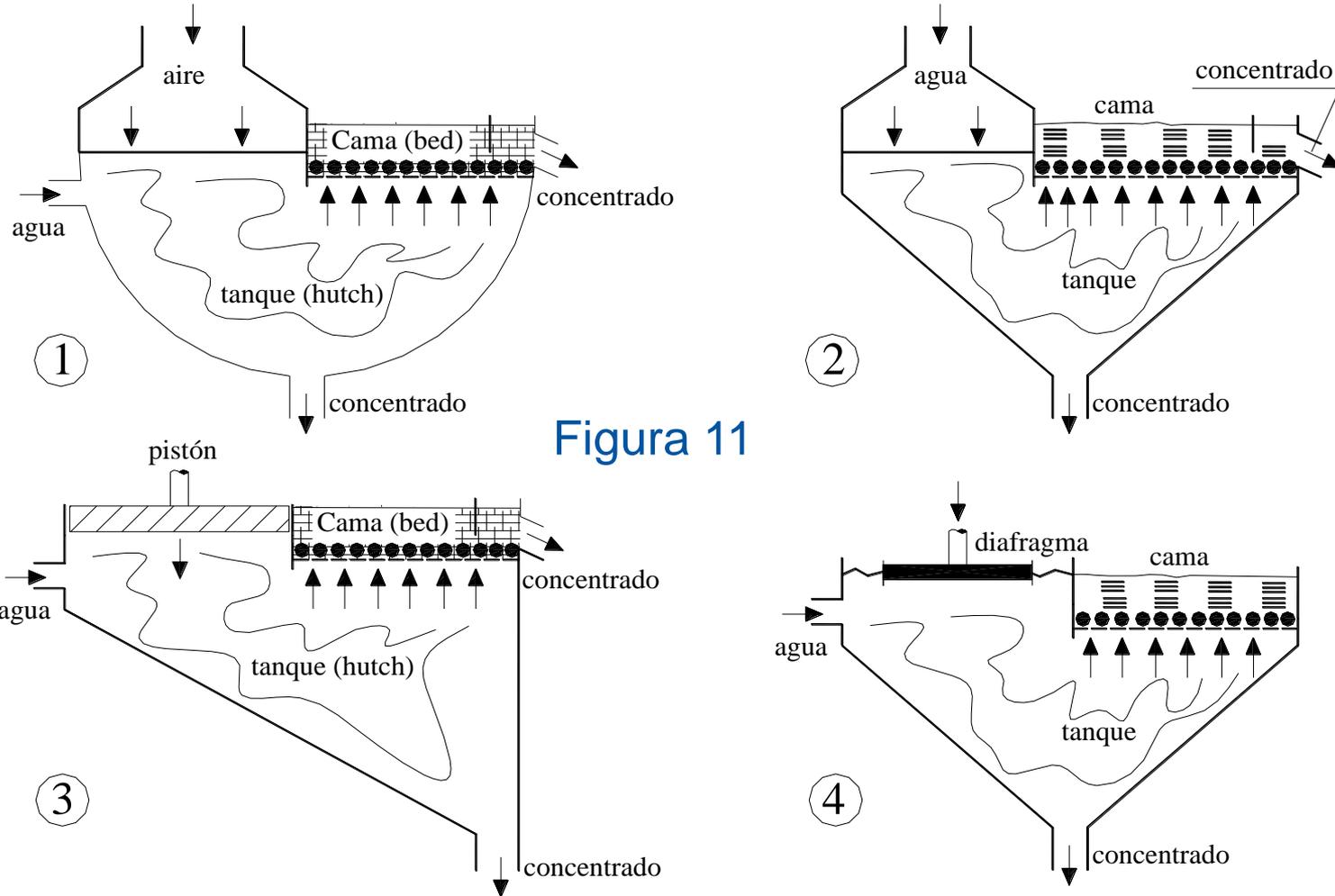


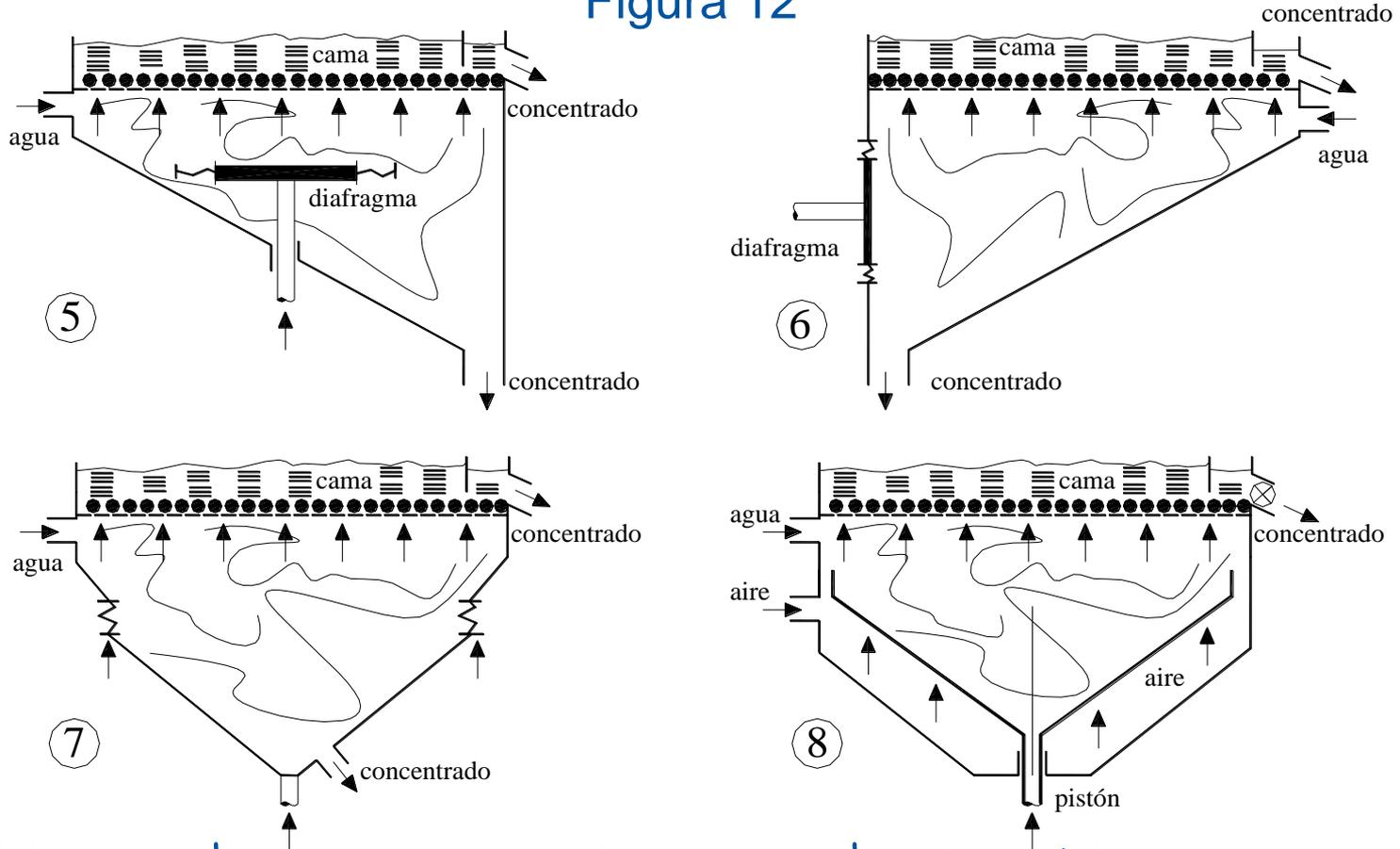
Figura 11

Diseño de cubas y sistemas de impulsión para diferentes tipos de jigs (vistas laterales)



Clasificación de los jigs de criba fija (II)

Figura 12



Diseño de cubas y sistemas de impulsión para diferentes tipos de jigs (vistas laterales)



- Uno de los jigs más antiguos. Usados hoy en condiciones muy excepcionales ya que los minerales que puede separar se pueden tratar por equipos HMS.
- Las pulsaciones son producidas por el movimiento vertical de un pistón que se encontraba en un compartimento individualizado al tanque de concentración (100-300 cpm; 0.4 – 10 cm de longitud de carrera (*stroke*)).
- Puede presentar hasta cuatro compartimentos de separación donde sucesivamente se va recogiendo el concentrado con leyes decrecientes.

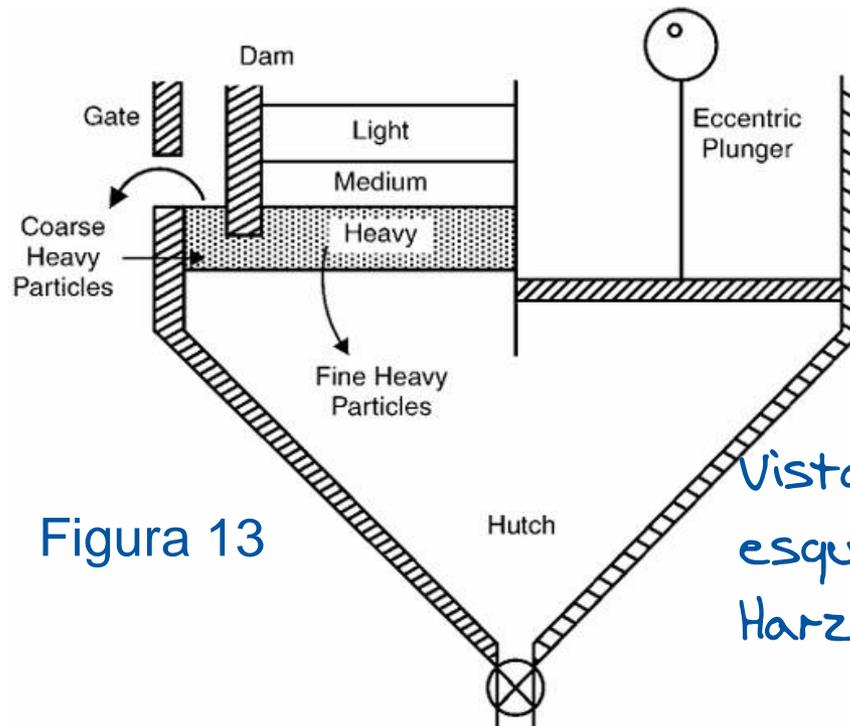


Figura 13

Vista lateral
esquemática de un jig
Harz



- Está ampliamente extendido, sobre todo para la retirada de los concentrados de mineral en los circuitos cerrados de molienda, evitando la sobremolienda de estas partículas.

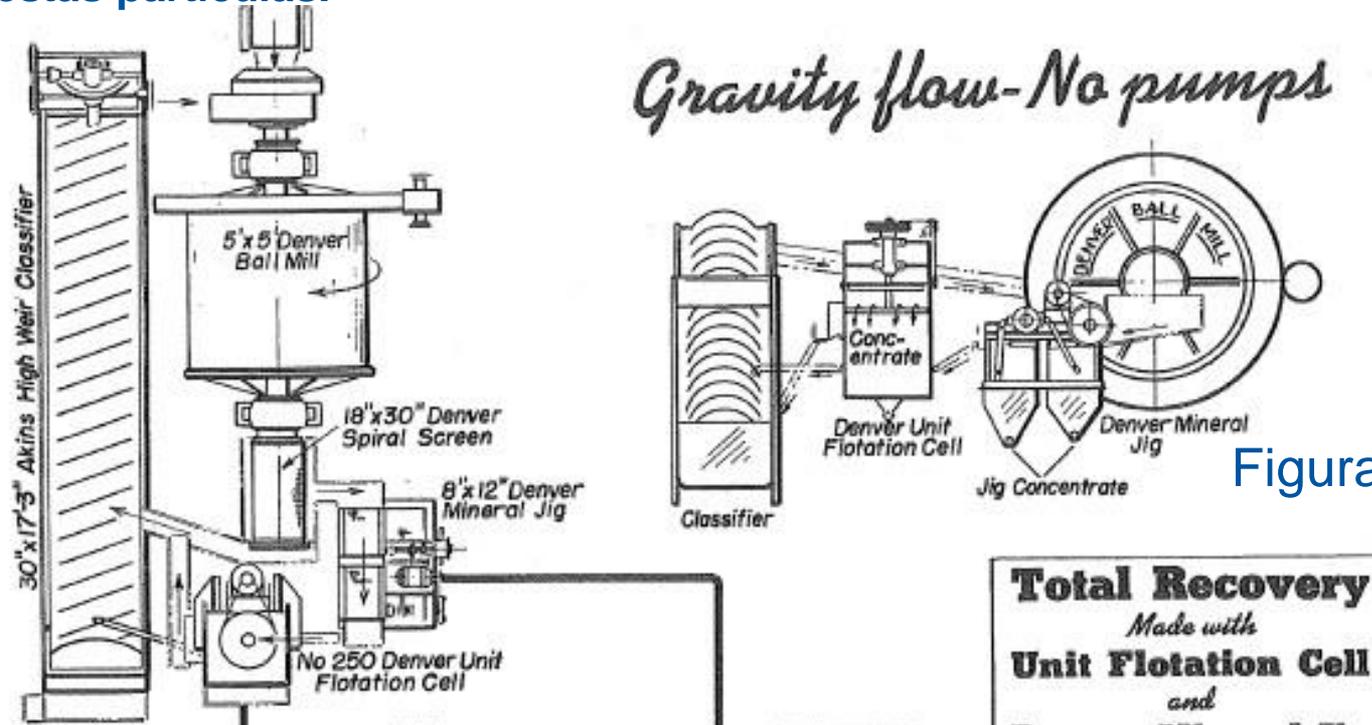


Figura 14

Unit Flotation Cell CONCENTRATES		
Product	Percent Recovery	Grade
Au	13.7	0.10 oz.
Ag	36.8	15.0 oz.
Pb	54.2	69.5 %
Zn	4.7	2.5 %

Denver Mineral Jig CONCENTRATES		
Product	Percent Recovery	Grade
Au	59.5	3.90 oz.
Ag	4.1	15.1 oz.
Pb	7.2	82.8 %
Zn	0.2	0.8 %

Total Recovery Made with Unit Flotation Cell and Denver Mineral Jig in Ball Mill-Classifier circuit		
Product	Percent Recovery	Grade
Au	73.2	0.48 oz.
Ag	40.9	15.00 oz.
Pb	61.4	70.8 %
Zn	4.9	2.3 %



- Al igual que el jig Harz, el jig Denver también es de pistón o émbolo.
- La válvula de entrada del agua, de tipo rotativo, puede ajustarse para que se abra en el momento deseado en el ciclo de pulsación. Normalmente, esto sucede en el ciclo de subida del émbolo (*upstroke*)
- La sincronización entre el émbolo (pistón) y la válvula del agua se lleva a cabo a través de una banda de goma.
- A través del ajuste adecuado de la entrada de agua se puede alcanzar cualquier variación en el trabajo de la pulsadora; estando ésta comprendida entre una completa neutralización del efecto de la succión o un equilibrio completo entre las fases de pulsación y succión.
- Las pulsaciones se crean a través de la subida ("*upstroke*") y bajada ("*downstroke*") de un émbolo que se encuentra unido a un diafragma o membrana flexible.
- El tamaño de alimentación puede ser menor de 6 mm (abertura igual a 3 Mallas).

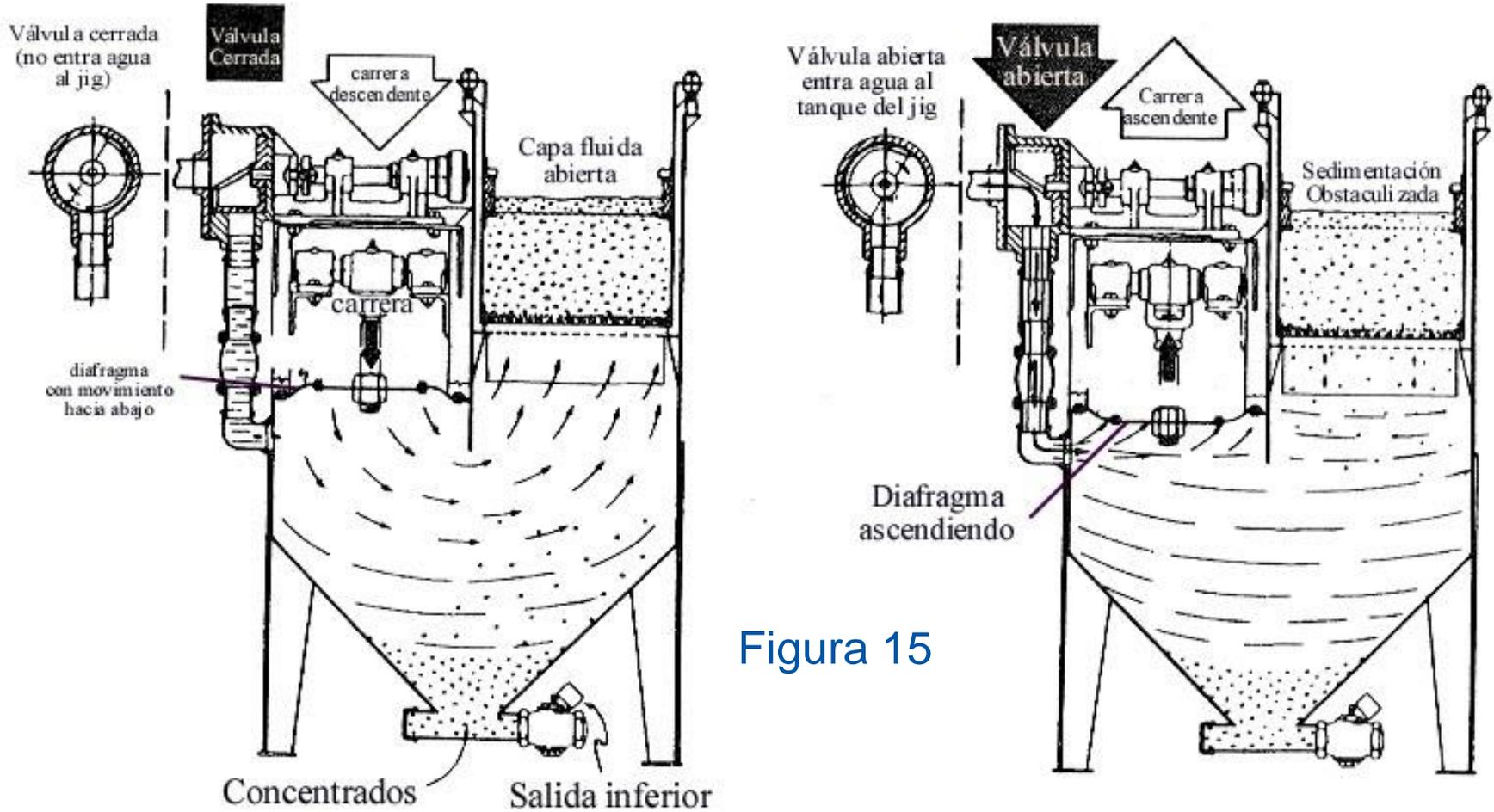


Figura 15

Vista lateral de un Jig Denver. Ciclo de trabajo



- Esta pulsadora se caracteriza por realizar la operación por medio de aire a presión.
- Tienen una implantación importante en el lavado o limpieza de carbones (“*coal washing process*”).
- La pulsación se crea a través de la liberación de aire a presión, dentro de una cámara situada en un lateral del jig y generando las acciones de pulsación y succión sobre el agua de la cuba.

- Tipo de pulsación de aire
- Dos o tres productos
- Descarga automática
- Diseño modular, área de cama y elevadores diseñados para adecuarse al trabajo
- Diseñada para tratar altas porciones de sumideros comparada a la clasificadora de minerales.

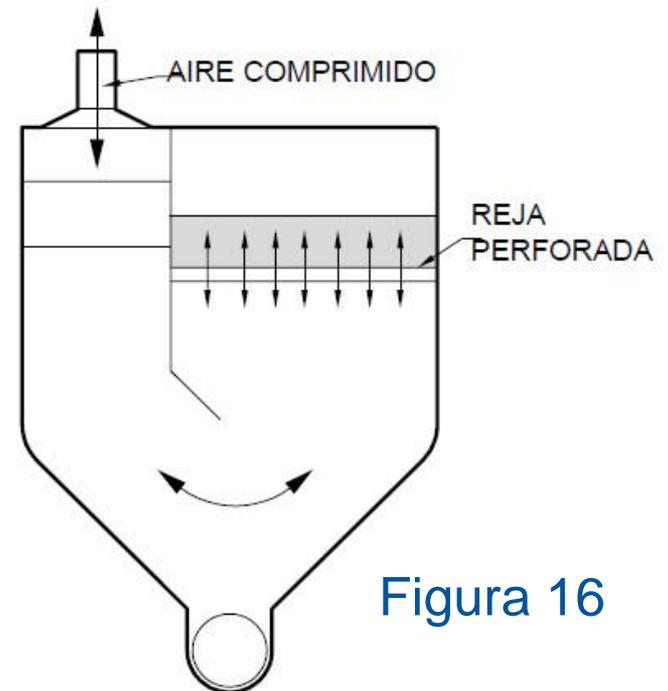


Figura 16



- Este sistema neumático permite ciclos mucho más apropiados que con los sistemas mecánicos y esto ha permitido que estos equipos se impongan al resto durante muchos años.
- Varios métodos se han desarrollado para separar de forma ininterrumpida el rechazo de las partículas de carbón (más ligeras).
- Así los equipos modernos incorporan flotadores inmersos en la capa fluida de mineral o medidores de la presión que debe ser ejercida por el agua, bajo la criba, para elevar la capa fluida, siendo ésta mayor cuanto más gruesa sea la capa fluida formada por el rechazo.

Vista lateral de un Jig Baum

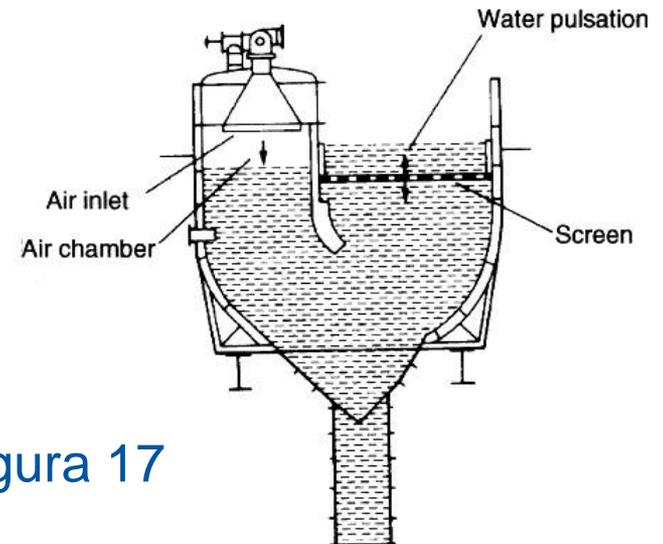


Figura 17



- El agua es pulsada entre 60 y 80 cpm.
- Este tipo de jig manejan fragmentos de carbón de hasta 130 mm. Aunque no son muy eficientes para partículas de carbón por debajo de los 6 mm.
- Con capacidades entre 270 y 700 tph.

A-Compressed Air Source
B-Jig Screen
C-Hutch Compartment
D-Pulsion Phase
E-Suction Phase
F-Screw Conveyor

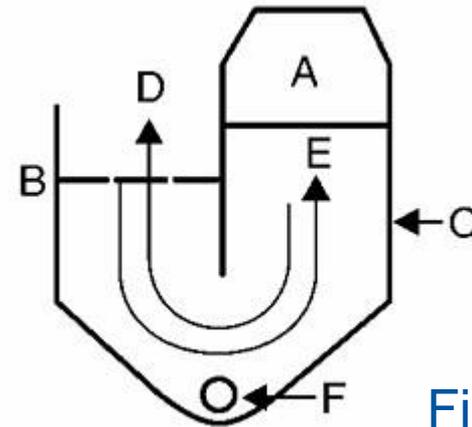


Figura 18

Vista esquemática lateral de un Jig Baum



JIG BAUM

8.4. Tipos de Jigs

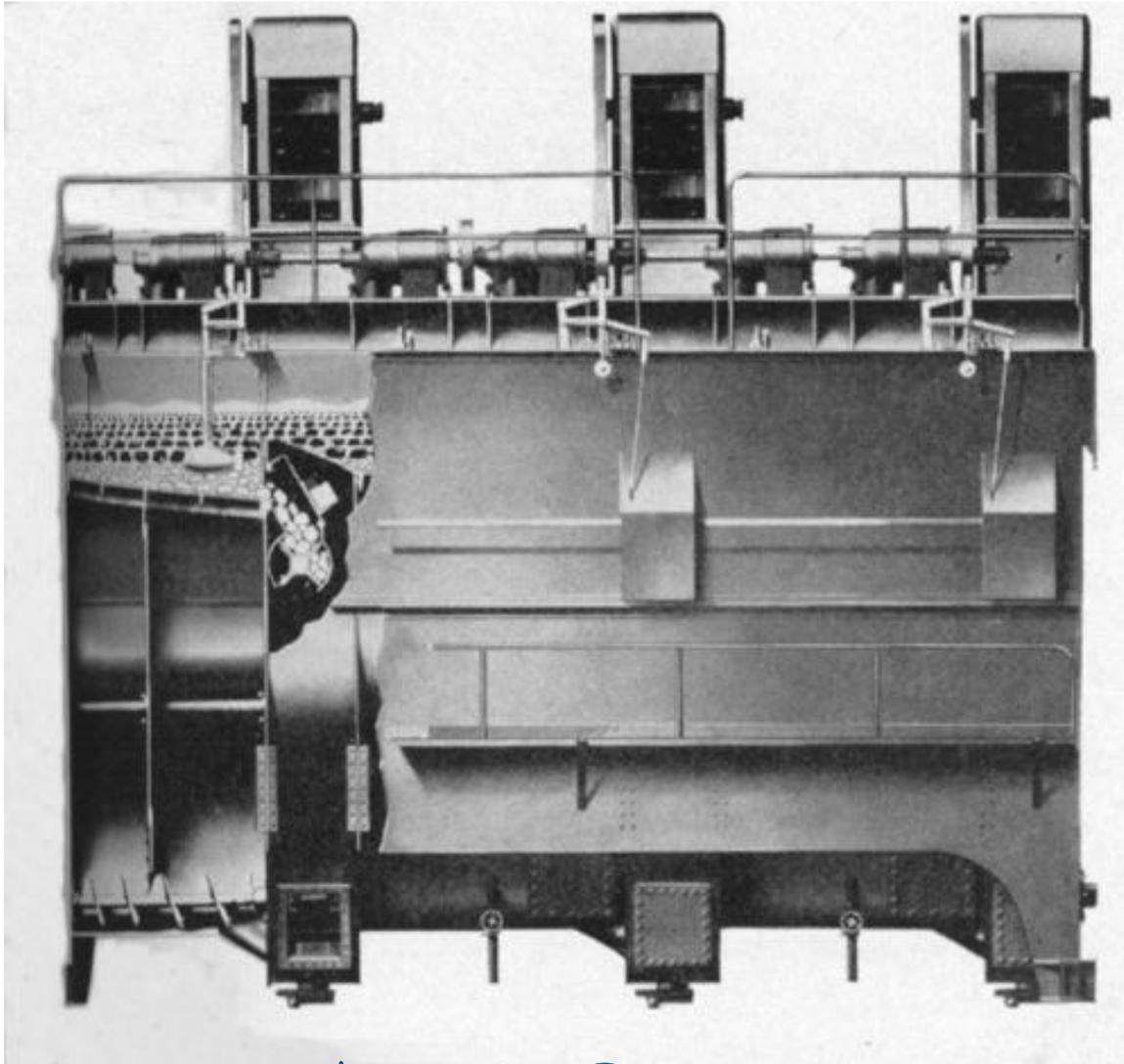
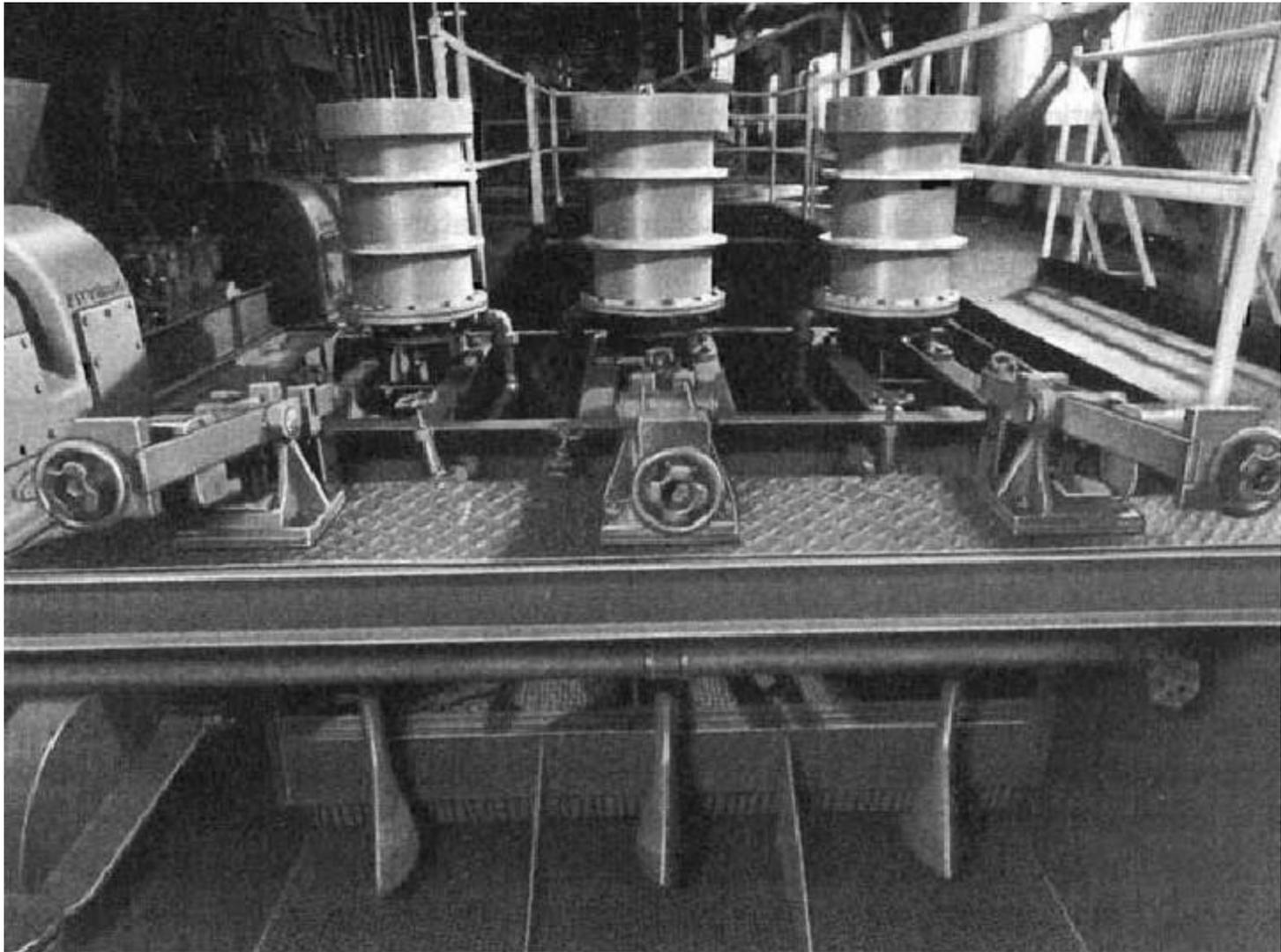


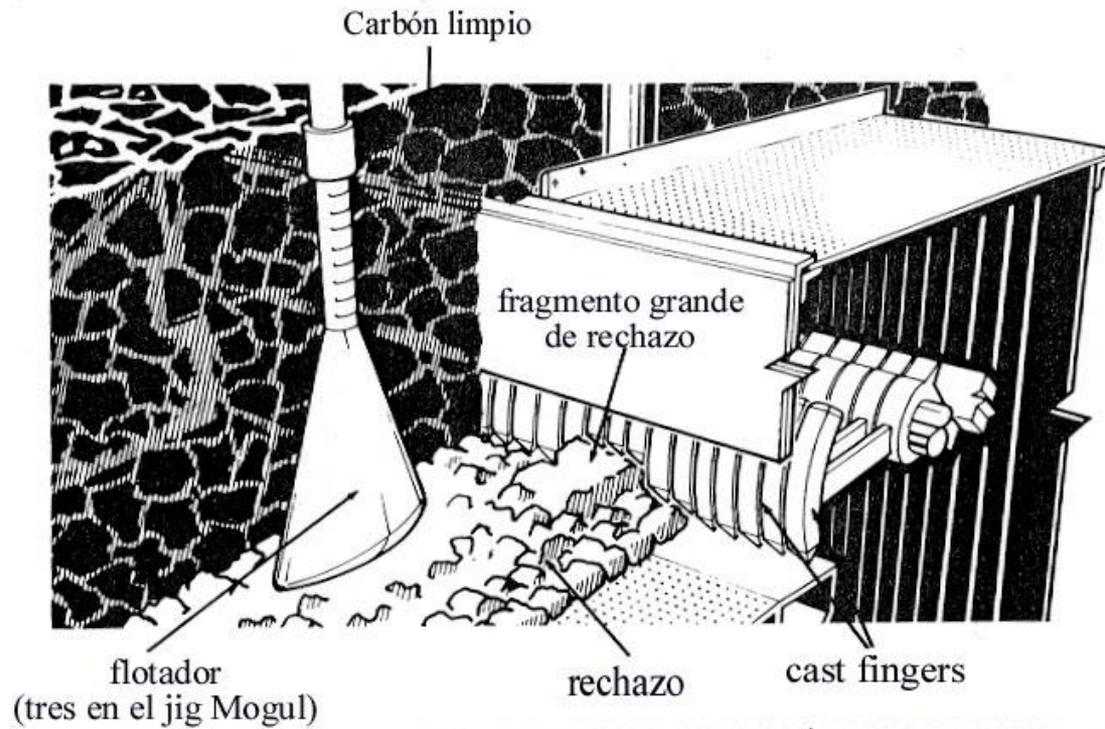
Figura 19

Vista frontal de un Jig Baum



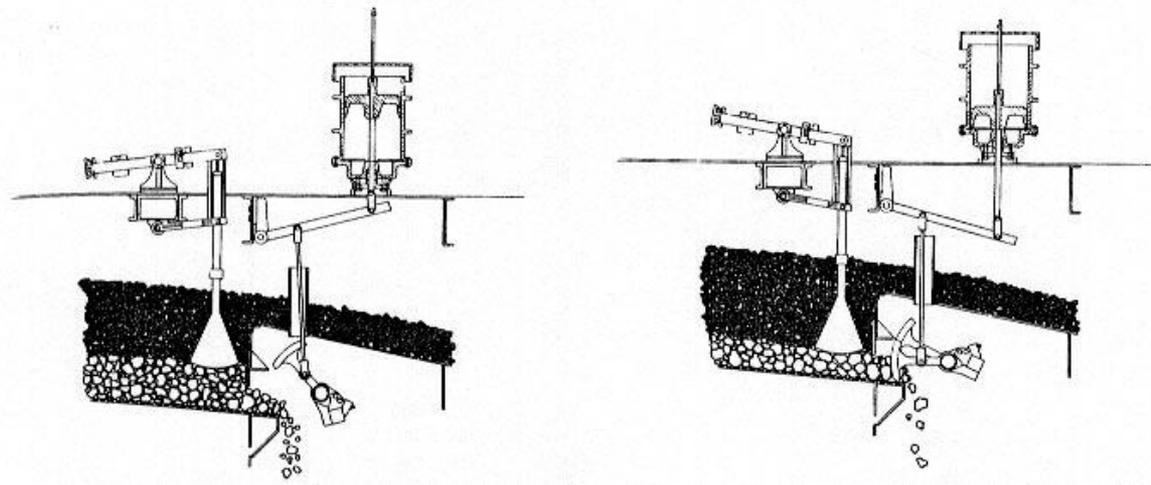
Flotadores en un Jig Baum

Figura 20



Flotadores en un Jig Baum trabajando con carbón

Figura 21



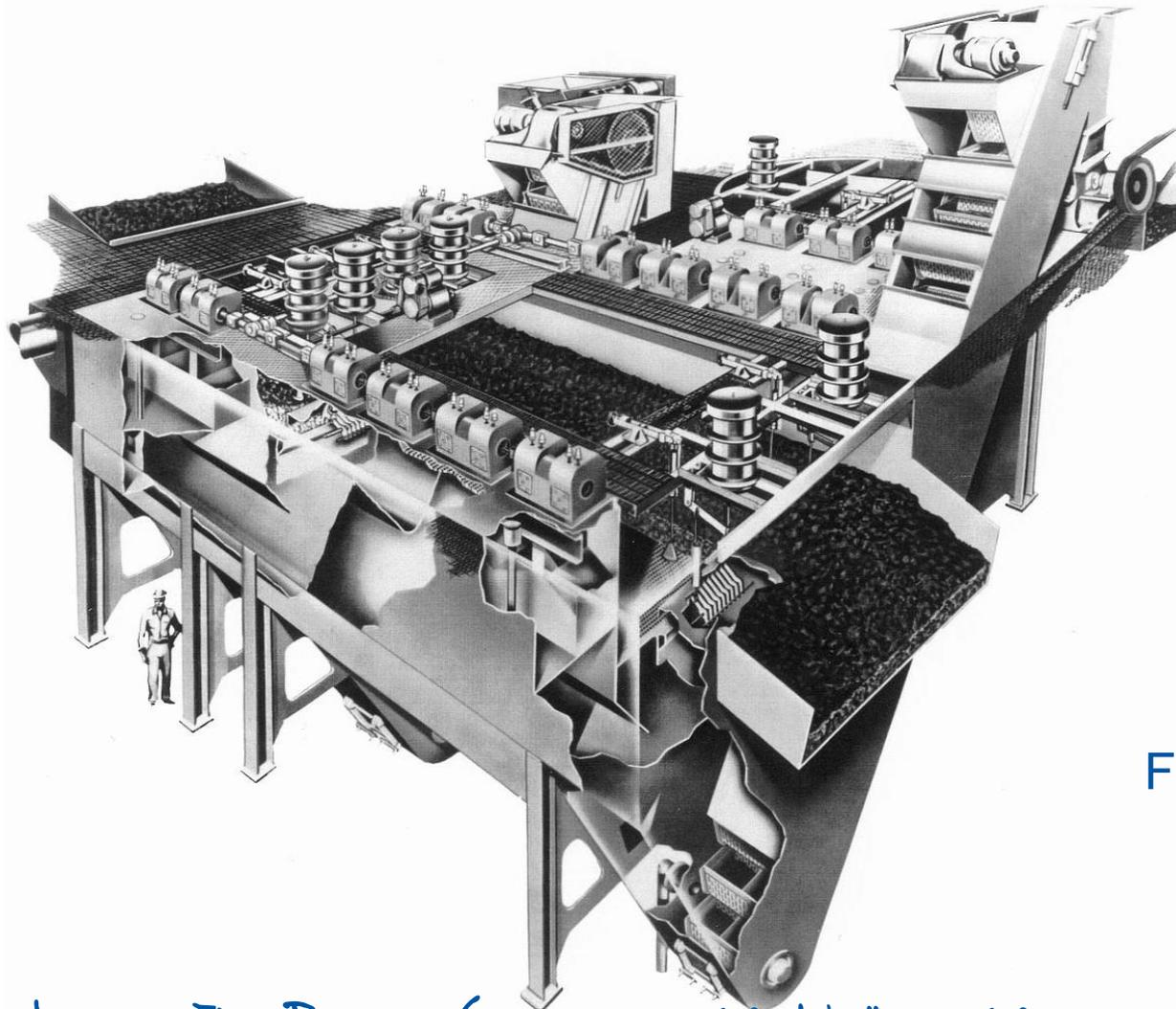


Figura 22

Vista de un Jig Baum (cortesía McNally – Metso Minerals)

McNALLY GIANT WASHER



Figura 23

Vista de un Jig Baum (cortesía McNally – Metso Minerals)

McNALLY MOGUL WASHER



- Es un jig que funciona al igual que la pulsadora tipo Baum, con aire a presión.
- No dispone de cámara de aire lateral ya que las entradas de aire a pequeñas cámaras se encuentran por debajo de la criba.
- Esto favorece una impulsión completa sobre la superficie de la pulsadora.

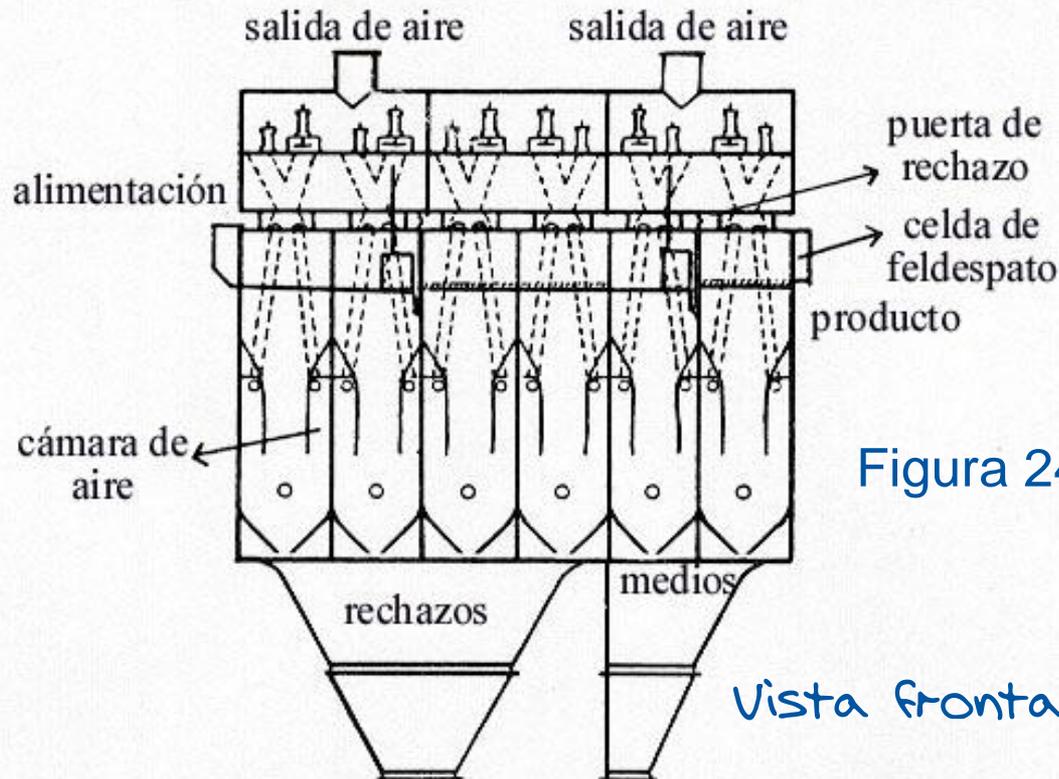
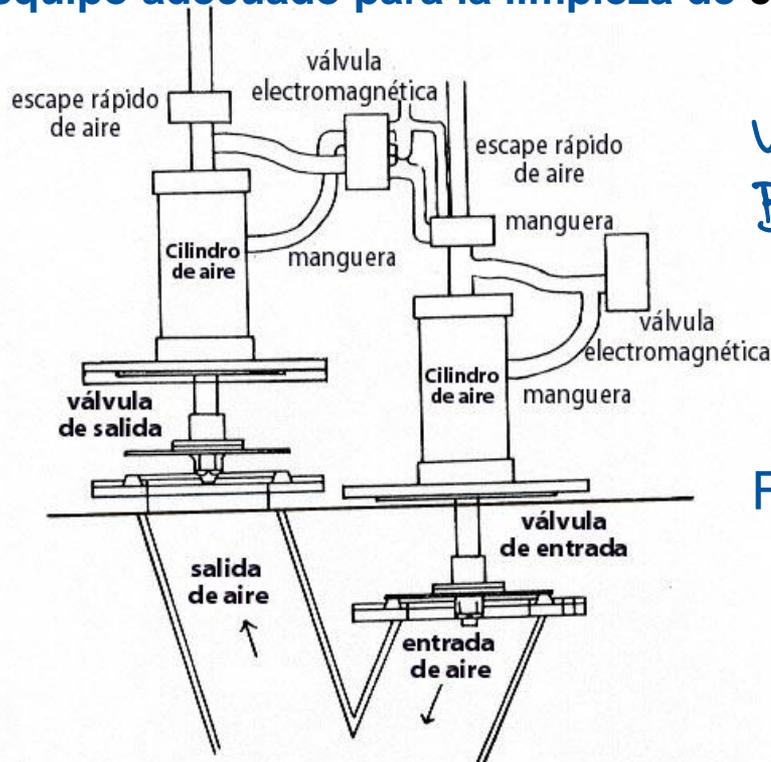


Figura 24

Vista frontal de un Jig Bataac



- Este jig emplea válvulas electromagnéticas controladas electrónicamente para interrumpir de forma brusca los ciclos de entrada y salida de aire a presión.
- Estas válvulas permiten su regulación para ofrecer un amplio abanico de carreras de impulsión y succión acordes al tipo de material a procesar.
- Es un equipo adecuado para la limpieza de carbones muy finos.

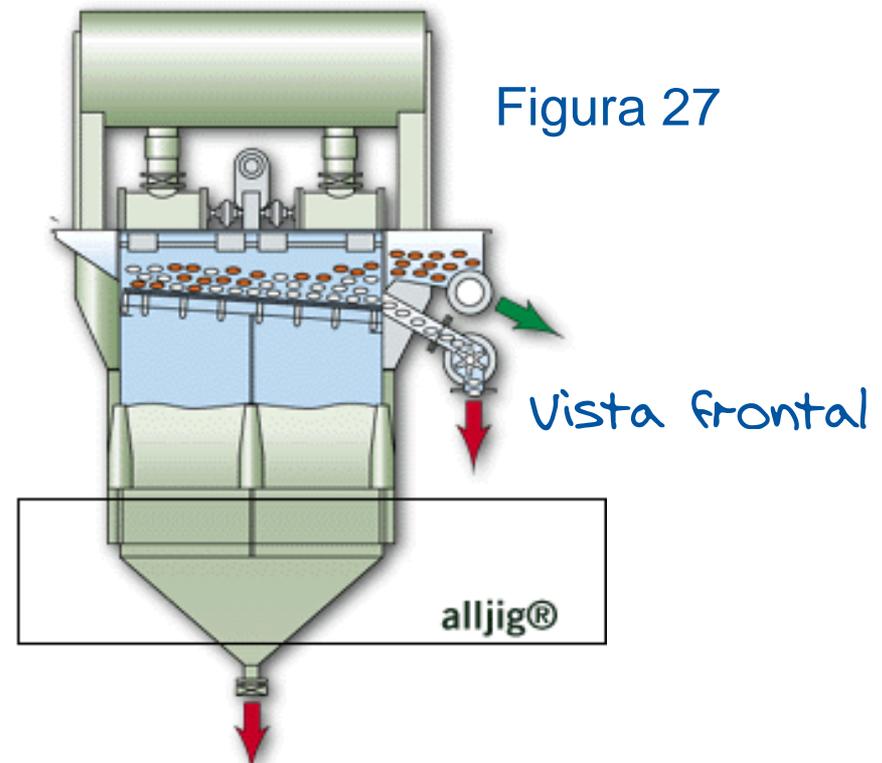
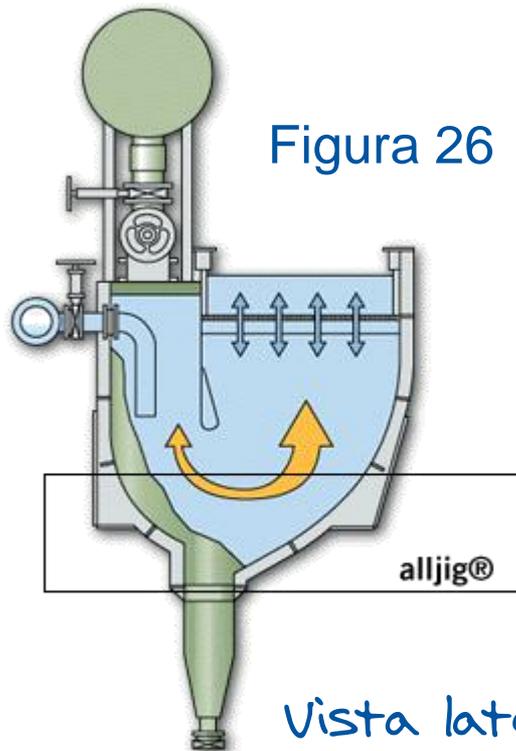


Válvulas de aire de un Jig Bataac

Figura 25

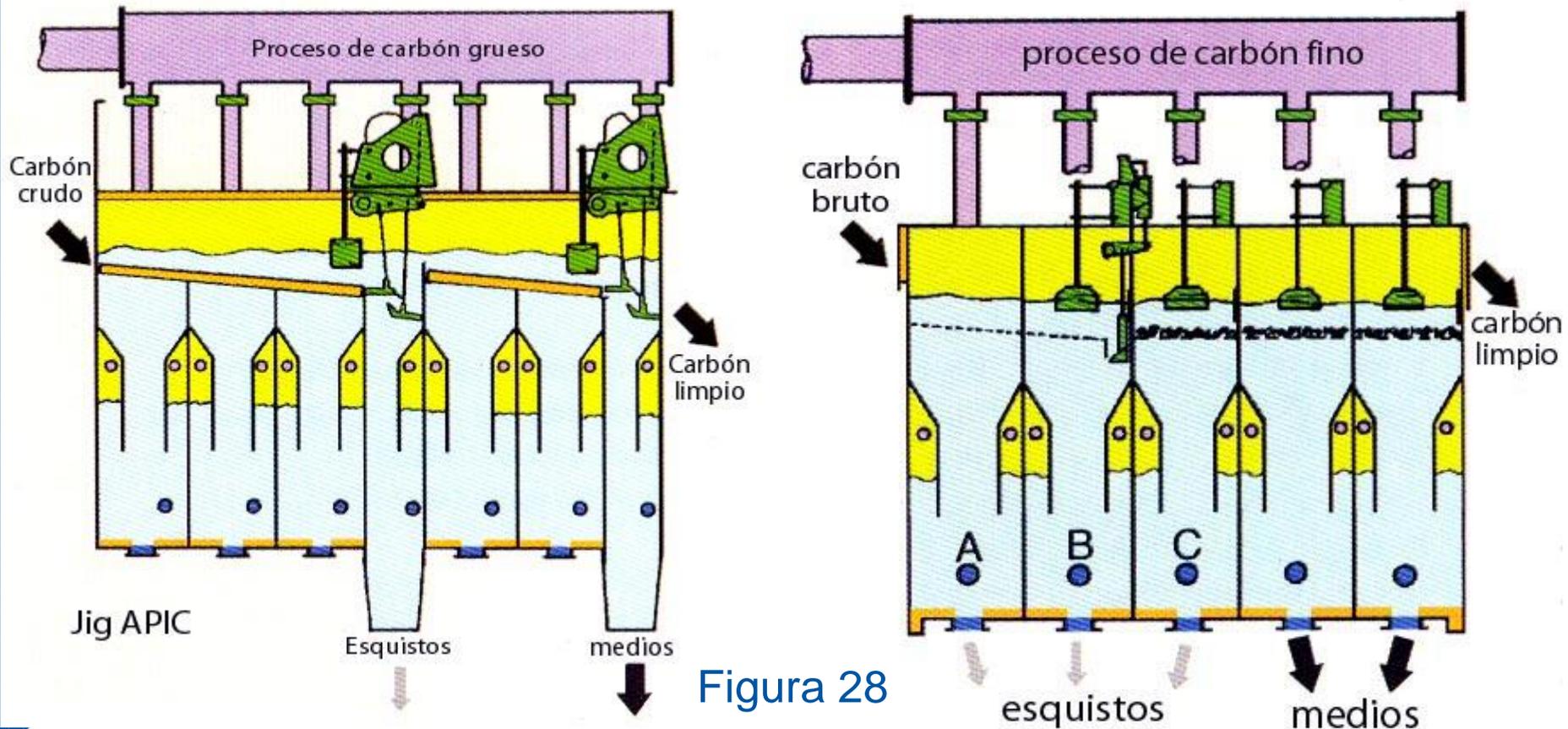


- Es una pulsadora tipo Baum del fabricante Allmineral (EEUU).
- Se emplea en EEUU para la limpieza de carbones, arenas y gravas (que contienen impurezas como madera, plásticos, arcillas, etc.).
- El tamaño de los fragmentos puede llegar hasta los **63 mm** para el caso de arenas y gravas y de **150 mm** para clasificación de materiales de reciclado.





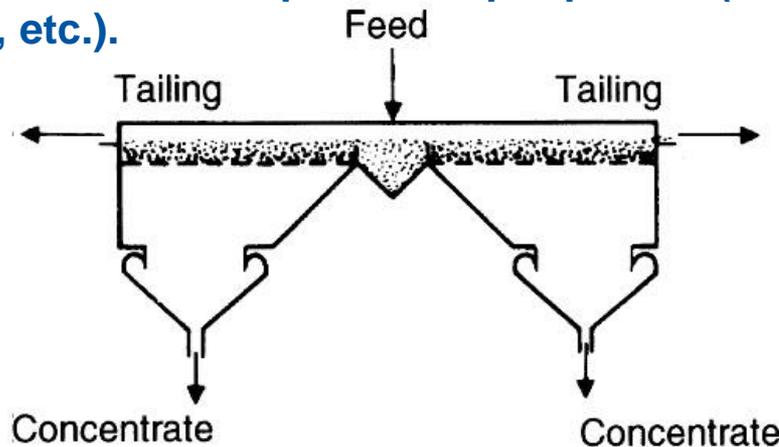
- Este jig es suministrado por **Bateman Co.**, y es de tipo neumático siguiendo el mismo diseño que el jig Batac.
- Se emplea para la recuperación de aleaciones ferrosas y otros metales provenientes de escorias. También para la concentración de minerales metálicos y en la limpieza de carbones de tamaño grueso y fino.



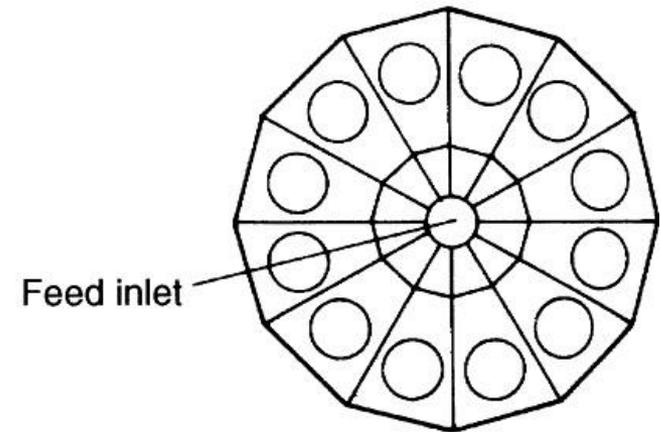


JIG DELKOR (IHC Radial Jig)

- Es un jig que posee un cono inferior pulsante, unido a un tanque a través de un diafragma o membrana flexible de goma.
- La carrera de impulsión es más rápida que la carrera de succión (tipo diente de sierra) con lo que la influencia sobre las partículas pesadas pequeñas es mayor. Les permite tiempos más largos de percolación entre las partículas gruesas.
- Es un equipo muy adecuado para la concentración gravimétrica de minerales procedentes de depósitos tipo placer (diamantes, oro, titanio, tungsteno, hierro, etc.).



(a)



(b)

Figura 29

(a) Outline of circular jig; (b) radial jig up to twelve modules



JIG DELKOR (IHC Radial Jig)

- Este fabricante (**IHC**) diseña los compartimentos en forma de sectores lo cual permite distribuciones radiales de las pulsadoras.
- Estos equipos pueden ir instalados sobre plantas de dragado de depósitos tipo placer (diamantes, oro, hierro, etc.), como ocurre en las explotaciones de titanio situadas en Malasia y Tailandia.
- Este equipo es capaz de tratar hasta **300 m³/h** de mineral con un tamaño máximo de partícula de **25 mm** (equipo en configuración radial con un diámetro máximo de **7.5 m**).
- El tamaño mínimo de partícula que son capaces de aceptar es de **60 micras**.

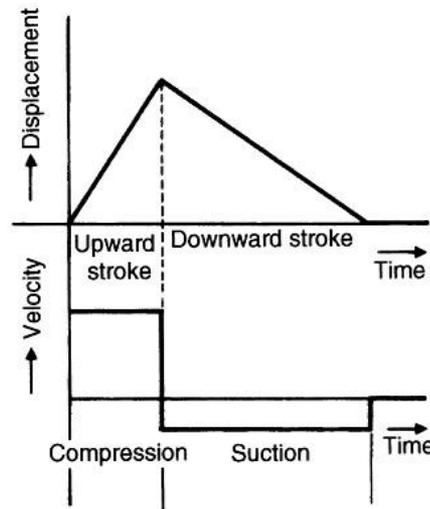


Figura 30



JIG DELKOR (IHC Radial Jig)

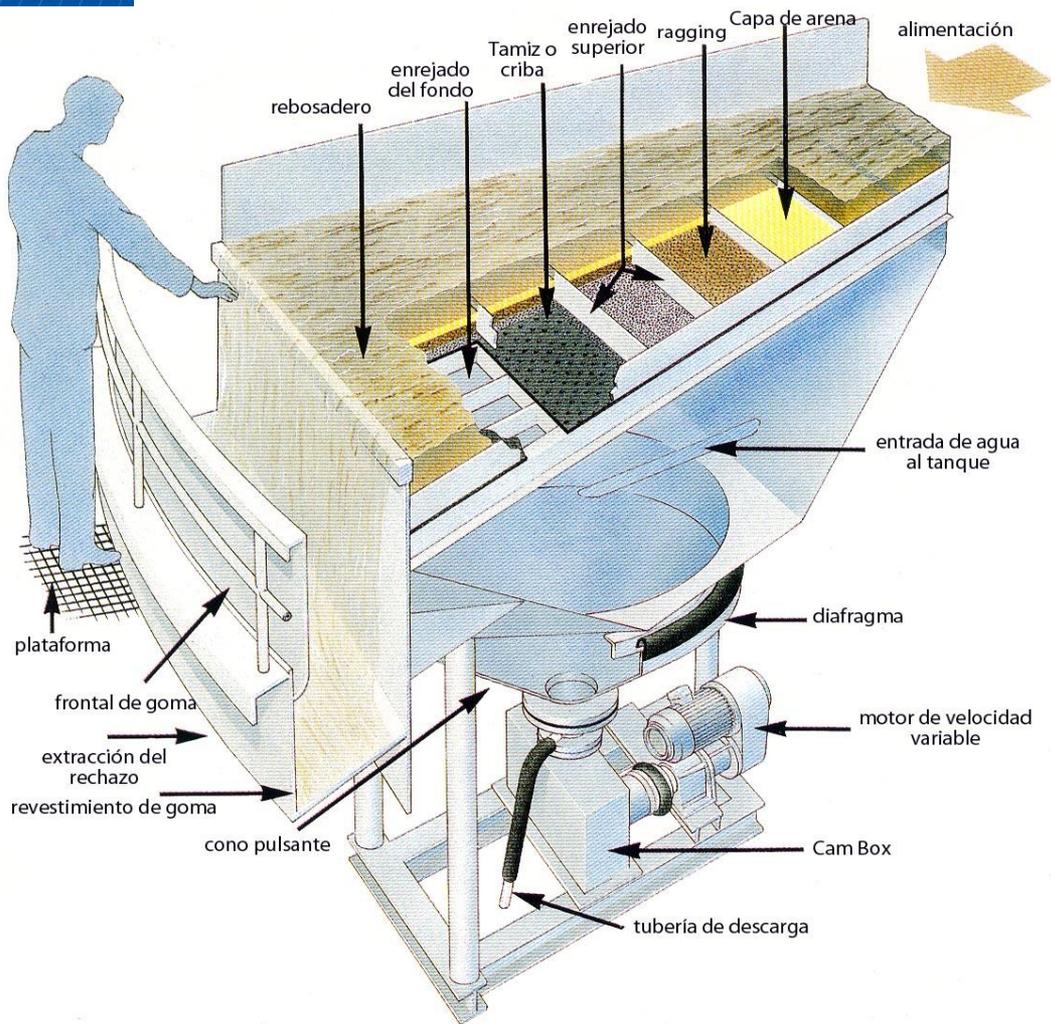
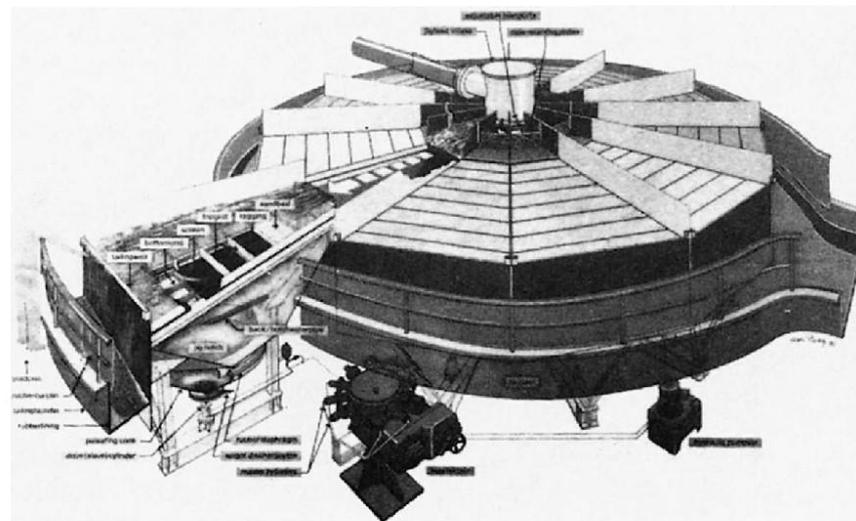


Figura 31



modular radial jig



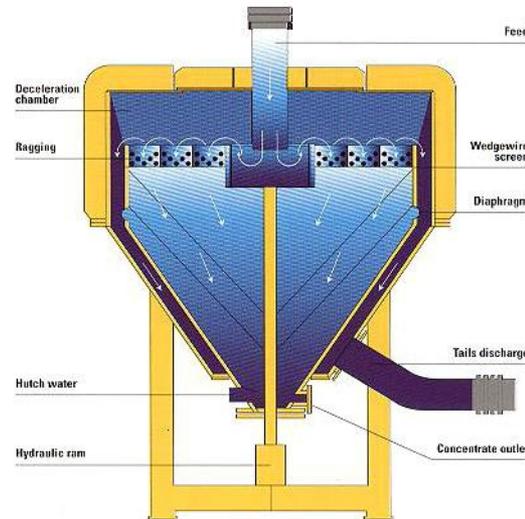
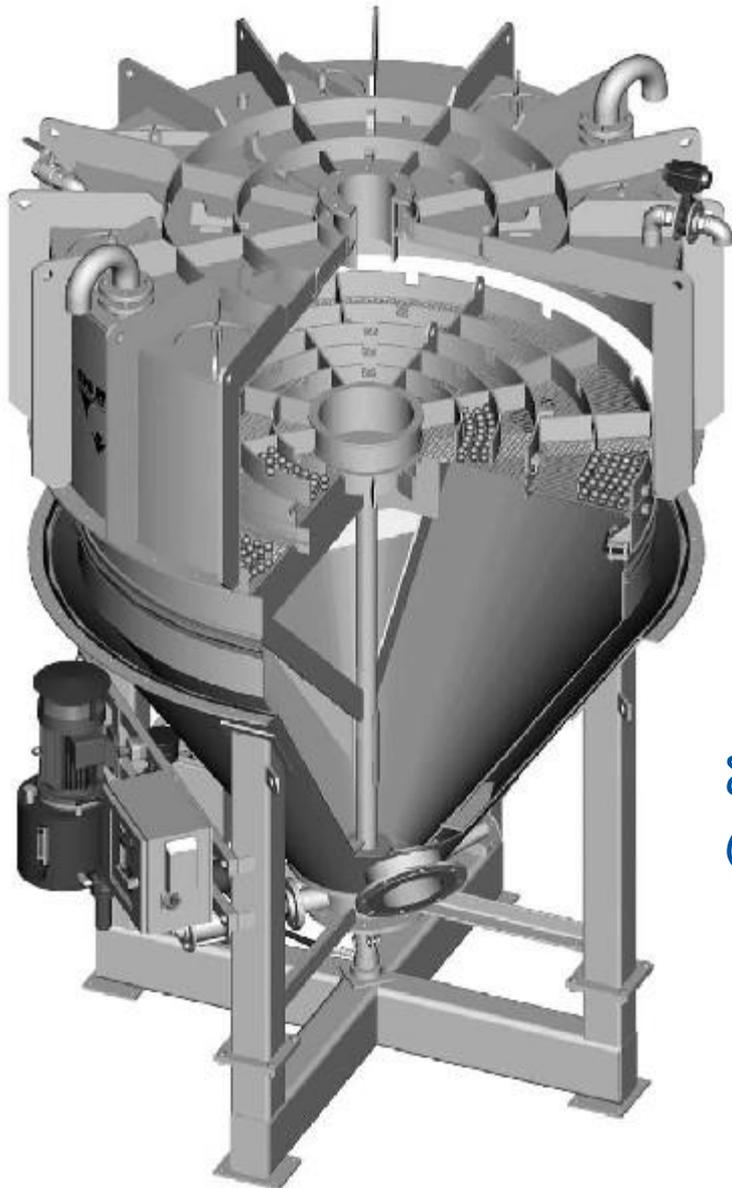
InLine Pressure Jig (IPC)

- Es un desarrollo australiano relativamente reciente en sistemas de pulsado.
- Está encontrando una amplia aplicación para la recuperación de oro, sulfuros, cobre nativo, estaño/tántalo, diamantes y otros minerales.
- Esta pulsadora tiene un diseño único ya que va todo encapsulado y presurizado permitiendo su llenado completo con la pulpa mineral.
- Combina una capa fluida circular con una criba pulsada verticalmente.
- Tanto la frecuencia de las pulsaciones como la abertura de la criba se pueden modificar para ajustarse al tipo de aplicación requerida.
- Se instalan en los circuitos de molienda ya que requieren poca cantidad de agua y, además, permiten al operador tratar completamente la carga circulante de la molienda recuperando la partículas minerales ya liberadas.
- Tanto el concentrado como el estéril son retirados bajo presión.



InLine Pressure Jig (IPC)

8.4. Tipos de Jigs



Model IPJ	600	1500	2400
Max. Capacity (tph)	2	50	100
Max. Feed Size (mm)	6	30	30
Conc. (tph solids)	0.03 - 0.6	0.3 - 10	1 - 20
Installed Power (kW)	1.5	1.5	2.2
Max. Op. Pressure (kPa)	180	200	200
Hutch Water (l/s)	0.1 - 0.5	2 - 10	6 - 15
Dry Weight (kg) approx.	200	1900	3800

Note: The manufacturer reserves the right to change design specifications without notification at any time.

El Gekko Systems InLine Pressure Jig
(Cortesia de Gekko Systems)

Figura 32



Kelsey Centrifugal Jig (KCJ)

- Este tipo de jigs surge como un intento de recuperar partículas minerales muy finas empleando fuerzas centrífugas.
- Estos jigs tienen todos los elementos de un jig convencional salvo que la capa fluida de mineral se la somete a rotación mientras está bajo las acciones de pulsación y succión.
- El KCJ se basa en la idea de coger un jig convencional y hacerlo girar en una centrifugadora (30 – 45 rpm).
- La principales variables de operación que se pueden ajustar para controlar el proceso son la fuerza centrífuga, el material que actúa como “ragging”, y la distribución de tamaños del mineral.
- El KCJ modelo J1800 compuesto por 16 compartimentos radiales puede tratar 100 tph, dependiendo del tipo de aplicación.
- Los minerales que puede tratar son arenas minerales, estaño/tántalo, oro, níquel, minerales de hierro, cromita, PGMs, Cu/Pb/Zn/Co.



Kelsey Centrifugal Jig (KCJ)

8.4. Tipos de Jigs

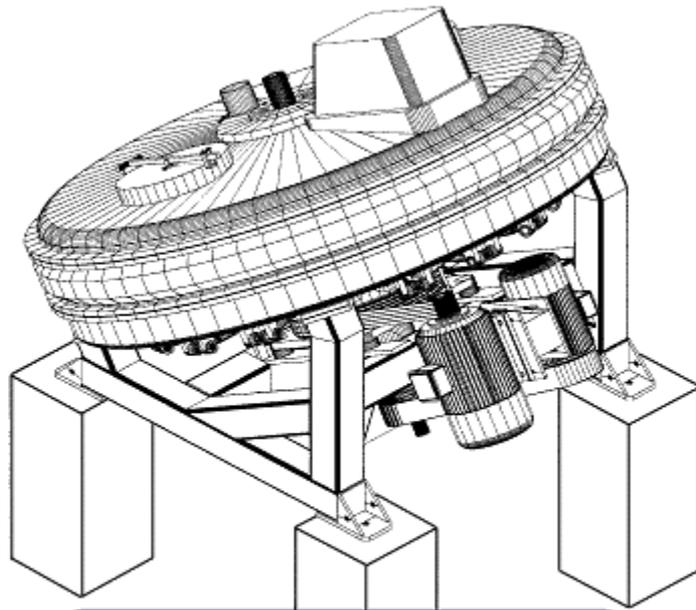


Diferentes modelos del Kelsey Centrifugal Jig (KCJ)

Foto 2



Kelsey Centrifugal Jig (KCJ)



The Future of Jigging

KELSEY J1800

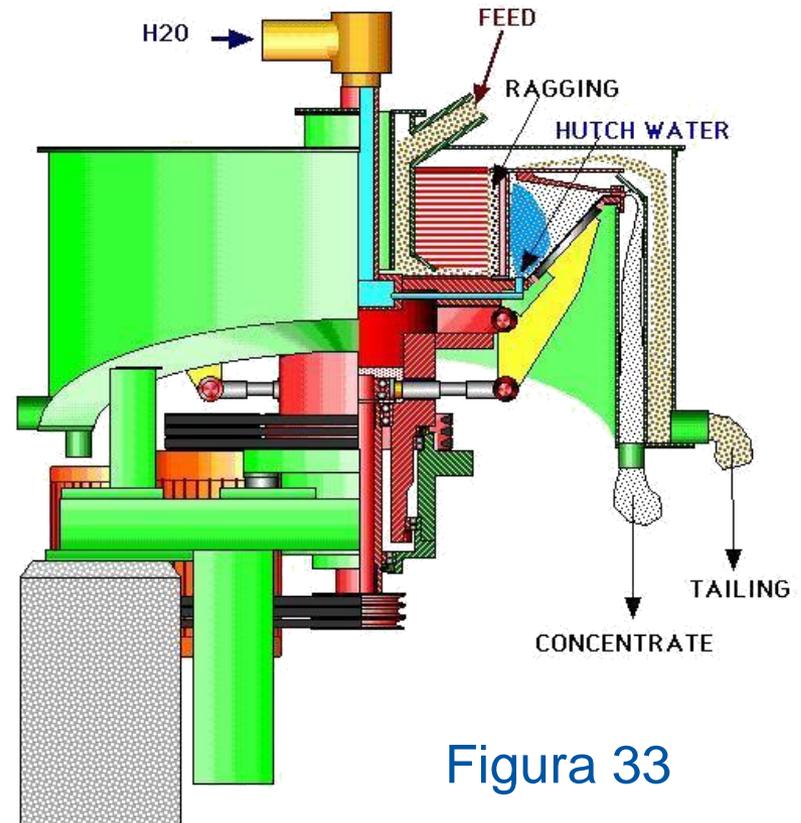


Figura 33

Los elementos en verde se encuentra en posición estacionaria, los elementos en color rojo son sometidos a rotación



Kelsey Centrifugal Jig (KCJ)

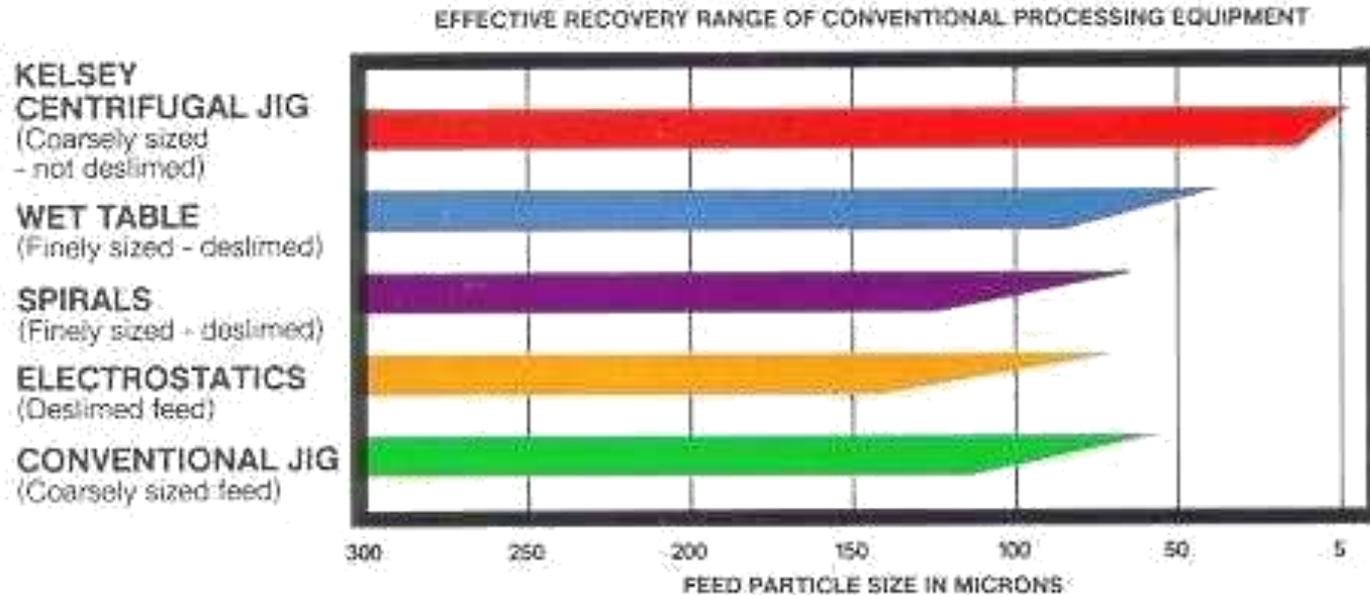


Figura 34

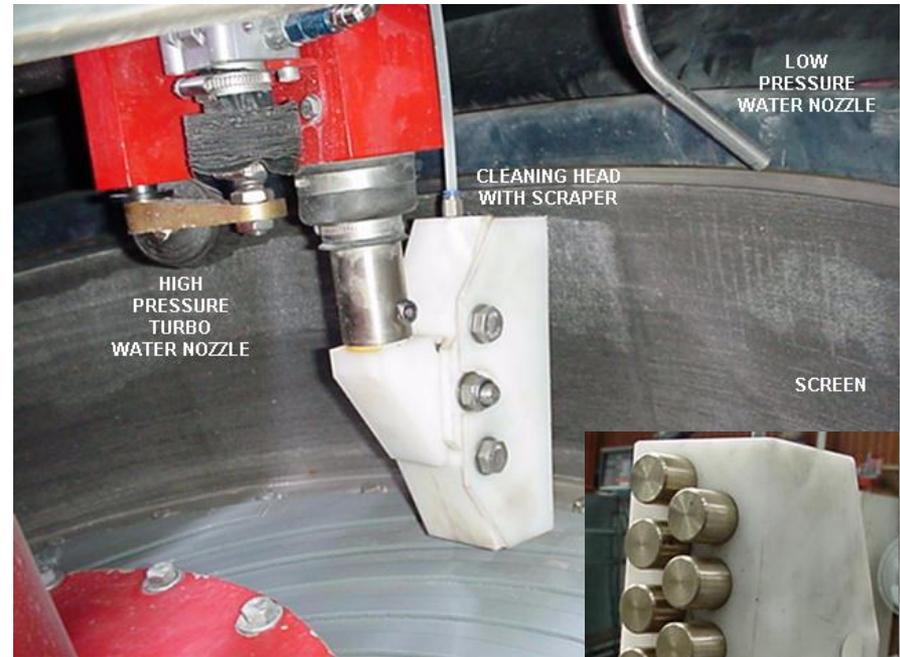
Rango de recuperación efectivo en relación al tamaño de partícula en la alimentación



Kelsey Centrifugal Jig (KCJ)

8.4. Tipos de Jigs

- Longitud de carrera de 2-3 mm y una frecuencia de pulsación de 1800 – 2200 rpm.





Ventajas de la operación de pulsado

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

Desventajas de la operación de pulsado

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



Efecto de las variables de operación

8.6. Efecto de las variables de operación en el jigging

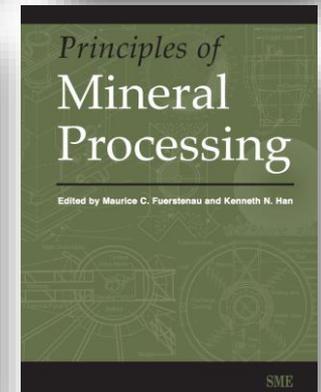
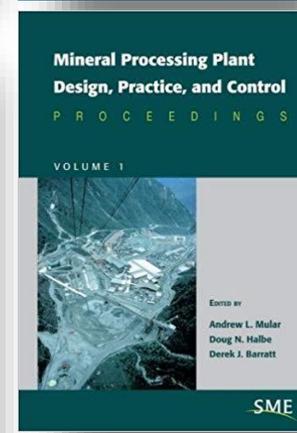
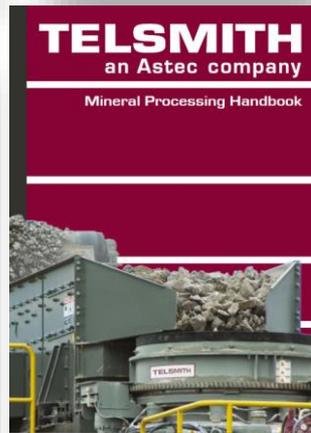
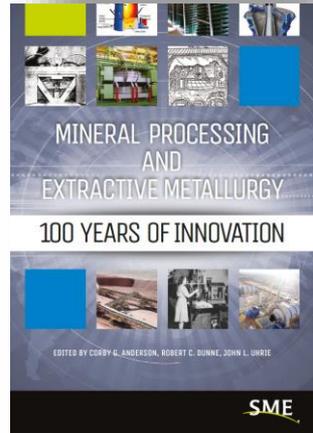
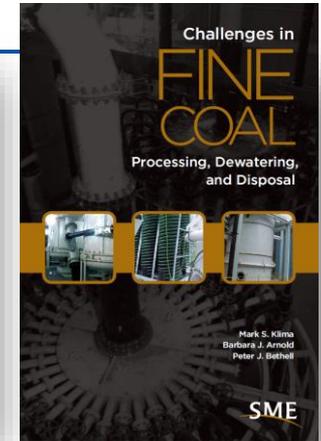
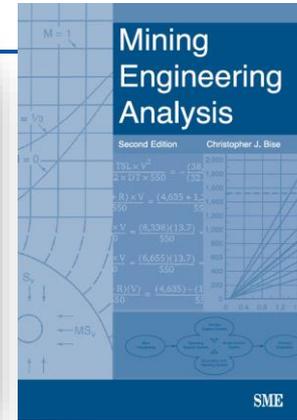
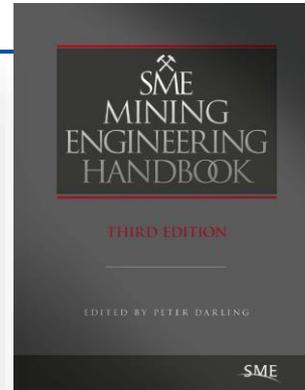
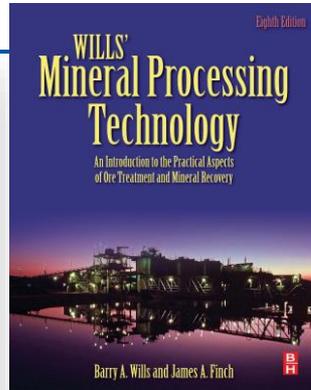
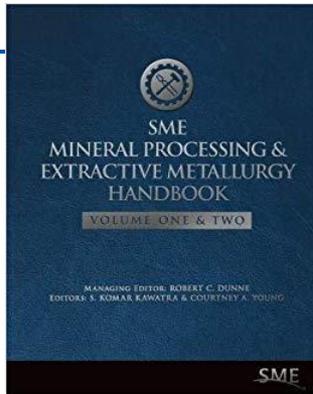
Effect and operating range of some operational variables on jig separation.

Variable	Value	Effect on Jig operation
Ragging density	increasing	decreases heavy fraction flow
Ragging size	increasing	increases heavy fraction flow
Ragging depth	increasing	decreases heavy fraction flow
Ragging contamination	increasing	decreases heavy fraction flow
Feed size	50 μm – 20 mm	normal range for heavy mineral separation
Feed size	0.5 – 200 mm	normal operation for coal
Capacity	17 – 25 t/h/m ²	normal for tin
Capacity	30 – 60 t/h/m ²	normal for coal
% solids	30 – 50%	normal operation
Hutch water	increasing	increases recovery to a maximum
Hutch water	increasing	increases enrichment ratio

“Decreases heavy fraction flow” = baja la recuperación de partículas pesadas.

Tin = estaño

Referencias:



Coal Processing and Utilization

D.V. Subba Rao
Formerly Head of the Department of Mineral Beneficiation, S.D.S Autonomous College, Andhra Pradesh, India

T. Gouricharan
Senior Principal Scientist and Head, Coal Preparation, Central Institute of Mining and Fuel Research, Dhanbad, Jharkhand, India

