

“EL HIDROCICLON...,”

3ª y Última Parte

Artículo Técnico por Juan Luis Bouso,
Presidente de *Eral Equipos y Procesos*

3.- LA INSTALACIÓN

Aplicando toda las teorías comentadas es posible que se llegue a determinar el hidrociclón más adecuado en cuanto al tamaño de separación deseado, y el número de unidades a emplear en función del caudal a tratar.

Algún que otro criterio de orden práctico debería considerarse antes de concluir la determinación de tipo de hidrociclón y número de unidades.

Es importante dotar a las instalaciones de flexibilidad, lo que significa que en el caso de operar con varias unidades es preferible componer grupos que permitan al menos, cerrando o abriendo ciclones, ajustar el caudal en magnitudes del orden del 15%-25% lo que permitirá acomodar la instalación a las fluctuaciones de la alimentación

tanto en lo referente a cantidad como a calidad y esto es especialmente importante en circuitos cerrados de molienda donde el cambio del tamaño de partículas, bien por cambios en la dureza del mineral o por cambios en las áreas de trituración, tiene una gran influencia en la carga circulante del molino.

Esto significa que en ocasiones la operación con ciclones de pequeño diámetro y mayor número de unidades presenta ventajas de flexibilidad frente a la mayor simplicidad de operar con el menor número de unidades posibles, y ello debe tenerse en cuenta en operaciones donde se prevean fluctuaciones de alimentación importantes, *Foto 1*

La operación con ciclones de pequeño diámetro presenta a menudo el inconveniente de frecuentes atascos por elementos extraños tanto en la tobera de descarga como en la de alimentación, siendo esto último



más difícil de detectar por lo cual y especialmente en circuitos de molienda, donde la presencia de trozos de elementos molturantes es frecuente, es aconsejable operar con hidrociclones con toberas de alimentación de grandes dimensiones.

Ciclones de diámetro menor del necesario en cuanto al tamaño de separación, significan tamaños de corte menores, lo que podría ser un inconveniente, y es aquí donde los hidrociclones de esoco corto, o de fondo plano son una ayuda para alcanzar cortes gruesos con ciclones de pequeño diámetro.

En el supuesto de que empleando todos los conocimientos y advertencias mencionadas hubiésemos llegado a una conclusión más o menos acertada en cuanto al hidrociclón y presión de operación, nos quedaría la parte, aparentemente, más simple y donde lamentablemente no se sabe porque razón, más errores se cometen; **la instalación,**

Cuando se trata de una instalación simple con un solo hidrociclón,



Foto 1

...Lo que siempre quiso saber y no encontró en Los Libros"



Foto 2

se suele poner poca atención en la necesidad de un control de la operación en el tiempo y así vemos multitud de instalaciones donde no existe medición de presión, los conductos de descarga y rebose no son accesibles fácilmente, con lo cual se pierde el control visual tanto o más importante que el electrónico, y en la mayoría de las ocasiones resulta, totalmente imposible tomar muestras de las diferentes corrientes para su análisis, *Foto 2*

En el caso de instalaciones con varias unidades el problema no es tan acusado pero también existe y además surgen otros problemas inherentes a la distribución de la alimentación.

3.1.- Cámara de distribución

El diseño de la cámara de distribución se hace por lo general con criterios mecánicos sin prestar demasiada atención a la parte hidráulica, mucho más importante, *Foto 3*

La cámara de distribución debe tener un volumen generoso, proporcional al caudal global de tratamiento de forma que permita conseguir una hipotética velocidad cero que

elimine las turbulencias originadas en el transporte por tubería desde la bomba hasta el distribuidor. A ser posible su forma debería ser lo más cercana a una esfera para conseguir un equilibrio ideal de presiones lo cual dará lugar a una distribución uniforme y homogénea a cada hidrociclón, *Foto 4*

La cámara deberá ir provista de medición de presión a ser posible por duplicado, con un manómetro especial para pulpas con membrana separadora y amortiguador hidráulico, y un transmisor de presión para control a distancia. Además deberá llevar un sistema de desaireación manual o automático pues normalmente todo el aire transportado se acumula en la cámara y en ocasiones es causa de problemas. Igualmente y cumpliendo normas de seguridad debe llevar una válvula limitadora de presión, *Foto 5*.

3.2.- Depósitos colectores de rebose y descarga

Los depósitos colectores de los reboses y las descargas de las diferentes unidades deberán tener las dimensiones necesarias para prevenir salpicaduras, y permitir la toma de muestra de cada flujo. Especial cuidado debe ponerse en el diseño del depósito de recogida de reboses que debe tener la altura suficiente que asegure la velocidad de salida adecuada para evacuar el caudal total de rebose, considerando las singularidades de la tubería de evacuación y su diferencia de nivel, *Foto 6*.

El diseño del

tanque de recogida de descargas deberá tener en cuenta la dificultad de movimientos de estos flujos con alta concentración de sólidos, evitando la formación de dunas o por el contrario estudiando su conveniente creación como sistema de protección contra el desgaste, *Foto 7*.

3.3.- Conductos de alimentación.

Otro punto importante es la conexión entre cámara e hidrociclones. Los conductos de conexión deben ser absolutamente idénticos y provistos de válvulas, abierta/cerrada, para poder aislar cada hidrociclón separadamente en operaciones de mantenimiento, o simplemente por necesidades operativas de mantener una cierta presión. Las válvulas deberían ser de apertura-cierre mecanizado, muy especialmente cuando se trate de válvulas de diámetro superior a 100 mm y nunca deberán utilizarse como sistema de control de caudal siendo conveniente que vayan provistas de interruptores que indiquen las posiciones extremas abierta y cerrada, *Foto 8*. En casos límites, al menos un 20% de las válvulas deberían ser mecanizadas para simplificar el control de la operación, *Foto 5*.

3.4.- Conductos de Rebose y



Foto 3

"EL HIDROCICLON...."



Foto 4

Descarga.

Al igual que los conductos de alimentación, éstos deben ser idénticos para conseguir una distribución uniforme. Lamentablemente demasiadas instalaciones no tienen esto en cuenta y son causa de problemas operacionales absurdos.

Pocos recuerdan que las corrientes del hidrociclón tanto de descarga como de rebose deberían salir libremente al exterior sin perturbaciones que provoquen turbulencias internas. Especial cuidado debe ponerse en el diseño de los conductos de rebose que deben ser generosos en diámetro (mayor que el de la tobera de rebose) y con curvas de gran radio permitiendo la expansión del torbellino interno de un modo suave y progresivo.

A ser posible el extremo final del conducto de rebose debe estar situado por encima del nivel de punto de alimentación al hidrociclón, para evitar un efecto de sifón que causaría arrastres anormales de partículas gruesas. En caso de que por cualquier motivo esto no fuese posible debería proveerse a este conducto de un tubo de aireación que permita la entrada de aire, evitan-

do así la formación del sifón. Este tubo de aireación, debería ser vertical y con una altura proporcional a la presión de operación para evitar proyecciones de pulpa y vapor.

Los conductos de descarga deben permitir la libre salida al exterior del producto grueso evitando la posibilidad de obstrucción por sedimentación y lo que es muy importante deben permitir la visión de la descarga pues la forma de esta corriente indica claramente la condición de operación, Foto 4.



Foto 5

3.5.- Ángulo de instalación.

Mucho se ha hablado, se habla, y me temo que se seguirá hablando por algún tiempo, acerca de las bondades de colocar los hidrociclones en posición cercana a la horizontal en vez de verticalmente como es usual y parecería más lógico.

Particularmente no tengo nada en contra y creo que cada cual es libre de colocar sus equipos como

mejor parezca pero tengo mis opiniones al respecto de esta "moda temporal". En tanto la presión de operación sea suficientemente alta, el hidrociclón podría colocarse hasta en posición invertida a la convencional, como suele hacerse en las presas de residuos, Foto 9.

Con motivo de las últimas crisis económicas los costos operativos se elevaron tremendamente, al mismo tiempo que bajaron los precios de los metales con lo cual, las operaciones mineras, como otras, se volvieron cada vez menos rentables.

Obviamente la solución más rápida fue aumentar la producción con los equipos existentes realizando los mínimos cambios, y lógicamente manteniendo los molinos y la flotación. En conclusión había que aumentar el tamaño del producto de molienda que entraba a flotación para lo cual se requería modificar el trabajo de los ciclones.

En primer lugar como la flotación en la alimentación a hidrociclones hasta límites, insospechados, y yo he conocido operaciones "de primer nivel", con alimentación del 72% de sólidos en peso, muy cercana a la concentración de la descarga, 80%.

En una segunda etapa se aumentó el volumen de flotación con lo cual se volvieron a recuperar parcialmente las concentraciones de operación, pero esto trajo como consecuencia una disminución del tamaño de corte y se procedió a "ajustar" los hidrociclones de modo que siguiendo el dicho "por la razón o la fuerza", estos hicieran lo



Foto 6

que no querían hacer, en base a modificación de toberas e inclusive, y yo doy fe, a operar con menos hidrociclones de los necesarios para poder mantener una alta concentración de sólidos añadiendo el agua necesaria para la dilución adecuada en flotación posteriormente a la molienda. Alguien también descubrió que cambiando el ángulo de instalación del ciclón se conseguía un corte más grueso además de obtener algunas otras ventajas adicionales, y surgió la moda.

Podría establecerse un pequeño cuadro de ventajas e inconvenientes sobre la instalación de hidrociclones en horizontal.

Ventajas: Mayor capacidad; Tamaño de corte más elevado.; Menor desgaste de la boquilla; Menor altura de instalación

Inconvenientes: Arrastres incontrolados de partículas gruesas en el rebose; Bloqueos frecuentes, tendencia al acordonamiento; Instalación más costosa y mayor espacio ocupado; Operaciones de mantenimiento incómodas.

De humanos es rectificar pero también dice el refrán castellano muy antiguo "Mantenella y no Enmendalla". Según mis noticias algunas plantas de tratamiento están volviendo a los orígenes en cuanto al ángulo de instalación pero con hidrociclones de mayor diámetro, y no conozco nuevas instalaciones donde en su origen se diseñe con hidrociclones "acostados", *Foto 10*.

Todos estos "movimientos" dieron lugar a una bajada en la eficiencia de clasificación, lo que se tradujo en una disminución paralela de las eficiencias de molienda y flotación pero que en el caso de minas con alto contenido de metales en el mineral bruto arrojaba resultados positivos al compensar el aumento de tonelaje, las pérdidas de la operación.

La solución lógica, y yo creo que también económica hubiese sido cambiar el tipo de hidrociclón por otro de mayor diámetro que en condiciones normales de operación diera el tamaño de corte necesario.

Esto ha dado lugar al movimiento actual de cambios de hidrociclones de 500 mm de diámetro por ciclones de hasta 800 mm tanto en instalaciones existentes como en aquellas de nuevo diseño. En las plantas de lavado de arenas es frecuente el empleo de hidrociclones de 1000 mm de diámetro, *Foto 11*.

4.- LA OPERACIÓN

Finalmente, concluido el trabajo de los "científicos", viene el momento de la verdad; **la operación.**

Milagrosamente, a pesar de to-



Foto 8

dos los cálculos empíricos y de todos los defectos de instalación, el hidrociclón funciona casi correctamente, gracias al apoyo desinteresado de los operadores que no tienen más remedio que lidiar el toro que les ha tocado en suerte, empleando un término taurino.

Con la colaboración de un buen operador puede, si la selección no ha sido demasiado mala, llegarse a un ajuste perfecto del hidrociclón,

Imprescindible, para lograr



Foto 9

"EL HIDROCICLON...."



Foto 7

una buena operación, resulta el hecho de tener un fácil acceso a las diferentes partes del hidrociclón que no hagan tediosas las rutinas de mantenimiento y control, y muy especialmente el tener un buen control visual del ciclón, *Foto 12*.

Mediante la modificación de la presión, el cambio de toberas de alimentación, rebose y descarga, y alguna que otra palabra de aliento, el operador finalmente logra alcanzar los objetivos deseados. Aquí resulta de gran ayuda disponer de Hidrociclones de calidad, con grandes posibilidades de ajuste mediante intercambio de toberas de diferentes diámetros, cambio de conicidad, diferentes longitudes y por supuesto que cuenten con el respaldo de un fabricante de solvencia, reputación, experiencia práctica, y servicio técnico in-situ.

"EL HIDROCICLON...."

sión, provocando la mencionada intermitencia.

Foto 10



4.1.- La descarga

Exteriormente el flujo de descarga, bien sea en paraguas o en cordón, permite al operador experto conocer el estado del ciclón, pues esto es algo parecido a la temperatura en un paciente. Contrariamente a lo que se tiene por normal, una operación en cordón no es obligatoriamente síntoma de una mala operación, Foto 13. Si es verdad en cambio que una descarga en paraguas permite una mayor relajación de la operación por lo cual es un estado deseado por los mejores operadores, Foto 14.

Una descarga en paraguas muy abierto es generalmente signo de una boquilla demasiado grande lo que trae por consiguiente un by-pas elevado; sin embargo en operaciones a presiones medias o elevadas una descarga en paraguas puede ser óptima, y lo mismo puede decirse cuando se trabaja con granulometrías muy finas. En consecuencia debe comprobarse con bastante frecuencia, al menos al comienzo de la operación, la concentración de sólidos mediante muestreo y simple pesada con balanza, en la propia planta.

Una descarga intermitente pasando de cordón a paraguas denota, bien una presión ligeramente baja o un diámetro de boquilla al límite. Ambas cosas provocan la sedimentación de sólidos en la parte final del cono el cual se autodestruye una vez que el incremento de presión interior ayuda a la expul-

debido a realmente baja presión de operación (por debajo de 20 kPa) o simplemente a cortes de caudal bien por la existencia de aire en los conductos de alimentación al hidrociclón o por bajo nivel en el depósito de la bomba y ello es fá-



cilmente detectable a través del manómetro de presión en la alimentación cuando este existe o funciona, lo cual no sucede paradójicamente en la mayoría de las instalaciones.

4.2.- El rebose El flujo de rebose deber ser continuo y uniforme.

La discontinuidad en el flujo denota una baja presión de operación lo que provoca la ruptura del torbellino interno, y ello puede ser

El flujo de rebose debe ser uniforme, cubriendo totalmente la periferia del conducto lo cual significa que el torbellino interno continúa a través del mismo, Foto 15. Un flujo parcial denota que el hidrociclón opera a baja presión o con caudal insuficiente, y esto también puede ser provocado por una obstrucción parcial de la tobera de alimentación.

4.3.- El ruido y la vibración

No sería una mala idea que el operador tratase de oír los latidos del hidrociclón y para ello simulando a un doctor en medicina, auscultase a su paciente con un buen estetoscopio. Sin recurrir a tanto, muchas veces acercando «la oreja»; el oído hay que reservarlo para otros menesteres más elevados; puede apreciarse la uniformidad del funcionamiento.

Una operación a concentración de sólidos muy elevada conduce a veces a una paralización de las corrientes y eso puede apreciarse escuchando el ruido interno. La sedimentación en el vértice del cono, causada por boquillas de diámetro inadecuado o simplemente por baja presión de operación, también puede percibirse a través del sonido. Estos fenómenos rara vez son apreciables exteriormente y sin embargo indican una operación incorrecta que debería subsanarse.

Tendencias al bloqueo de la descarga o presencia de aire en exceso (por cavitación de la bomba), se traducen en vibraciones anómalas del hidrociclón, que anuncian el problema.

Foto 12



4.4.- La presión

A menudo parece olvidarse que los hidrociclones carecen de mecanismo alguno y que su único "motor" es el movimiento de la propia pulpa a tratar.

Resulta de todo punto imprescindible conocer en todo momento la presión de operación y además muy conveniente llevar un registro de la misma, en el tiempo.

No se entiende como instalaciones con inversiones millonarias pasan por alto un simple instrumento como es el manómetro.

En la gran mayoría de las instalaciones los manómetros o brillan por su ausencia o cuando existen no funcionan o están descalibrados sin que aparentemente a nadie le preocupe conocer "las r/min" del hidrociclón.

Cualquiera en su automóvil posee toda clase de instrumentos a los que por otro lado casi nunca presta atención y por el contrario el pobre hidrociclón; generador incansable de recursos; carece del más mínimo control. Bromas aparte, todo hidrociclón o grupo de hidrociclones precisa de un manómetro, que debe ser de buena calidad y con diseño adecuado al trabajo con pulpas con sólidos en suspensión.

Manómetros de membrana de gran diámetro, con un gran orificio de paso para evitar obstrucciones, y provistos de líquido antivibración son requeridos para este trabajo y representan un gasto despreciable frente a la inversión total, *Foto 16*. También es cierto que a veces un buen manómetro puede costar más

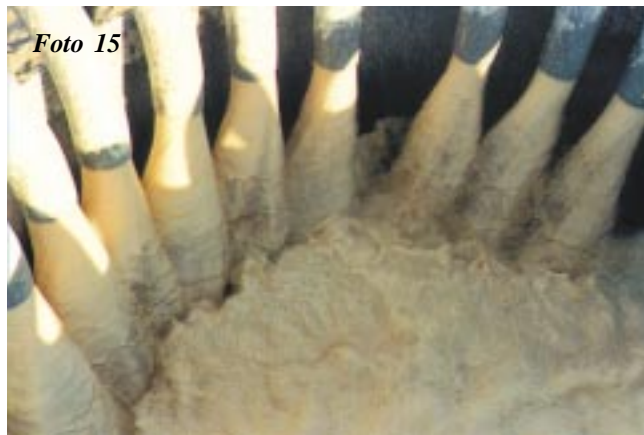


Foto 15

que el hidrociclón a controlar, y es que hay por ahí cada cosa.

4.5.- Toma de muestras

Mencionábase anteriormente lo poco que piensan los diseñadores en que al final el hidrociclón debe operar correctamente, tal y como ellos han previsto, para lo cual se requiere un control mínimo de la operación.

En los circuitos de flotación es



Foto 14

usual prever sistemas automáticos de muestreo; no sé bien el porque los circuitos de molienda, donde se generan los mayores costos operativos, carecen de estos elementos excepcionales hecha del producto de rebose de los hidrociclones que es por otro lado la entrada de flotación.

Resulta bastante difícil controlar circuitos de molienda

"EL HIDROCICLON...."



Foto 13

simplemente con la información del producto de rebose. Las nuevas instalaciones están dotadas de control de densidad en la alimentación a hidrociclones, formando un lazo de control con velocidad de bomba, aportación de agua y tonelaje de alimentación al molino.

Los densímetros, equipos valiosísimos, requieren una calibración periódica frecuente y ésta debe realizarse por contraste con la densidad real analizada en laboratorio. Paradójicamente la mayoría de las instalaciones carecen de un punto para tomar muestra de la alimentación por lo que a veces, hay que hacer números de circo para conseguir una muestra representativa, *Foto 17*.

Cuando se trata de un único hidrociclón, la cosa resulta prácticamente imposible a menos que se haya previsto alguna derivación con válvula en el conducto de alimentación bomba- hidrociclón. En operaciones con baterías de hidrociclones, en caso de que la cámara central carezca de toma de muestras, un buen sistema, es abrir ligeramente, y durante un tiempo breve, una válvula de uno de los hidrociclones de reserva de modo que todo el flujo salga por la descarga, y si esta es accesible como debiera, al cabo de unos minutos podrá tomarse una muestra representativa.

Las muestras tanto de la alimentación como de la descarga y el rebose deberán tomarse mediante

“EL HIDROCICLON....”



cortadores de modo que se tome solo una parte, pero representativa, del flujo total.

4.6.- Evaluación rápida

En el supuesto de que puedan tomarse muestras de las tres corrientes del hidrociclón con un procedimiento de cálculo, sencillo, puede evaluarse rápidamente la operación de un hidrociclón y del circuito de molienda en caso de que este forme parte del mismo.

4.6.1.- Reparto de masa

La figura 11 mostrada anteriormente representa un circuito de molienda. Como puede verse el reparto de masa en el hidrociclón, θ , permite calcular fácilmente la carga circulante, cc , en el circuito de molienda según las ecuaciones mostradas.

El sistema tradicional para determinar la eficiencia de clasificación y carga circulante precisa de la toma de muestras de diferentes puntos del circuito y la determinación del análisis granulométrico de cada producto para después de un relativamente largo cálculo matemático, con ajuste por mínimos cuadrados incluido, obtener el valor de la carga circulante y por supuesto mucha otra información sumamente valiosa.

A menudo los laboratorios de planta están saturados con determinaciones químicas, razón por la cual los análisis granulométricos demoran, lo que finalmente conduce a que solamente se realizan estos por causas de fuerza mayor.

Conociendo las concentraciones de sólidos de las tres corrientes en el hidrociclón puede calcularse fácilmente el reparto de peso, θ , en el hidrociclón con la ayuda de las ecuaciones recogidas en la Fig. 11, y con este valor, como antes mencionábamos, la carga circulante. La concentración de sólidos puede expresarse indistintamente en gramos de sólido seco por litro de pulpa, porcentaje de sólidos en peso, o densidad de pulpa.

La toma de muestras, la determinación de la concentración de sólidos mediante balanza en campo y el cálculo de θ y cc , pueden realizarse fácilmente por el operador sin necesidad de ayuda exterior en cuestión de minutos, pudiendo conocerse rápidamente la situación de la operación.

Consideramos el ejemplo si-

guiente

$$C_{wz} = 62\%; C_{wf} = 39\%; C_{wg} = 78\%$$

$$\theta = \frac{62 - 39}{78 - 39} \cdot \frac{78}{62} = 74.19\% \quad cc = \frac{74.19}{25.81} = 287.45\%$$

Si la toma de muestras es realizada correctamente el procedimiento descrito es absolutamente fiable y en ocasiones más seguro que el procedimiento convencional vía distribuciones granulométricas.

De existir densímetro la toma de muestra de la alimentación puede reemplazarse por la lectura del mismo.

4.6.2 Tamaño de separación

Hoy en día existen instrumentos bastante fiables para determinar en tiempo real el tamaño de partícula en una pulpa con sólidos en suspensión, sin embargo dado su elevado costo tan solo las plantas de gran tonelaje o muy automatizadas poseen estos equipos.

Existe un procedimiento sencillo, no muy riguroso, pero que sirve para darse una idea de lo que esta sucediendo en la clasificación, sin necesidad de mayores análisis y sobre todo pudiendo ser realizado por el operador con la sola ayuda

de una balanza de campo, el tamiz de control requerido, y una toma de agua limpia, Foto 18.

Se toma una muestra de un litro de la pulpa con las partículas a determinar, que generalmente suele ser el rebose del hidrociclón, y se pesa en la balanza con lo cual se determina la densidad de la pulpa Pp , y consiguientemente la masa de sólidos en suspensión en el volumen de muestra tomado, J , por medio de la ecuación

$$J_1 \text{ (g/dm}^3\text{)} = 10^3 \cdot \rho_s \cdot \frac{\rho_p - \rho_l}{\rho_s - \rho_l}$$

por supuesto deben

Foto 17





Foto 18

"EL HIDROCICLON...."

frecuencia el operador carece de información suficiente acerca del equipo con el cual trabaja, bien por falta de entrenamiento adecuado o simplemente porque no dispone siquiera de manuales de operación y mantenimiento. Es usual que al fabricante se le exijan al momento de la adquisición del equipo la entrega de un gran número de manuales, frecuentemente hasta 10 ejemplares; podría contar con los dedos

conocerse, lo que de hecho sucede, las densidades de sólido y líquido.

Se vierte lentamente la muestra tomada sobre el tamiz de control y con la ayuda de agua limpia se realiza el tamizado.

Con cuidado se invierte el tamiz y con la ayuda de agua limpia se introduce el residuo de partículas gruesas en el mismo recipiente usado para la toma; que previamente se habría limpiado; completando hasta el nivel con agua limpia.

Se vuelve a pesar, y la lectura de la densidad de pulpa, de nuevo se convierte a masa de sólidos por unidad de volumen J_2 empleando la ecuación anterior,

La relación de ambas masas de sólido J_2/J_1 , nos dará el porcentaje de partículas más gruesas que el tamaño del tamiz de control elegido.

El procedimiento descrito será tanto más cercano a la realidad cuanto mayor sea el porcentaje de partículas gruesas retenidas. Experiencias personales me han enseñado resultados sorprendentes con porcentajes de error no superiores al 10%, margen más que razonable para mantener una operación en modo adecuado.

Los procedimientos descritos y otros más que existen, "de andar por casa", permiten con la ayuda de un buen operador, evitar desastres previsible que irremediablemente sucederían de esperar a conocer los resultados de laboratorio.



Indiscutiblemente el éxito de cualquier operación minera depende fundamentalmente del tandem **equipo-operario**, por lo que se requiere el mayor entendimiento posible entre ellos, *Foto 19*. Con

de la mano las veces que he visto uno de ellos en mano de los operadores,..... ¡ah! la **monstruosa burrocracia** (y no es un error tipográfico).

Referencia 808-8

ARTICULOS

- Der Einfluss von Sedimentations-Behinderung auf die Trenn-Korngrösse. *H. F. Trawinski*. /Aufbereitungs- Technik, 1.983.
- The Separation Process in the Hydrocyclone. *H. F. Trawinski*
- A calculation for elutriation. *H. F. Trawinski* /Inter Ceram 19, 1.970
- Aplicación y Funcionamiento Práctico de los Hidrociclones. *H. F. Trawinski y J. L. Bouso* /Rocas y Minerales.
- Phenomenological model of classification in conventional Hydrocyclones. *A. Barrientos y F. Concha* /Comminution
- Modelling and Scale-up of hydrocyclone classifiers. *A. J. Lynch y T. C. Rao*. /Min. Proc. Congress, Cagliari, 1.975
- A Mathematical Model of Hydrocyclone Classifier in Classification. *L. Plitt* /CIM Bulletin.
- Eficiencias en Hidrociclones. *J. L. Bouso* /Rocas y Minerales, Abril 1.995.
- Aplicación de Hidrociclones. *J. L. Bouso* /Rocas y Minerales, Octubre 1.986.
- Características de clasificación en el Hidrociclón. *J. L. Bouso* /Canteras y Explotaciones
- Evaluación de la Operación de Hidrociclones en circuitos cerrados de Molienda. *J. L. Bouso* /Canteras y Explotaciones, Mayo 1.985
- Pulpas, mezclas sólido-líquido. *J. L. Bouso* /Canteras y Explotaciones, Marzo 1.987.