

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA,
MINERA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALURGICA



MUESTREO DE PULPAS DE MINERALES
EN PLANTAS DE BENEFICIO

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
METALURGISTA

PRESENTADO POR: VIKTOR ALEXANDER TRIBEÑO CERNA

LIMA – PERU

2011

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres y a mi esposa e hijo por su apoyo desmesurado y dedicación.

RESUMEN

El presente trabajo presenta los conceptos de la teoría de Muestreo aplicadas a las pulpas de minerales en Plantas de Beneficio según las normas de muestreo del Dr. Pierre Gy y Francis Pitard.

Se explicara los efectos de diversos factores en la representatividad de la muestra final en pulpa dentro de una amplia gama de tamaños granulométricos, además conocer los equipos que cumplen con las normas de muestreo asegurando así una muestra totalmente representativa y confiable, dichos equipos deben estar diseñados para tomar la muestra cortando la totalidad del flujo en ángulo recto con respecto a él, mientras este en movimiento y en caída libre.

La mayoría de los muestreadores se basan en los sistemas de muestreo no probabilístico para calcular su balance de materiales, lo cual no es una buena práctica.

Los problemas más comunes en la práctica de la toma de muestra son los problemas de conciliación entre la mina y la planta. Por lo cual es esencial disponer de una referencia inequívoca con el fin de facilitar la búsqueda de un mejor rendimiento posible.

ÍNDICE

	Pág
CAPITULO I. INTRODUCCION	1
1.0 Introducción	1
1.1 Objetivo general.	2
1.2 Justificación.	3
CAPITULO II. ASPECTOS CONCEPTUALES DEL MUESTREO DE MINERALES	5
2.1 Definición y generalidades.	5
CAPITULO III. MUESTREO DE PULPAS DE MINERAL, CONDICIONES MÍNIMAS PARA LA CORRECTA TOMA DE MUESTRAS	12
3.1 Generalidades	12
3.2 Tipos de cortadores utilizados en la Industria.	12
3.3 Condiciones para la toma correcta de los Incrementos.	14
3.4 Cortadores de flujo transversal. – condiciones de geometría para la toma correcta de incrementos.	15
3.5 Cortadores de flujo transversal. – Condiciones de movimiento y velocidad correctas.	27

3.6 Cortadores de flujo transversal. – Condiciones de ubicación y disposición de los cortadores.	28
CAPITULO IV: CONDICIONES PARA LA EXTRACCIÓN CORRECTA DE LOS INCREMENTOS.	32
4.1 Definición y descripción de las condiciones mínimas requeridas.	32
4.2 Diseño de la cuchara colectora de muestra.	32
CAPITULO V: ACONDICIONAMIENTO Y ESTRATEGIA DE MUESTREO	45
5.1 Generalidades	45
5.2 Acondicionamiento del flujo para un muestreo correcto.	45
5.3 Acondicionamiento del flujo para un muestreo puntual con un muestreador estático de un analizador en línea.	46
5.4 Acondicionamiento del flujo de una canaleta de transporte de pulpa para ser muestreada.	47
5.5 Estrategia de muestreo.	48
5.6 Relación de pasadas o cortes de cortadores primario y secundario.	49
5.7 Transporte de los incrementos al recipiente colector o a otro muestreador.	49

CAPITULO VI: ERRORES DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS	51
6.1 Generalidades	57
6.2 Errores de contaminación	52
6.3 Errores por perdidas	54
6.4 Errores por cambio en la composición química	55
6.5 Errores por alteración de la composición física	55
6.6 Errores por equivocaciones casuales	56
CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFIA	58
ANEXOS	59
Muestreo poco confiable; El muestreador de péndulo.	59

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCIÓN

Numerosos artículos y algunos libros han sido escritos sobre muestreo, ¿por qué elegimos la teoría de Pierre Gy?, pues él hace más que simplemente solo presentar un método correcto de la estimación de la precisión del muestreo de un material particulado. Su teoría organiza todos los aspectos del muestreo, indica cómo se generan los errores, como estos pueden ser eliminados y reducidos.

La teoría de Pierre Gy es la única que cumple con los aspectos generales, esta teoría es comprensiva, para el muestreo de materiales particulados. Dicha teoría es ampliamente aceptada a nivel mundial, ofreciendo una serie de razones pertinentes, así mismo debido a la falta de información especializada para Técnicos e Ingenieros de muestreo que están a cargo de las tomas de muestras en la planta o el laboratorio, el trabajo desarrollado por Pierre Gy sobre el muestreo de material particulado es única, completa y estadísticamente precisa, siendo siempre apreciado por personal involucradas en procesos y control con familiaridad con la estadística avanzada.

La primera publicación de la teoría del muestreo para materiales particulados fue publicado por Pierre Gy en 1979, la segunda edición en 1982 y las últimas ediciones en 1988 y 1992. Estas Publicaciones representan un estatuto para la industria, Esta teoría es aplicable para el muestreo de partículas sólidas, líquidas, pulpas, ya sean de origen mineral, químico o vegetal.

El presente trabajo se enfocara en el muestreo de pulpas de mineral, describiendo los equipos que efectúan un buen muestreo, lógicamente controlando e identificando las fuentes de variabilidad de las muestras.

Durante los seminarios de muestreos dictados por el Profesor Francis Pitard es evidente que 4 o 5 días del Curso no son suficientes para entender y familiarizarse con el Trabajo del Dr. Pierre Gy, por lo cual el dicho trabajo tratará de introducirlos en la Teoría del Muestreo para Pulpas de Minerales.

1.2 OBJETIVO GENERAL.

El objetivo del presente trabajo es proporcionar una base esencial en lo que a muestreo de pulpas de minerales se refiere, efectuando la correcta colección de muestra en Planta o Laboratorio siguiendo las recomendaciones de la teoría de muestreo de Pierre Gy y que son aplicadas en forma práctica por el Sr. Francis Pitard. Este trabajo delinea la correcta toma de muestras aplicadas a pulpas de mineral.

Como es de nuestro saber es de suma importancia entender la teoría del muestreo, los conceptos principales, así como sus prácticas, sin esto no es posible optimizar los problemas de muestreo que existen en las Plantas de Beneficio.

Así mismo la idea de este trabajo es entregarles una efectiva y práctica "herramienta" para quienes están directamente involucrados en el control estadístico de procesos, además de aprender un método, dividiendo los temas complejos del muestreo en sus componentes principales, de manera

de analizarlos y obtener la ventaja de enfrentar el problema en forma correcta.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

El trabajo del Dr Pierre Gy sobre la teoría de muestreo y como obtener muestras confiables y representativas, se basa en la estadística y la lógica más básica, estos tratados se ha integrado a las filosofías de control estadísticos de procesos y a la gestión de calidad total de empresas líderes alrededor del mundo.

No es posible obtener tenores fiables, balances metalúrgicos eficientes, control de calidad del mineral imparcial, manejos ambientales adecuados, o controles de procesos eficaces, si no se pueden identificar y minimizar las fuentes de variabilidad de la muestra, además que el Gerenciamiento de la Calidad Total no puede existir sin un control estadístico del proceso, los cuales no pueden coexistir sin el conocimiento profundo de la Teoría del Muestreo.

Es difícil darse cuenta que siendo tan importante la teoría de muestreo no sea enseñado en forma correcta o en forma amplia en las universidades, uno no escucha de muestreo hasta que realmente no se enfrenta al trabajo y a lo mucho le dan 1 o 2 clases para explicar en qué consiste tomar una muestra, lo que en todo punto de vista es insuficiente.

Los gerentes de control de calidad deben incluir el protocolo de "muestreo correcto" como un elemento que debe tenerse en cuenta en todos sus estudios. Se debe identificar si los problemas de muestreo se tratan en la etapa de planificación y si la información de resumen relacionada se presenta en el informe de balance final. Su atención se centra a menudo en cuestiones de costos y beneficios, pero no debemos perder de vista los requisitos técnicos que deben cumplir los resultados.

Los gerentes no toman conciencia en invertir en equipos de muestreo, puesto que si no se preocupan de realizar un muestreo representativo, se perderá en un año 10 o 15 veces lo que no invirtió en los equipos de muestreo, el impacto económico entonces es gigantesco.

Que significa esto desde el punto de vista de la construcción de estos equipos, la persona que construye los equipos de muestreo son buenos ingenieros que han sido entrenados en construir maquinas en forma perfectas, pero si estos constructores de equipos no saben o no comprenden la teoría del muestreo van a construir buenas maquinas que no van a tomar buenas muestras, existe una discordancia en esto, como resultado de esto más o menos el 75% de equipos de muestreo que se venden en todo el mundo no son capaces de hacer un buen trabajo, pues trasgreden las normas más elementales de muestreo o de equiprobabilidad de muestreo. Pitard (Nov. 2010)

Aunque esta teoría se ha probado en la práctica muchas veces en la industria minera, ha habido muy poca información publicada con la evidencia experimental para fundamentar esta teoría (que ha sido prácticamente inexistente en nuestro país). La efectividad de la teoría de Gy, y la medida en que sea aplicable, tampoco fue bien establecido para las muestras recolectadas.

Recuerde que el muestreo es uno de los esfuerzos que se "consigue lo que usted paga," por lo menos en términos de esfuerzo. Pero, con el conocimiento adecuado y un buen plan de muestreo, el esfuerzo no es necesariamente mucho. Vale la pena tener una comprensión básica de la teoría de muestreo. Familiarizarse con las causas de los errores de muestreo diferentes y cómo minimizarlos a través de prácticas de muestreo correcto.

CAPITULO II

ASPECTOS CONCEPTUALES DEL MUESTREO DE MINERALES

2.1 Definición y generalidades.

Muestreo: Medio por el cual se toma una pequeña cantidad de material de la masa principal de manera que sea representativa. Se define una muestra correcta como "una parte de la gran cantidad obtenida por la unión de varios incrementos donde la intención es representar al lote." La palabra clave para ser aceptable como una muestra "representativa", como se verá más adelante, hay grados de ser representativo.

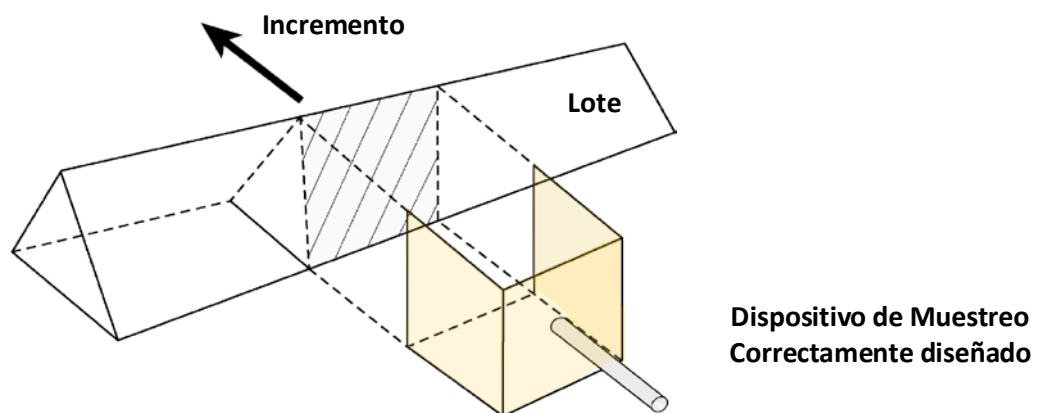


Figura N°1 Toma de un Incremento, mediante el uso de un dispositivo correctamente diseñado, dando a todas las fracciones recogidas las mismas posibilidades de ser parte de la muestra.

Los grados de representatividad son definidos por el usuario, y una muestra representativa sólo puede garantizarse mediante el uso de prácticas correctas de muestreo.

El Composito: Es una muestra compuesta de 2 o más muestras individuales cuya composición es representativa de las anteriores, la cual se forma agregando los incrementos.

El Incremento: Es un segmento una sección o un pequeño volumen de material removido en una sola operación del dispositivo de muestreo del lote o de la muestra (es decir, el material a ser representado). Muchos incrementos tomados al azar se combinan para formar la muestra (o submuestra). Este proceso es distinto de la creación de una "muestra compuesta", que está formado por la combinación de varias muestras distintas (o sub-muestras).

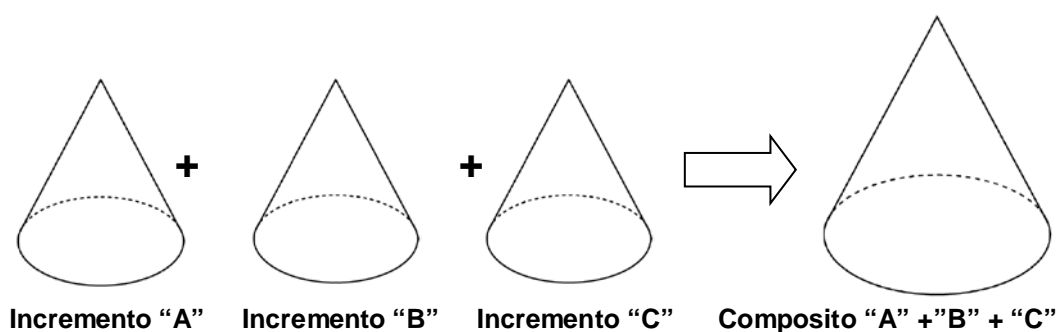


Figura N°2 Composito de Muestra, esta formado por varias sub-muestras o incrementos, dichos incrementos no son muestras representativas del lote.

Muestreadores Automáticos: Los muestreadores automáticos operan por el movimiento de un mecanismo colector "Cuchara de Corte" o "Cortador" a través del material a medida que este cae desde una faja (sólidos) o tubería (pulpa).

Es importante que; el frente del mecanismo cortador (cuchara de muestreo) se presenta en ángulo recto a la corriente, el cortador cubra en su totalidad a la corriente, el cortador se mueva a velocidad constante en todo el trayecto que corta el flujo de pulpa y el cortador sea bastante grande para pasar la muestra sin rebotes.

Cuando estos muestreadores se dirigen a colectar la muestra, estos deben estar diseñados para cortar, tragarse la muestra y retirarse, de una manera predeterminada.

La longitud de la carrera se ajusta para cubrir la totalidad del flujo sin permitir dejar de colectar la muestra, esto depende de la anchura de la corriente de los lodos, el tamaño de la muestra colectada, depende de las siguiente variables: Abertura del cortador, velocidad de la cuchara, flujo de pulpa, veces que corta la cuchara, tiempo elegido para formar el compuesto.

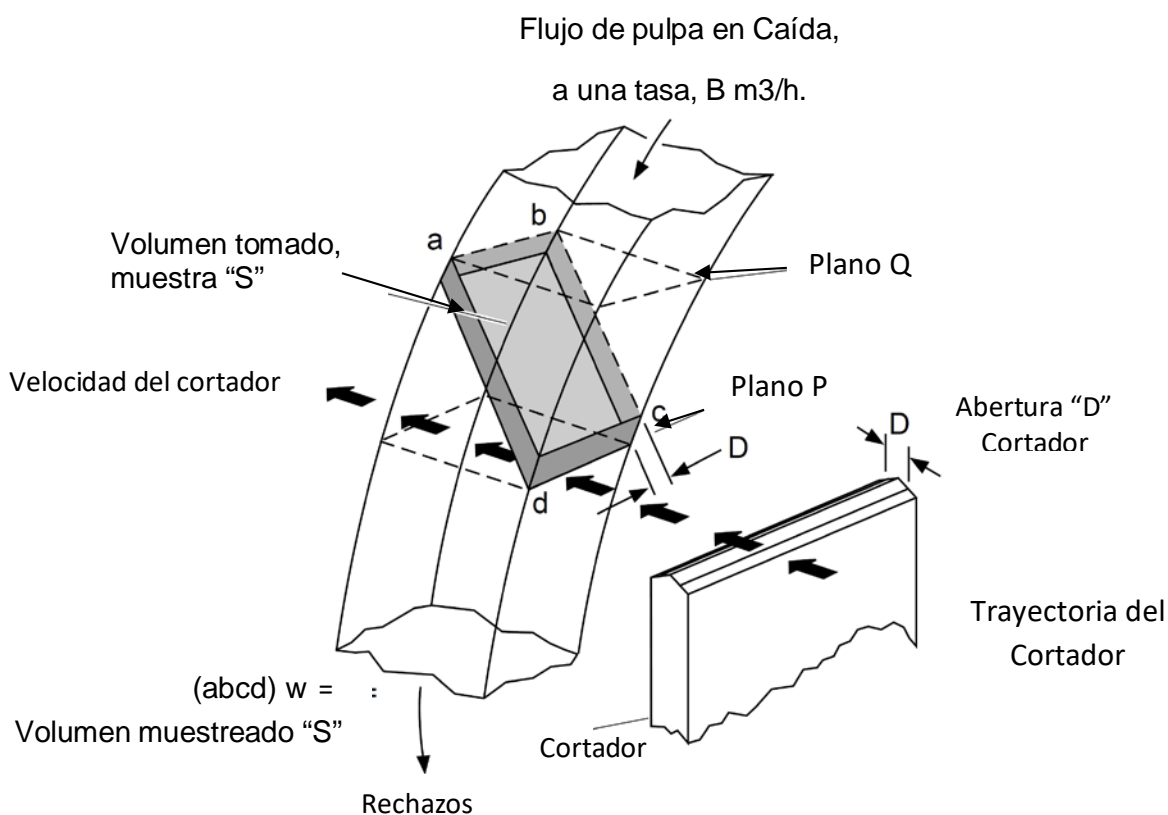


Figura N°3 Muestreador Automático de Carrera.

Mezclado: Es un procedimiento de mezcla manual muy usual que el cual es como sigue: el homogenizado que se realiza colocando la muestra sobre una manta. Dos personas sujetan el paño por sus extremos haciendo rodar el material de una esquina a otra consiguiéndose una mezcla homogénea. Si la muestra es grande el mezclado se realiza con ayuda de palas sobre un piso.

Es una variante del Coneo y Cuarteo.



Figura N°4 Manta de Mezclado.

Cuarteado : El mineral se extiende sobre una superficie plana y se apila en forma de un cono con una pala. El mineral se agrega en la punta del cono, distribuyéndose homogéneamente a través de todo el círculo en la parte inferior. Se repite la operación según la estrategia de muestreo.

El cono es aplanado (formando un cono truncado) y dividido simétricamente en 4 partes (ver Figura 5), con una cortadora con ángulos de 90° , o por primera vez con una pieza rígida de material, dividiéndolo para conseguir cuartos. Los dos cuartos opuestos se separan como muestras (incrementos) y el par restante es el rechazo (descarte) y esta operación se repite hasta obtener la muestra final deseada, este método puede llevar un tiempo considerable para obtener la sub-muestra . El procedimiento se continúa hasta la sub- muestra que se requiera con un volumen adecuado.

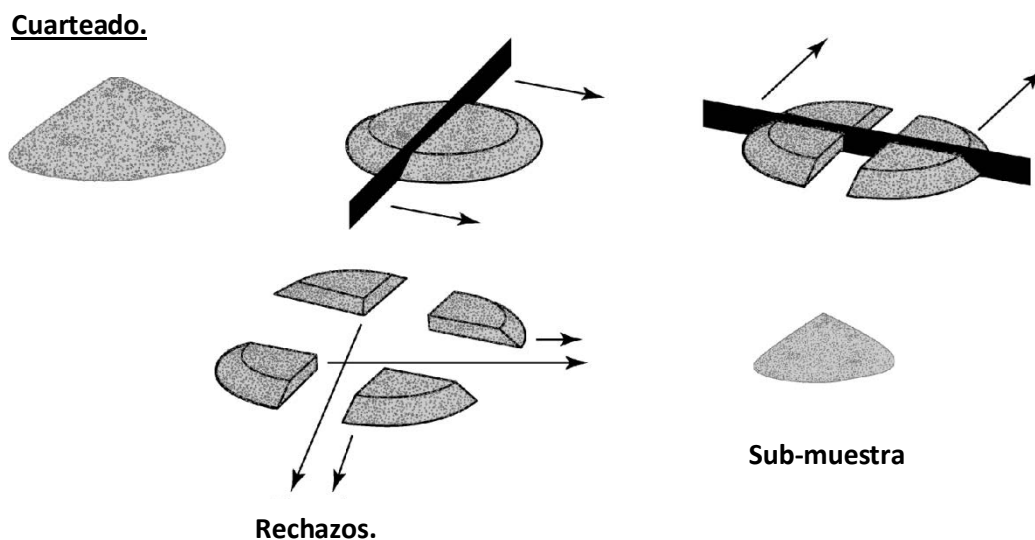


Figura N°5 Procedimiento de Cuarteado.

Muestreador en cuarteador Jones: Consiste en un ensamble de un número par de chutes idénticos y adyacentes que forman un ángulo de 45° , con una serie de rampas de alternancia que el depósito de la mitad de la muestra en un contenedor de descarga y la otra mitad en una segunda barra (ver Figura 6). (Se debe evitar cualquier divisor rápido con un número impar de rampas.)

El método se limita a las muestras de flujo libre. divisores de fusileros de utilizar fracciones múltiples (rampas), aumentando el número de incrementos en cada ronda, más que métodos como la conicidad y acuartelamiento. Sin embargo, los divisores de rifle tienen incrementos mucho mayores que los divisores sectorial. Diversas variedades de divisores rápido se han desarrollado. Son disponibles en varios tamaños y algunos proveen la separación de una muestra en más de dos mitades, como cuartos u octavos, en una sola operación. Divisores de rifle pueden funcionar bien, pero los resultados dependen de la habilidad y entrenamiento del operador.

La muestra debe ser entregada al divisor rápido por encima de tal manera que cada uno recibe un conducto (Figura 6).

El material con un tamaño adecuado se agrega y distribuye a lo largo del cuarteador obteniéndose al final dos porciones representativas, se puede continuar con dicha división hasta obtener el volumen de muestra deseado según la aplicación.

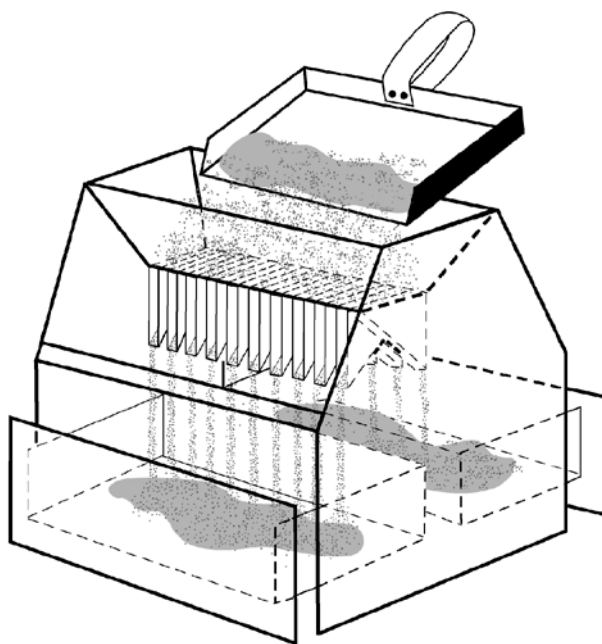


Figura N°6 Representación esquemática de un Cortador Jones (partidor de rifles).

Método del Damero: Este método consiste en lo siguiente; el material fino se distribuye homogéneamente formando un rectángulo regular. Con la espátula se realiza cuadrículas homogéneas a manera de damero, se extrae con la espátula una porción de muestra por cada línea formada, retirando la fila de donde se toma la muestra al rechazo, obteniéndose un compuesto que luego es homogenizado y dividido nuevamente hasta obtener la muestra deseada.

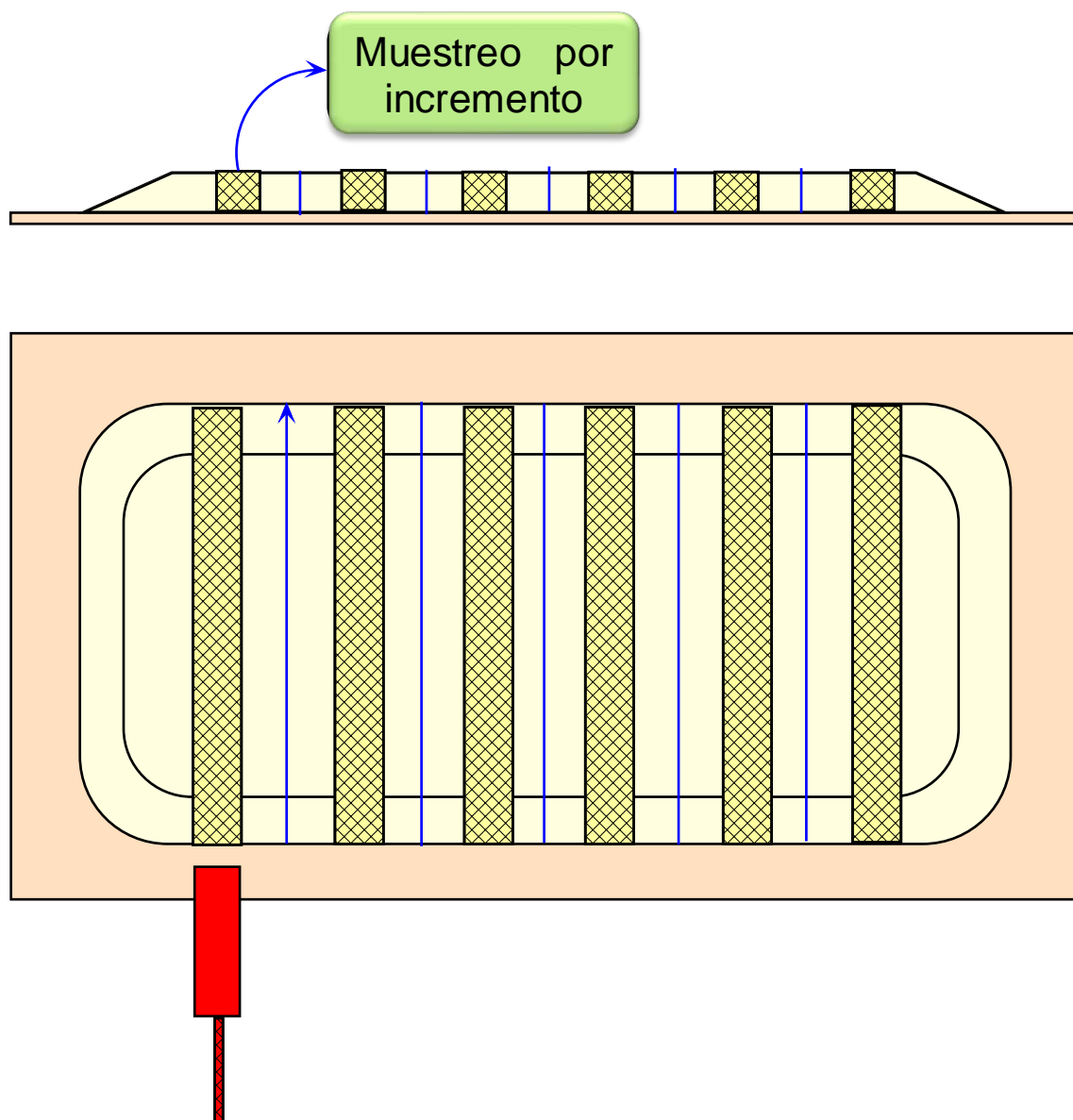


Figura N°7 Representación esquemática del muestreo del damero mejorado, simplicidad de muestreo usando un modelo unidimensional.

CAPITULO III

MUESTREO DE PULPA DE MINERAL, CONDICIONES MINIMAS PARA LA CORRECTA TOMA DE MUESTRAS.

3.1 Generalidades.

Para el muestreo de flujos de pulpa de mineral, se recomienda utilizar un muestreador de trayectoria recta, seguido de uno o varios muestreadores secundarios de trayectoria recta o circular, no existen una única recomendación para la selección de combinaciones de equipos, sin embargo siempre se deben cumplir las condiciones correctas para la delimitación de incrementos.

3.2 Tipos de cortadores utilizados en la Industria.

Cuando los muestreadores mecánicos son empleados, estos son diseñados para cortar y retirarse del flujo de pulpa a una frecuencia pre determinada y a una velocidad constante sin permitir derrames ni rebalse de pulpa, para lo cual el diseño de la cuchara colectora es muy importante, dichos muestreadores podrían funcionar de forma lineal o girar radialmente dentro de la corriente que pulpa, colectando los incrementos para el composito de muestra.

3.2.1 Muestreador de pulpa continuo – Trayectoria recta.

El diseño esquemático de un Muestreador de Trayectoria recta se ilustra en la Figura N°8, dicho cortador atraviesa la totalidad del flujo,

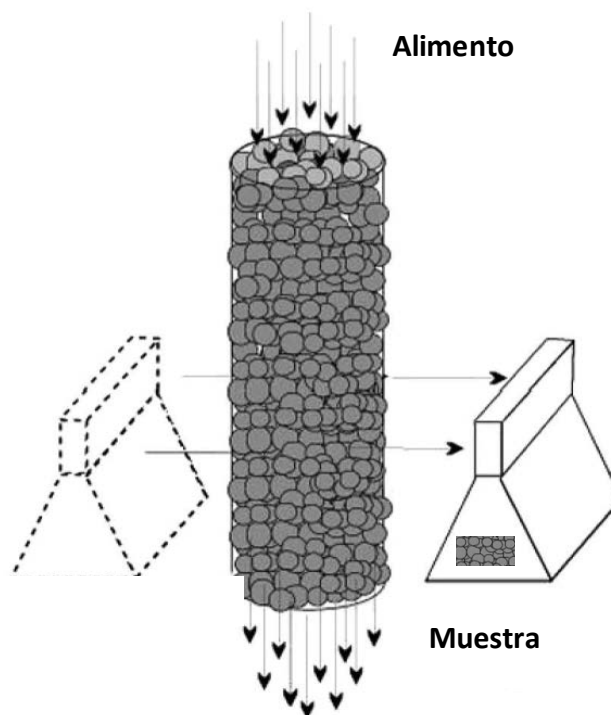


Figura N°8 Muestreador de Trayectoria Recta.

Su funcionamiento depende de los siguientes parámetros, la apertura de la cuchara del cortador, la longitud de la carrera, la velocidad del corte, existe una condición muy importante para determinar la mínima apertura de la cuchara de muestreo que la apertura no sea menor que 3 veces el tamaño de partícula máximo.

3.2.2 Muestreador de pulpa continuo – Trayectoria circular.

El diseño esquemático de un muestreador de trayectoria circular se ilustra en la Figura N°9, el tipo de rotación de las cuchillas permite que los incrementos pasen a través del muestreador como segmentos. Para un muestreo imparcial la distancia “ d ” es $2/3$ el radio de la cuchara del muestreador, y la apertura del Cortador es aproximadamente “ $d \tan(\alpha)$ ” .

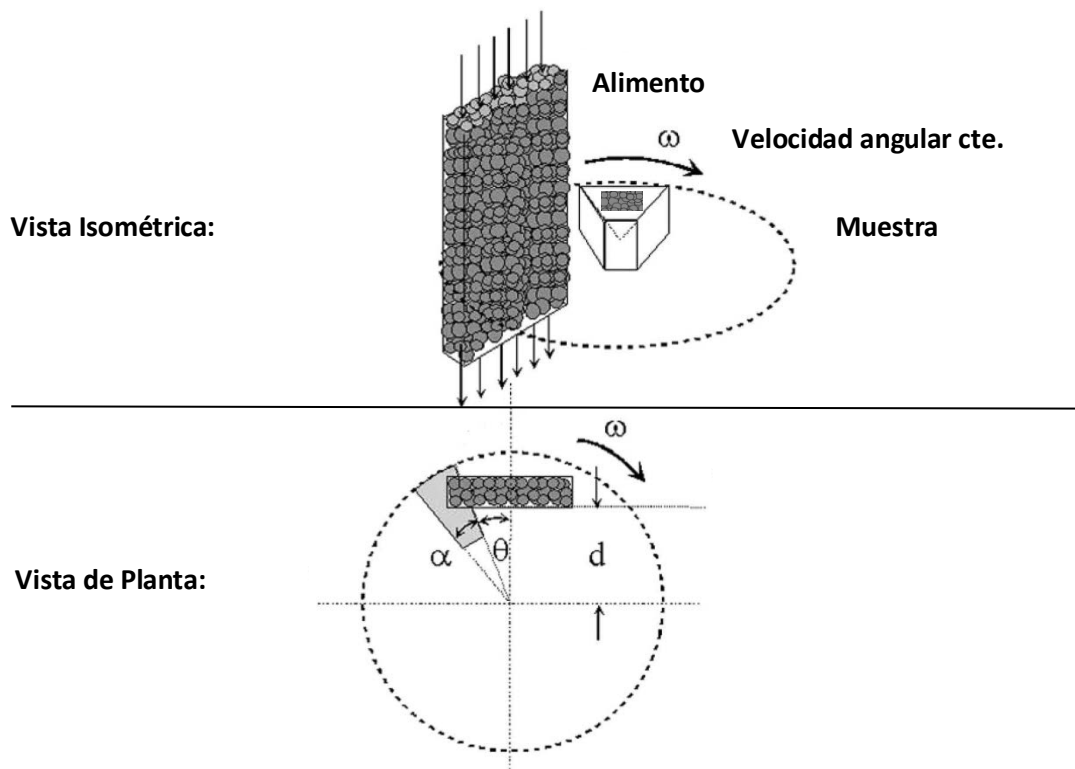


Figura N°9 Muestreador de Trayectoria Circular.

3.2.3 Equipos de Muestreo de pulpa continuo que no son representativos.

Existen diversos equipos utilizados en la actualidad que no cumplen con la toma de muestra equiprobabilística, de los cuales se mencionan los siguientes: muestreadores con deflectores, muestreadores con manguera flexible, muestreadores con compuertas móviles, muestreadores con trayectoria de arco, muestreadores con trayectoria de péndulo, Otros.

3.3 Condiciones para la toma correcta de los incrementos.

Para lograr obtener una correcta toma de muestra e incrementos en general, se recomienda para efectos de la simplicidad de los diseños se postula que la geometría de la boca del muestreador sea rectangular.

3.4 Cortadores de flujo transversal – Condiciones de geometría para la toma correcta de incrementos.

Existen diversas condiciones que son necesarias cumplir en un equipo de muestreo para obtener una muestra representativa, los cuales se indican a continuación.

3.4.1 Cortadores de trayectoria recta - geometría correcta.

Para efectos de simplicidad de los diseños, “la geometría es correcta si el cortador es rectangular”.

Se considera que en este caso se cumplen las condiciones:

- El flujo se mueve a velocidad constante.
- El cortador se mueve en forma transversal al flujo a velocidad constante.
- La totalidad del flujo pasa por el interior de la abertura del cortador.

En la figura 10 se ilustra la condición correcta para un cortador de trayectoria recta

En este caso se debe cumplir que las líneas que definen el intervalo Δt sean paralelas, “efecto de la geometría de la cuchara”.

Se observa en una vista isométrica como la cuchara del muestreador se mueve en sentido transversal al flujo cortándolo y obteniendo incrementos de muestra.

En la vista de planta se observa la adecuada separación que tienen los bordes de la cuchara para evitar pérdida de muestra, así mismo el movimiento de ida y vuelta que tiene que hacer la cuchara para regresar a su posición inicial luego de haber cogido el incremento de muestra.

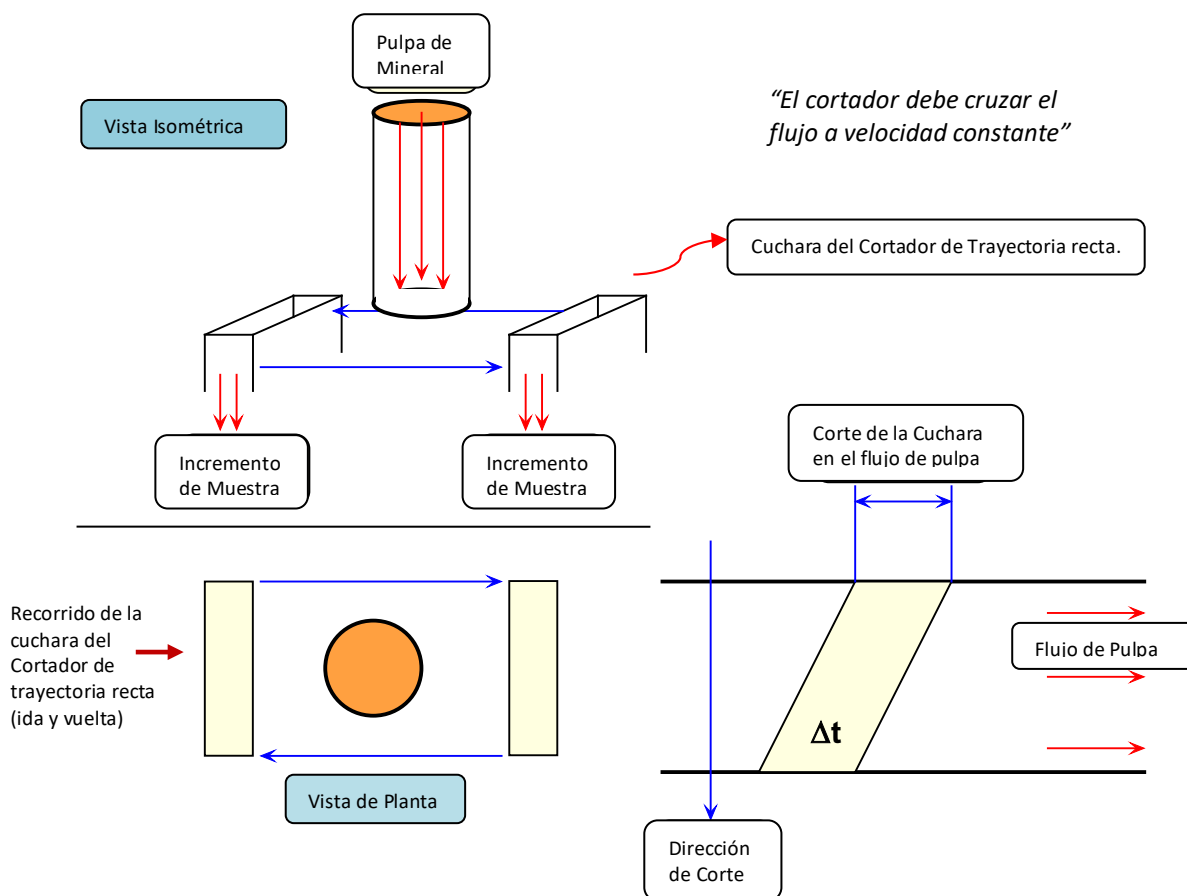


Figura N°10: Efecto de la velocidad del cortador sobre el incremento.

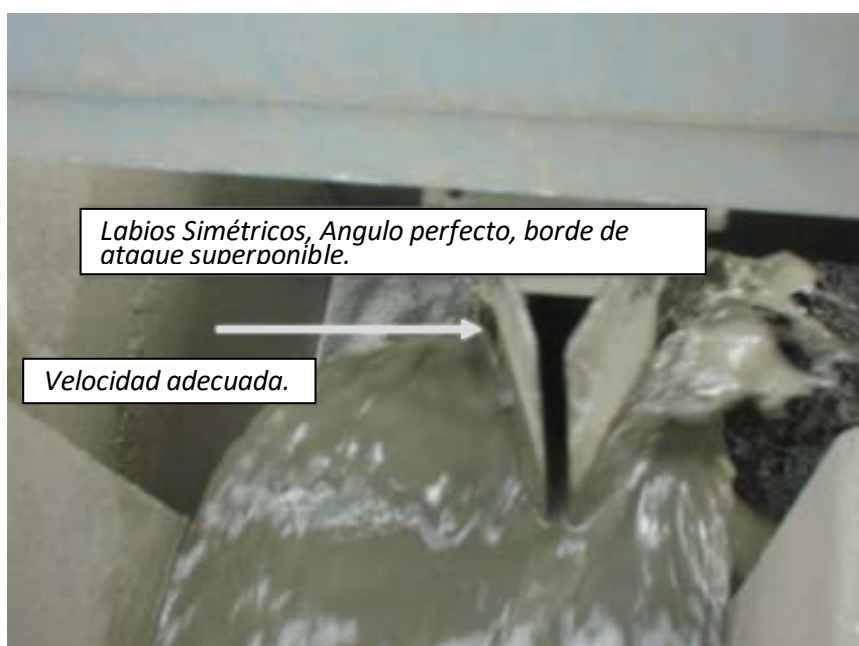


Foto N° 1: Geometría del cortador correcta, atravesando la totalidad del flujo de pulpa en el canal.

3.4.2 Cortadores de trayectoria recta - defectos de los muestreadores de corte transversales.

Generalmente, un cortador transversal de trayectoria recta sufre alteraciones en su geometría por efecto del uso, o por la calidad de los materiales que se usaron en su construcción. Cuando ésto ocurre los bordes del cortador no se mantienen rectos ni paralelos. La geometría es incorrecta si el cortador no es rectangular. Figura 11.

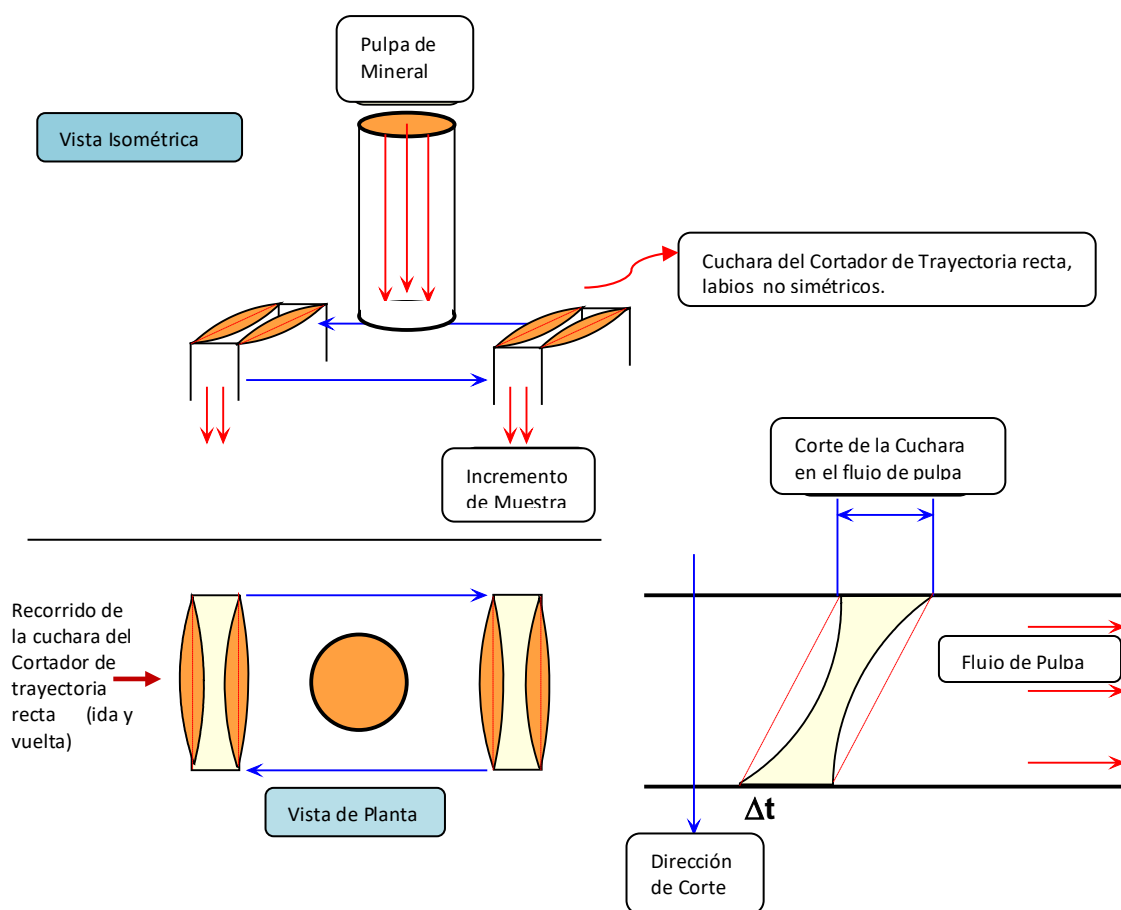


Figura N°11: Efecto del desgaste de la cuchara del muestreador.

También se altera la geometría debido a obstrucción parcial del cortador por trozos de material. Como recomendación se debe efectuar una inspección

frecuente y mantención preventiva de los cortadores, para lo cual el acceso visual y mecánico debe ser fácil y expedito.



Foto N°2: Efecto del desgaste del cortador por uso o diseño, atravesando el flujo de pulpa en el canal.

3.4.3 Cortadores de trayectoria circular - Vezin.

Este tipo de cortadores de trayectoria circular se denomina cortador Vezin. La geometría correcta se muestra en la figura 12 y se puede comprobar que para cualquier punto a lo largo del radio, el ancho de la apertura del cortador es directamente proporcional a su velocidad.

El cortador de trayectoria circular tiene una geometría correcta solo si sus bordes son perfectamente radiales.

En la figura se puede apreciar que “ w ” es la abertura menor del cortador que viaja a una velocidad “ v ” y “ W ” es la parte más ancha del cortador que viaja a una velocidad “ V ” de manera que se cumple:

$$\frac{w}{v} = \frac{W}{V} = \text{constante} \dots (1)$$

Donde:

w = Abertura del cortador en la parte menos ancha.

v = Velocidad del cortador en la parte menos ancha.

W = Abertura del cortador en la parte más ancha.

V = Velocidad del cortador en la parte más ancha.

$$\text{Razón de Muestreo} = \frac{c}{C} = \frac{w}{W} = \text{Constante} \dots (2)$$

Además:

c = Circunferencia que describe la pulpa en la parte más cerca al centro del equipo.

C = Circunferencia que describe la pulpa en la parte más lejos al centro del equipo.

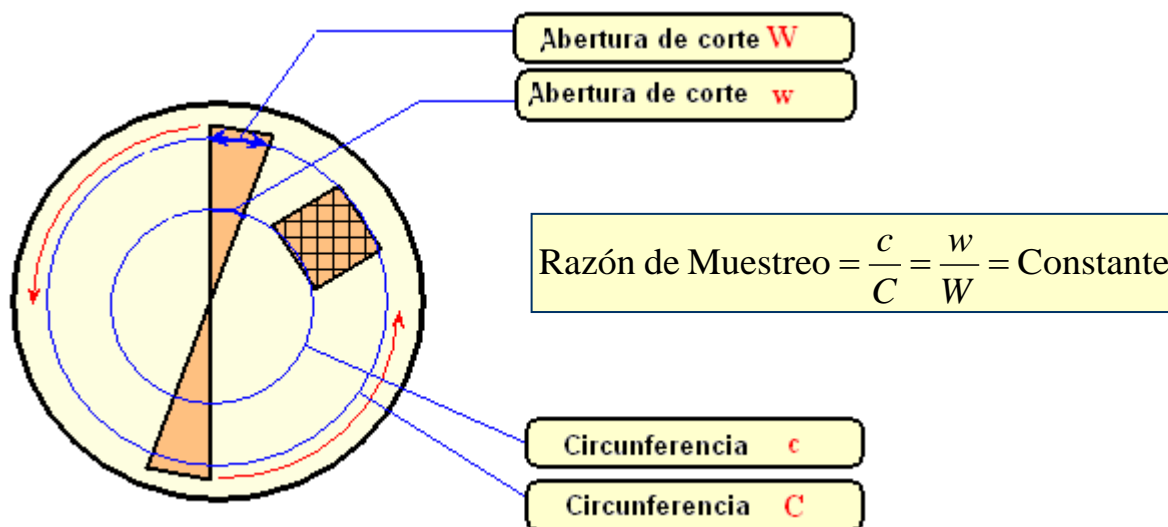


Figura N° 12: Geometría correcta Cortador trayectoria circular

Los muestreadores Vezin son ampliamente recomendados para efectuar tomas de muestras secundarias y terciarias en las grandes torres de muestreo, Estos equipos son baratos, robustos, compactos y guardan una proporción perfecta, lo crítico es su diseño y definición de parámetros

mecánicos de construcción y condiciones de operación del equipo, en los puntos de aplicación donde se desempeñen.

En la figura N° 13 se muestra la posición correcta de los cortadores giratorios en relación con la posición del flujo en caída, un margen de seguridad de 5 cm (mínimo) es necesario a ambos lados del flujo para que las cuchillas aseguren una buena delimitación y extracción.

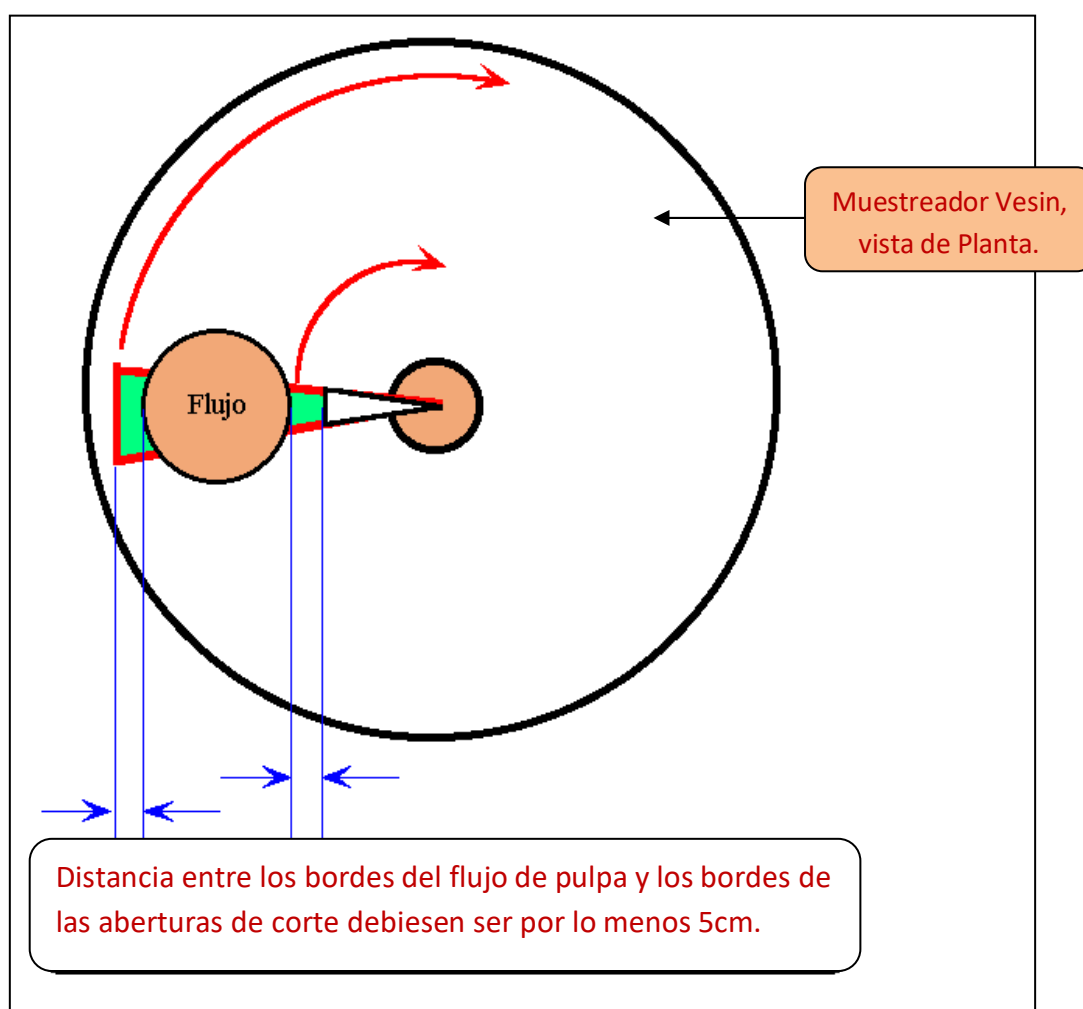


Figura N° 13 Corrección en la extracción de muestras en cortador tipo Vezin

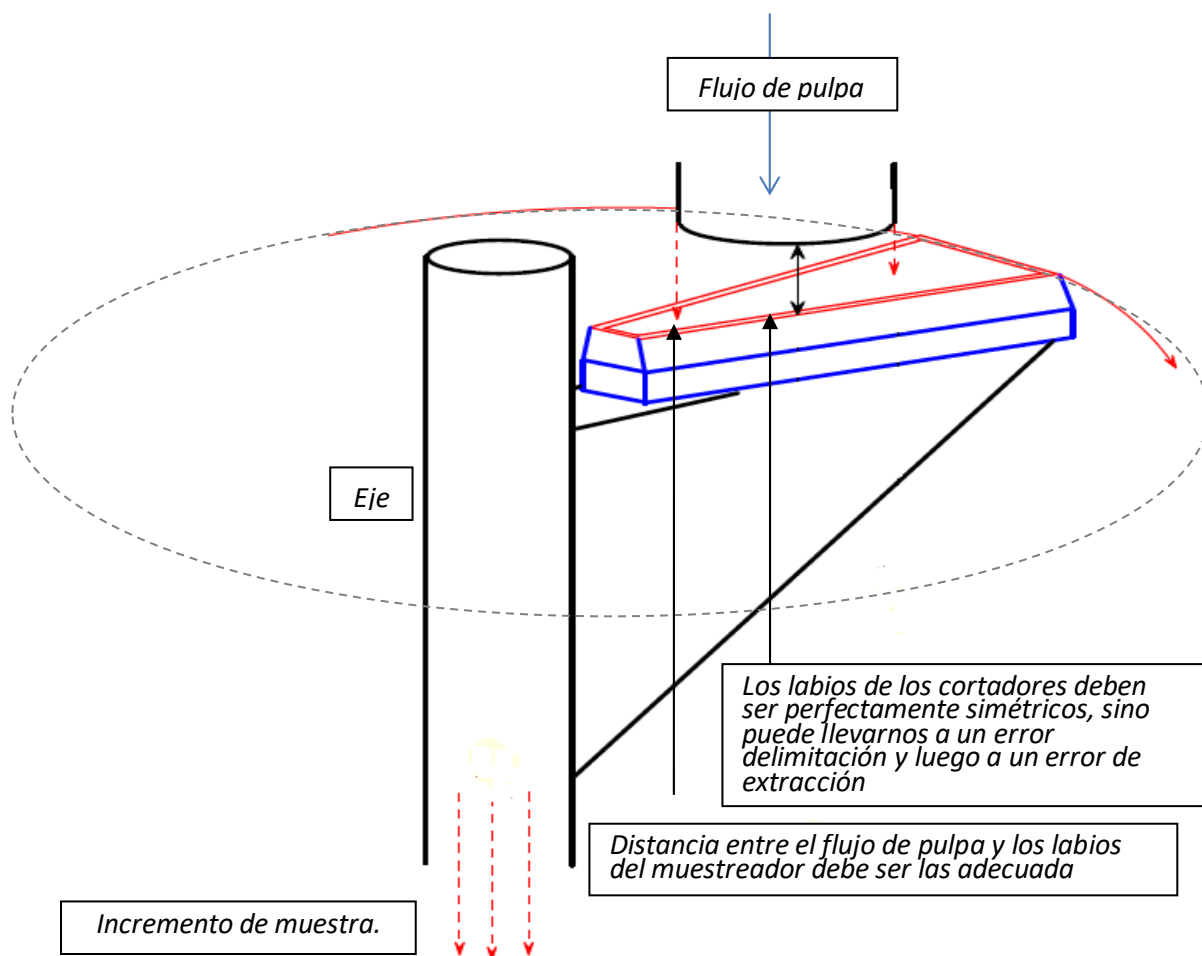


Figura N° 14 Ilustración de un Cortador Vezin.

Se debe considerar que la distancia entre la cuchara y tubería de la pulpa sea relativamente pequeña, además se debe considerar que la salida del incremento debe estar libre para evitar la sobre carga de las cucharas, no debe ser una tubería de descarga muy larga pues esto facilitaría la deposición de material excedente que nos induciría a errores.

Los muestreadores vezin deben tener puertas de inspección de fácil acceso y no requieren que estas sean muy grandes solo lo suficiente para realizar inspección visual, se debe de instalar una malla en la puerta de inspección con la finalidad de prevenir accidentes por el giro continuo de este equipo.

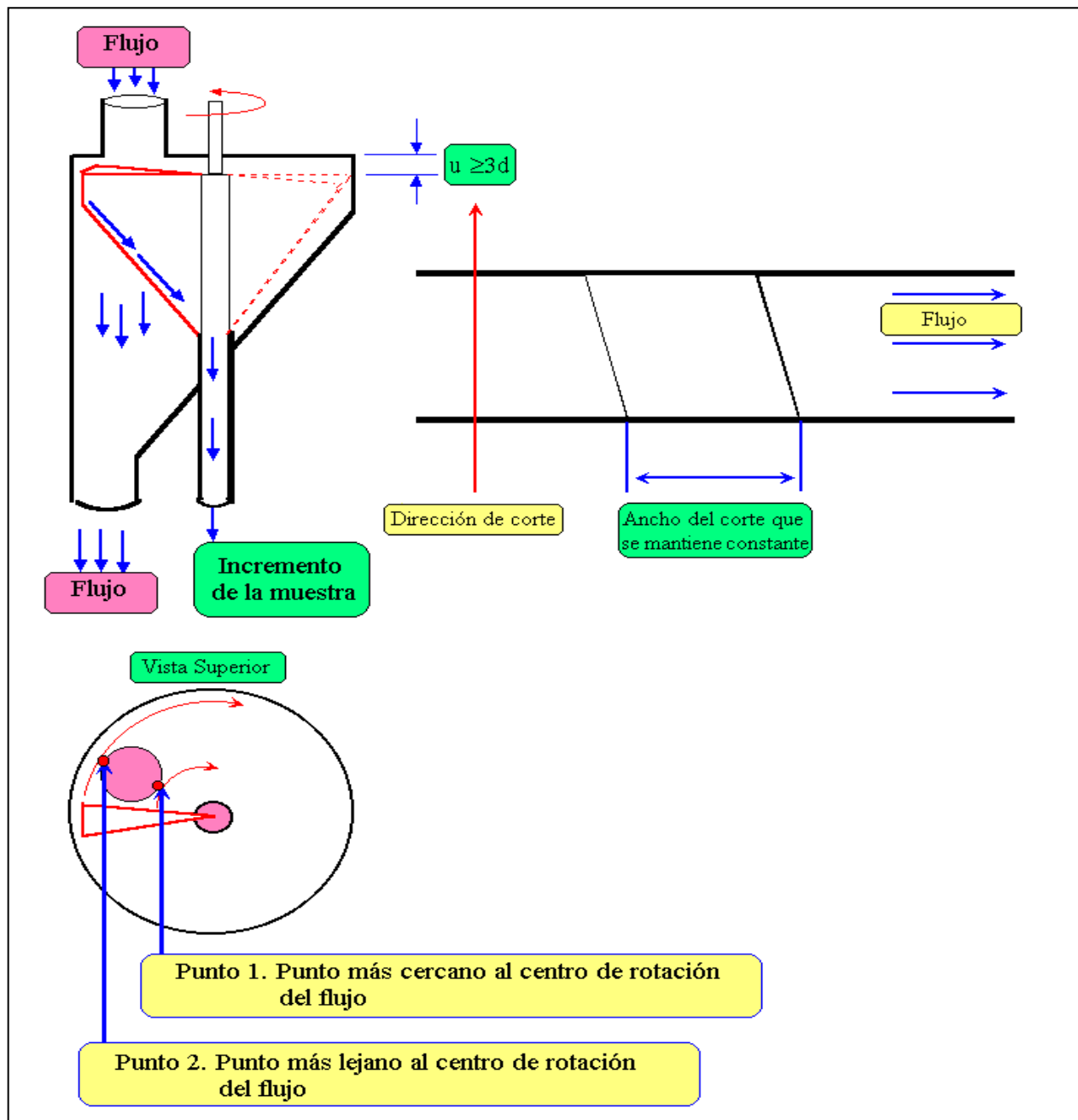


Figura N° 15 Requisitos de velocidad y abertura de un cortador Vezin.

En el punto más lejano del centro de rotación con respecto al flujo, Punto 2, Figura N°15, la velocidad de corte no debería exceder los 45 cm/seg si el diámetro en ese punto es mayor que 60 cm.

La velocidad de corte no debería exceder los 30 cm/seg si el diámetro en ese punto es menor que 60 cm.

En el punto más cercano del centro de la rotación con respecto al flujo, Punto 1 (Figura N°15), la abertura de corte debe ser, mínimo **$W_o = 3d + 1$ cm**, donde “d” es el diámetro máximo de partícula en la muestra.

3.4.4. Defectos en los muestreadores de trayectoria circular.

Las mismas desviaciones, que se mencionaron para los cortadores de trayectoria recta se aplican a los cortadores de trayectoria circular.

El cortador debe ser construido en forma radial y su funcionamiento también tiene que ser radial, es decir debe girar con el mismo radio para el cual fue construido.

3.4.5 Otros tipos de muestreadores de trayectoria diferente a la carrera recta o circular. Siempre tienen una geometría incorrecta.

Los cortadores más usados son de trayectoria recta o circular; sin embargo existen otros dispositivos **incorrectos** desde el punto de vista del error de delimitación. Los equipos erróneos más comunes son:

a) Cortadores con deflectores de flujos (flap).

Estos son cortadores de muestra que desvían el flujo en dos partes.



Foto N° 3 Referencia de un muestreador tipo Flap de Compuerta.

Según los expertos esta situación es altamente inconveniente, confirmando la norma JIS 8100, en la que se indica que los cortadores tipo flap o desviadores de flujo, sesgan la muestra, no siendo recomendables.

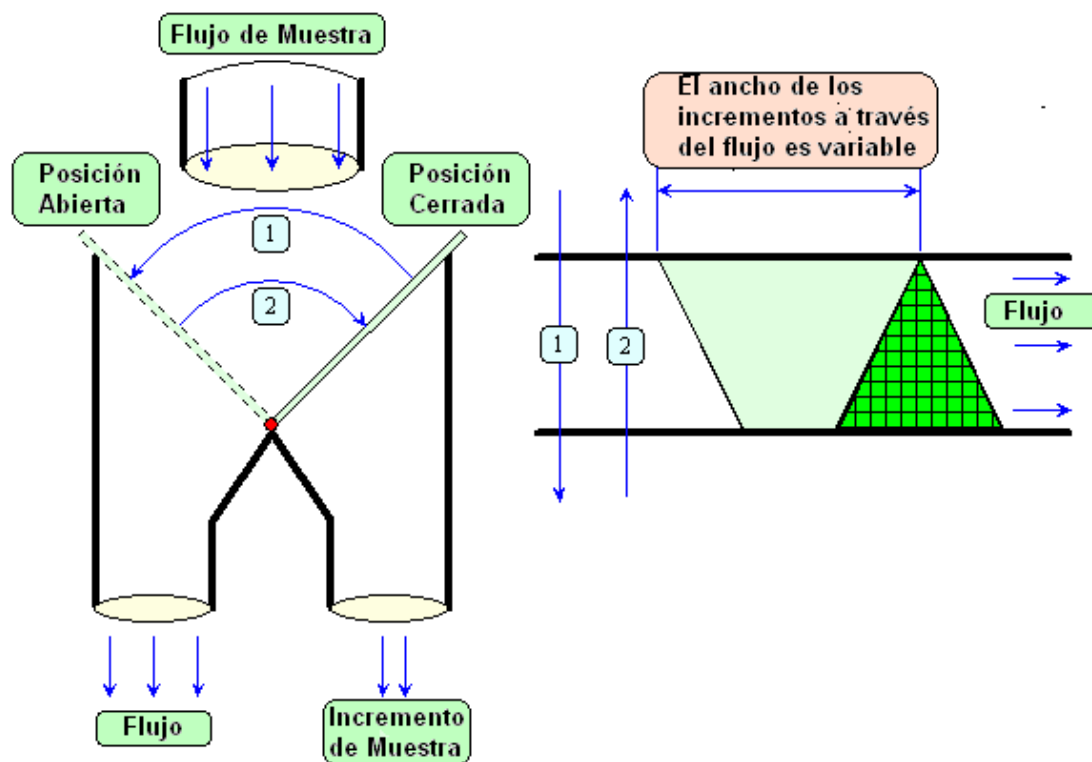


Figura N°16: Esquema del Cortador de flap o con deflectores.

b) Cortadores de manguera flexible.

Estos cortadores generalmente entregan un incremento incorrecto, porque no cortan la totalidad del flujo de manera constante, existe una segregación al retorno de su posición inicial, por lo que deben ser evitados.

Este tipo de muestreador es utilizado en algunos analizadores de elementos "Courier" por lo que dicho incremento no llega a ser representativo (tomar en cuenta las consideraciones que deben existir para que el incremento de muestra sea representativo) y por lógica el análisis de algo no representativo con lleva a un error en medición.

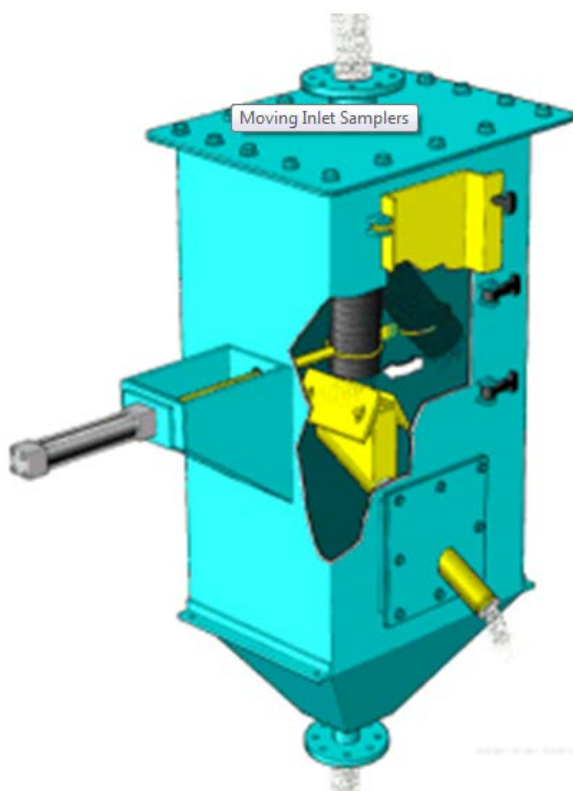


Figura N°17: Geometría Incorrecta. Cortador de manguera flexible.

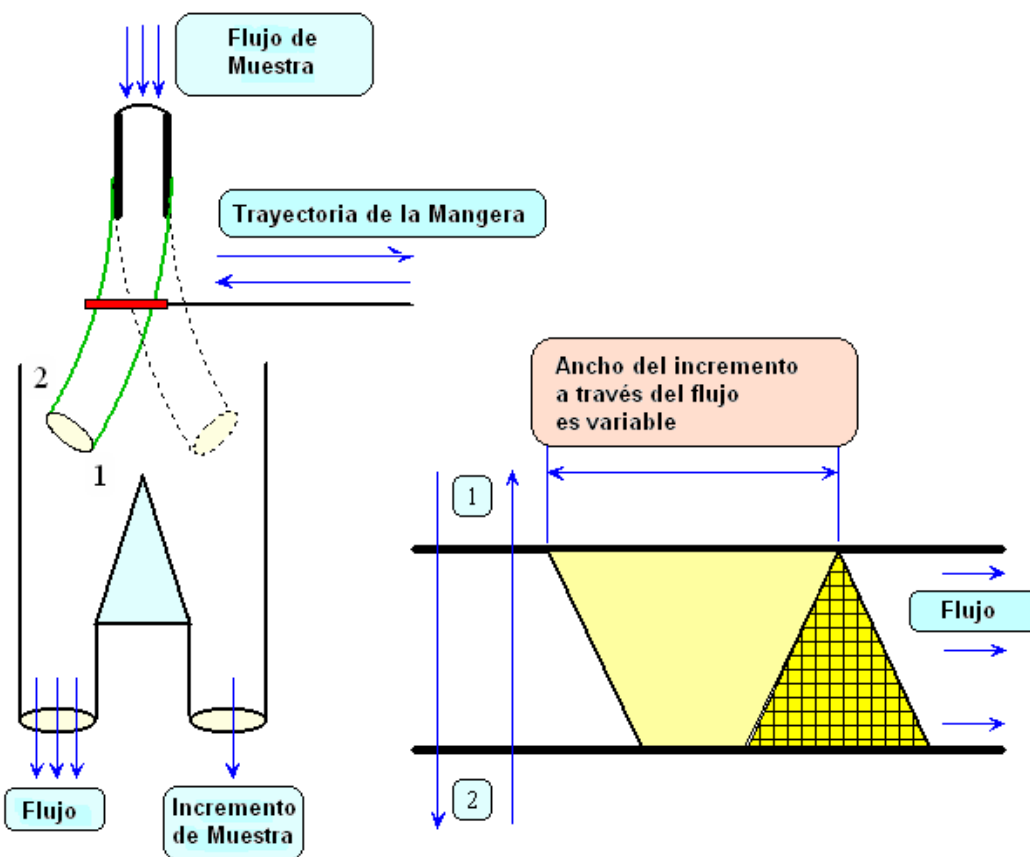


Figura N°18: Esquema del Cortador de manguera flexible.

c) Cortadores de compuerta móvil, instalados bajo tolvas, pilas o silos.

La utilización de muestreadores bajo estas circunstancias siempre son incorrectos y deben ser evitados, adicionalmente están sujetos a problemas de segregación.

d) Cortadores transversales al flujo con trayectoria de arco.

Aunque pueden teóricamente entregar un incremento correcto, no son recomendados ya que la mayoría de las veces presentan problemas de error de extracción al existir posiciones donde el ancho efectivo para cortar el flujo es demasiado pequeño.

3.5 Cortadores de flujo transversal – Condiciones de movimiento y velocidad correctas.

Las condiciones correctas para el movimiento y velocidad del cortador son las siguientes:

3.5.1 Sistema de movimiento de los cortadores.

Los tipos de cortador se dividen generalmente en:

- eléctricos.
- hidráulicos.
- neumáticos.
- magnéticos.
- manuales.

De estos cinco tipos de cortadores, se recomienda usar solo los que poseen movimiento con motor eléctrico, ya que son los que mejor cumplen las condiciones establecidas, siendo además de bajo costo, fáciles de mantener, simples y muy confiables.

Para los cortadores que están siempre en movimiento, es decir continuamente están sacando muestras, sólo es necesario asegurar que el sistema tiene suficiente potencia, para mantener la velocidad cuando el cortador intercepta el flujo.

Para los cortadores que funcionan en forma discontinua, la posición de estacionamiento del cortador debe estar lo suficientemente lejos del flujo, para que tenga tiempo suficiente de alcanzar su velocidad constante antes de interceptar el flujo. Se requiere motores y reducciones lo suficientemente potentes.

3.5.2 Velocidad de los Cortadores.

Se deben cumplir las condiciones:

- La velocidad lineal o circular del cortador debe ser constante durante todo el tiempo necesario para cruzar el flujo.
- La velocidad permanece constante durante la colección de todos los incrementos.
- La velocidad del cortador debe ser inferior a 45 cm/s.
- El cortador alcanza su velocidad constante previo a cortar el flujo.

3.6 Cortadores de flujo transversal. – Condiciones de ubicación y disposición de los cortadores.

3.6.1. Posición correcta para estacionamiento y recorrido.

- La posición del cortador debe estar suficientemente lejos del flujo para permitir que el motor alcance su velocidad constante antes de llegar al flujo.
- El flujo debe caer exactamente en el centro del cortador.
- El cortador debe ser capaz de cruzar completamente el flujo.
- La separación entre el cortador y el flujo debe ser mínima, sin embargo nunca inferior a 1 cm.
- En caso de partículas más grandes se debe respetar la regla que la distancia de separación no debe ser inferior a $u = 3d + 1 \text{ cm}$.

Donde:

u = es la abertura de la cuchara (mm)

d = diámetro máximo de la partícula (mm)

Se debe tener mucho cuidado en evitar lugares de posición del cortador que pueden estar sujetos a contaminación por salpicaduras o polvo.

Cuando se genere demasiado polvo en la caída del material, se estará presente ante una contaminación de la muestra cuando el cortador no

está funcionando. Además se producirá una pérdida de la fracción fina cuando el muestreador funcione efectivamente.

Para el caso de los muestreadores de trayectoria recta en pulpas, se requiere que la distancia mínima al flujo en el lugar de estacionamiento sea de 50 cm. También se puede proteger el cortador con tapas adecuadas para evitar la contaminación

3.6.2 Posición incorrecta para estacionamiento y recorrido.

En algunas ocasiones se observan cortadores demasiado cortos o en posición equivocada en torno al flujo que se debe muestrear. En estos casos se aprecia que parte del flujo cae fuera de la trayectoria del cortador.

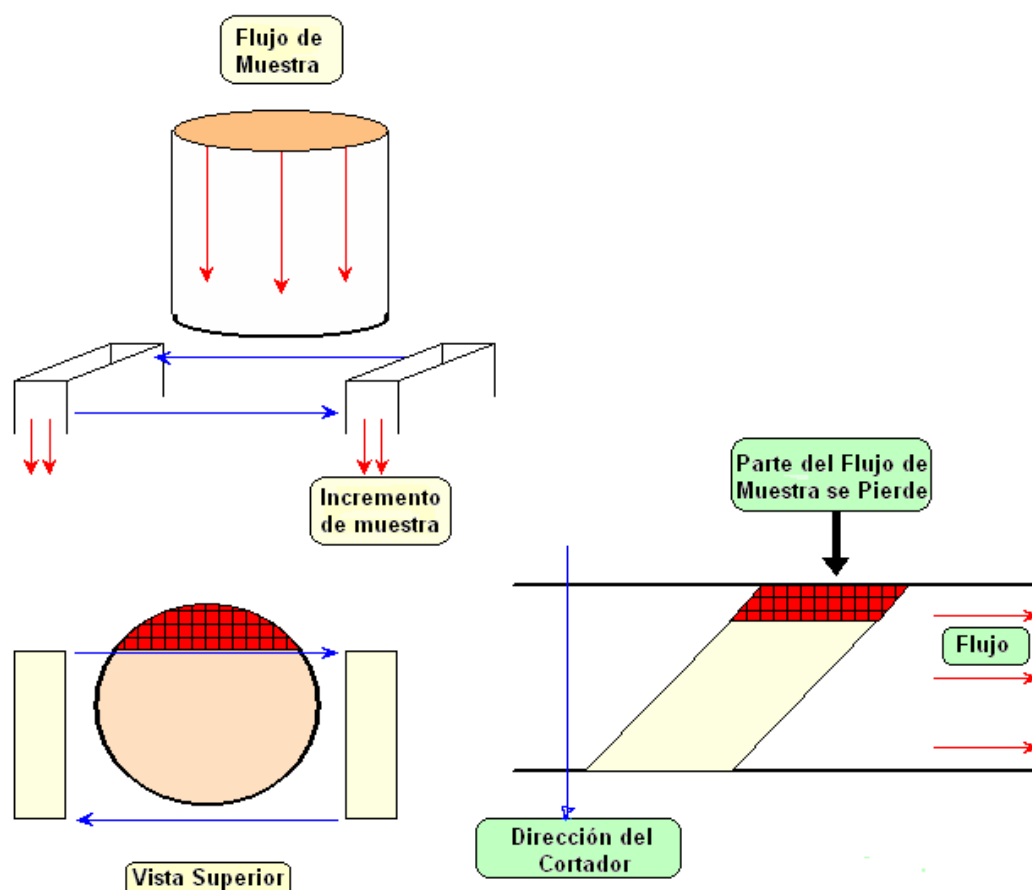


Figura N°19. Posición incorrecta de cortadores de trayectoria recta, ancho de la cuchara muy corta.

Esta situación se muestra en la figura 19 donde se aprecian los errores para cortadores de trayectoria recta, donde parte del flujo cae fuera del rango de pasada del cortador.

También se encuentran frecuentemente errores en la posición cuando el cortador ejecuta movimiento de ida y vuelta muy rápidamente, es decir, debiera cortar el flujo en dos pasadas consecutivas.

El error se comete cuando el cortador empieza su segunda pasada, de vuelta, cuando aún no termina de completar su primera pasada; en otras palabras se devuelve demasiado pronto.

En la figura 20 se muestra esta situación.

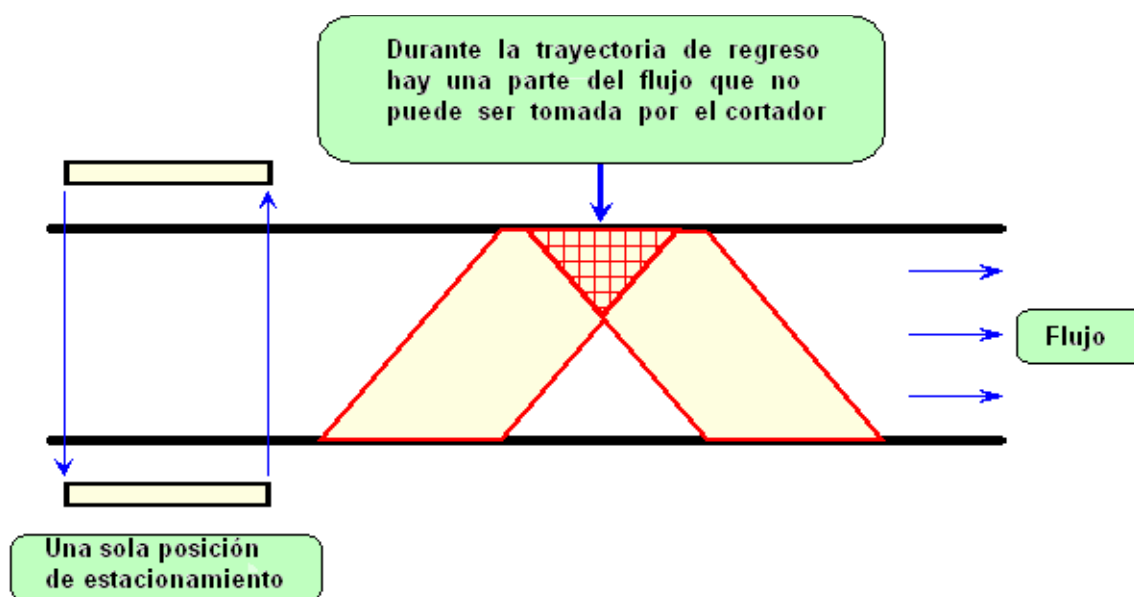


Figura N°20 Cortador de trayectoria recta que se devuelve demasiado pronto.

3.6.3 Distancia entre los cortadores en serie. Caídas libres

A menudo se requiere disponer de una serie de cortadores conectados entre sí, vale decir el flujo recogido por un cortador, es cortado a su vez por otro que muestrea el material por segunda vez. En estos casos es importante considerar la distancia en la ubicación de los cortadores, ya que éstos no deben quedar muy alejados. Si el ducto que une ambos sistemas de muestreo es demasiado largo (más de 1,5 metros), es probable que en el tiempo de reposo de los cortadores, se produzca una acumulación de material en el interior de los ductos con la consiguiente pérdida de representatividad. El tubo de alimentación que transporta el incremento al segundo cortador, debe quedar acoplado verticalmente.

3.6.4 Colectores de muestra en cortador secundario Vezin.

El cortador secundario debe considerar los espacios necesarios para colocar baldes receptores en ambos ductos (muestra para calidad y muestra de rechazo), lo que permitirá efectuar la extracción de incrementos para la validación del sistema. El largo del tubo de rechazo debe considerar la efectiva evacuación hacia la zona de descarga, permitiendo la instalación de un balde para colección de muestras de validación.

CAPITULO IV

CONDICIONES PARA LA EXTRACCIÓN CORRECTA DE LOS INCREMENTOS.

4.1 Definición y descripción de las condiciones mínimas requeridas.

Es de suma importancia que el equipo con el cual se toma la muestra este bien diseñado para asegurar la representatividad de la muestra obtenida, pues es lógico que si el equipo se encuentra fuera de norma no es posible asegurar una muestra 100% representativa continuación se enumera las condiciones de diseño para el aseguramiento del muestreo puntual.

4.2 Diseño de la cuchara colectora de muestra.

Es frecuente asumir que los dos bordes del cortador son rectos y perpendiculares a la trayectoria del cortador. Sin embargo, la principal condición que debe cumplirse, es asegurar que el borde de ataque (el primero que toca el flujo) es perfectamente superponible con el borde de fuga (el último que toca el flujo). Si se cumple esta condición, el hecho de que sean rectos es irrelevante y se escoge a menudo solamente por su simplicidad.

Aunque se pueda discutir bastante respecto del papel que cumplen el espesor de las hojas del cortador, este factor no influye mayormente en el

proceso de la obtención de la muestra. El espesor de las hojas del cortador no introduce ningún error y no altera la probabilidad de extracción

4.2.1 Forma del borde de la cuchara colectora.

Aunque el espesor no es un problema, la simetría y ángulos de las hojas del cortador en la apertura son importantes. Se sugiere que el ángulo superior del borde de las cuchillas del cortador sea menor de 45 grados (ángulo "filudo").

Si los bordes son intercambiables para mantención y ajustables, se deben construir de manera que queden en una posición fija, sin que se suelten por vibración. Estas cuchillas que se ponen en el borde del cortador deben ser de un espesor de 2 a 3 mm.

Si los bordes son gruesos por razones mecánicas, ellos deben ser perfectamente simétricos.

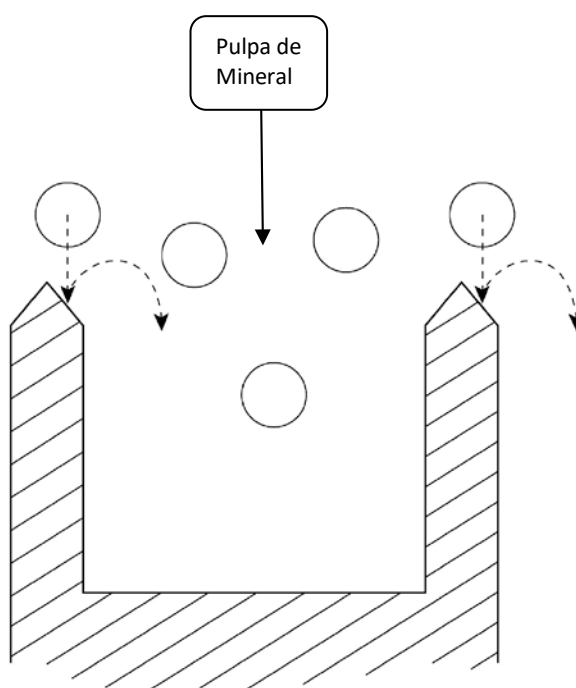


Figura N° 21 Diseños correctos para los bordes del cortador, debe permitir que la muestra ingrese dentro de la cuchara y no permita acumulaciones en los bordes.

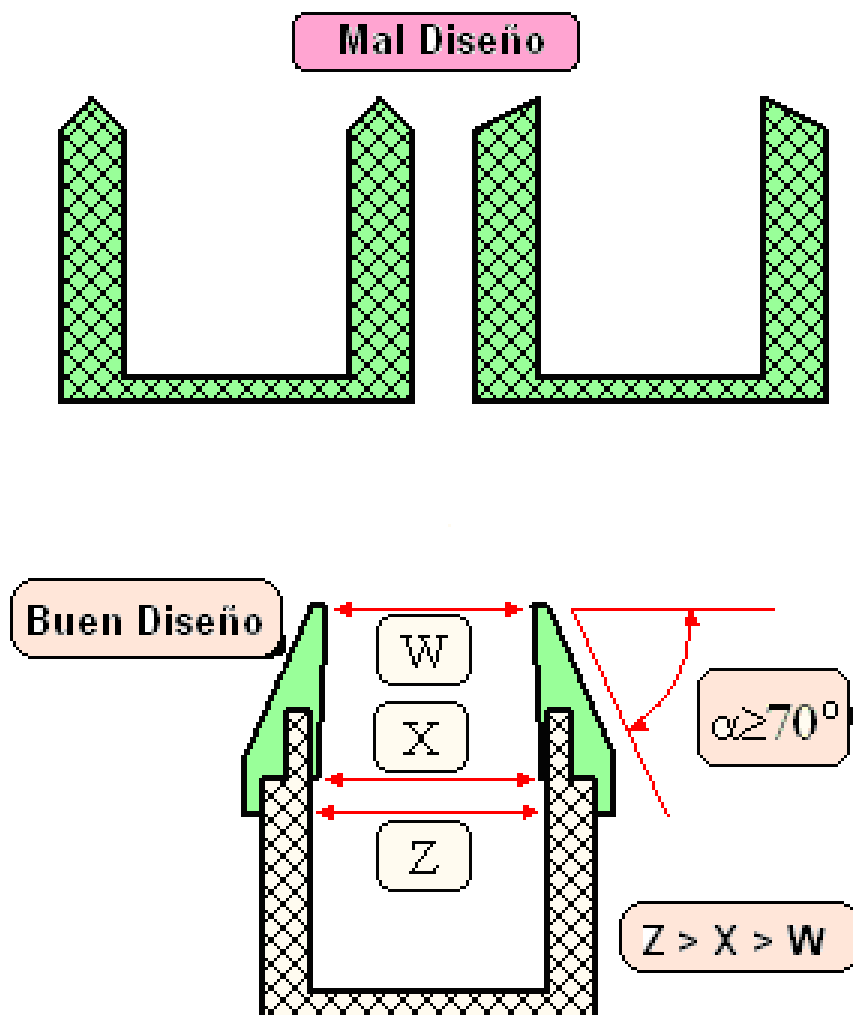


Figura N° 22 Diseños correctos e incorrectos para los bordes del cortador

Donde:

W = Separación entre los bordes de las cuchillas.

X = Separación media en la cuchara.

Z = Separación en el fondo de la cuchara debe ser mayor para que permita el no retorno de la pulpa fuera de la cuchara.

En figura 22 se muestran diseños satisfactorios para los bordes del cortador

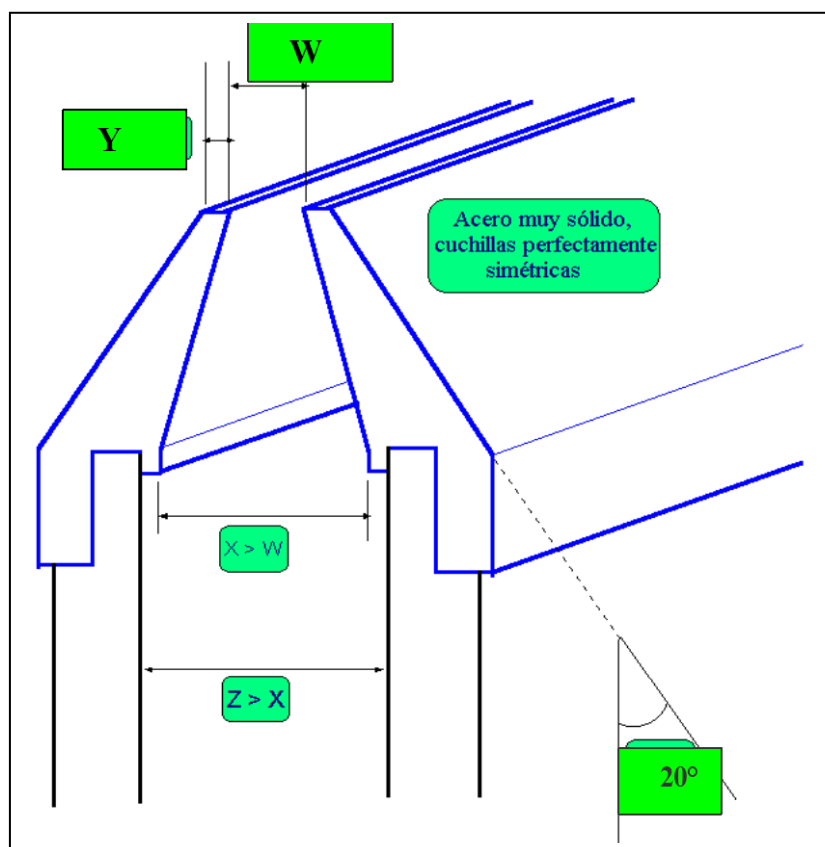


Figura N°23 Diseño sugerido para cuchillas de pulpas.

Cada cuchilla tiene un solo lugar posible, las cuchillas ajustables son inaceptables, ya que se deben mantener simétricas en todo momento.

Donde:

Y = Espesor del filo de la cuchara, debe ser lo suficientemente filudo para evitar asentamiento de material en el borde.

El ángulo que forma los bordes de la cuchara con la pared de la misma debe ser alrededor de 20° , con esto se asegura que las partículas que rebotan tenga la posibilidad de ingresar de inmediato, el acero debe ser muy sólido que no permita deformaciones de los bordes.

Largo de la abertura del cortador

El flujo a muestrear debe pasar completamente a través de la abertura del cortador. Esto implica que el cortador debe tener una largo suficiente para cumplir esta condición. Para estar seguros de que el cortador tiene un largo correcto, este debe ser mínimo tres veces más largo que el flujo que se debe medir, en la figura 12 se muestra un diseño correcto, en el cual se permite que las partículas que rebotan en el borde del cortador tengan la posibilidad de ingresar debido a un tamaño adecuado.

Esta relación de 1:3 para la altura del flujo y el largo de la abertura del cortador también es válida para el muestreo a la caída de pulpa en canaletas.

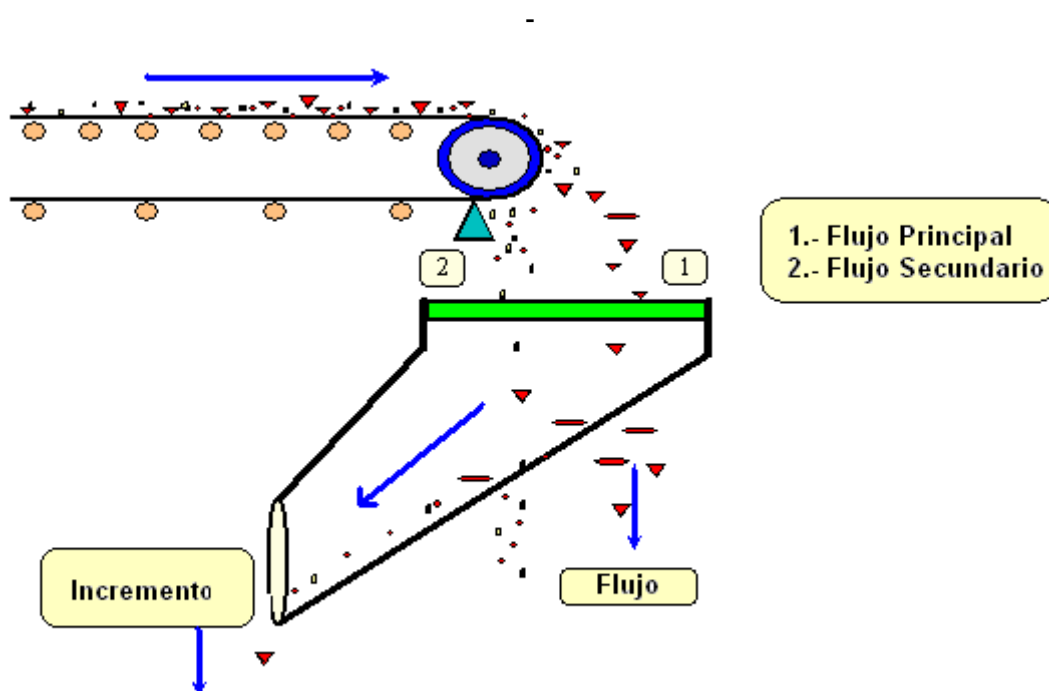


Figura N°24 Largo adecuado y Raspador adosado a correa para material adherido

En el caso de materiales pegajosos, que se adhieren a la superficie de la correa, es necesario instalar un raspador que permita despegar este material, de acuerdo a lo que muestra la figura 24.

Cuando el muestreo se efectúa en canales de transporte de pulpas, se debe considerar el acondicionamiento del flujo y el uso de un cortagoteras.

Inclinación del cortador

La inclinación de los bordes del cortador debe ser perpendicular al flujo a muestrear. Esto es correcto en la medida que todos los fragmentos que rebotan y que pertenecen al incremento, caigan dentro del cortador, (ver Figura 25).

Lo anterior no siempre ocurre cuando la posición de las cuchillas se encuentran verticales.

Adicionalmente se debe cumplir que el material que recupera el raspador, también caiga dentro del cortador, lo que en el caso de las cuchillas verticales es imposible (ver Figura 26).

La inclinación de la cuchara del cortador también debe considerarse en los muestreos en canaleta, donde el raspador es reemplazado por un cortagotera. En este caso se debe asegurar que el material recogido por el cortagotera caiga dentro del cortador. En el caso que sea necesario, se puede modificar el diseño de la cuchara, para asegurar que esta reciba el flujo del cortagoteras.

En muchos casos existen cortadores con cuchillos verticales, donde se pueden encontrar los siguientes errores:

1. Todos los fragmentos que rebotan en los bordes, caen fuera del cortador con lo cual se produce un error de extracción. Esto implica que muchas partículas se perderán, principalmente las gruesas, generándose por lo tanto un sesgo en la granulometría de la muestra.

- 2 El material recuperado por el raspador (o cortagotas en el caso de canales) no caerá dentro del cortador, generándose nuevamente un sesgo.

En la figura 14, se ilustra un cortador que aunque cuenta con un largo de ranura apropiado y raspador para recoger partículas adheridas a la correa, produce un incremento con un error de extracción debido a los bordes verticales. El flujo secundario se pierde totalmente por la inclinación exagerada del cortador.

Se debe evitar usar cortadores de cuchillos verticales, ya que ellos generarán un sesgo en la delimitación del incremento.

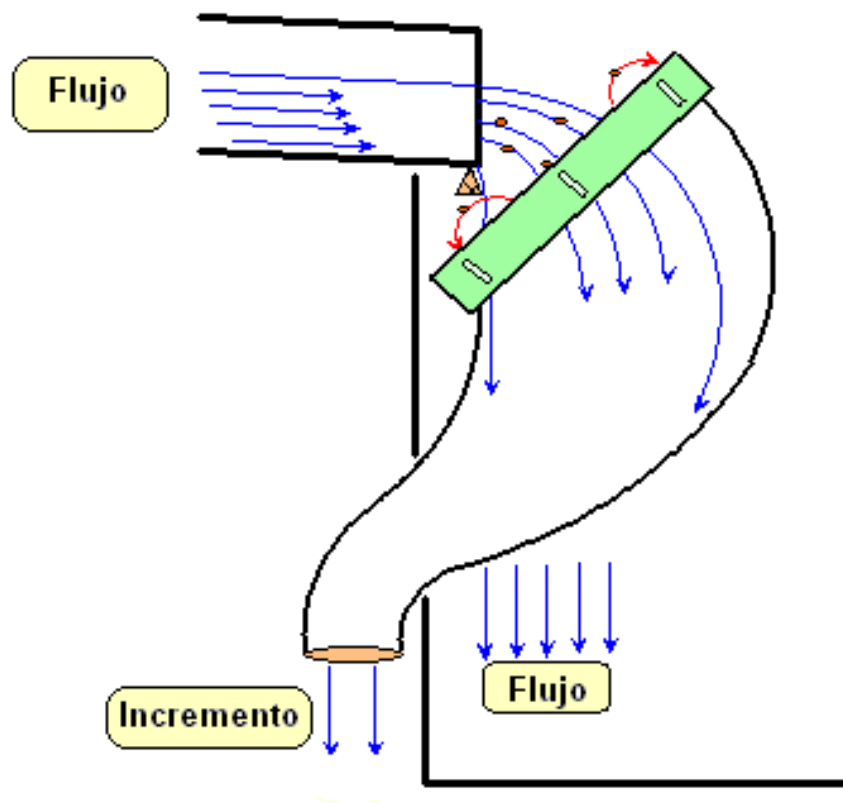


Figura N°25 Cortador vertical. Inclinación y largo de abertura correctos.

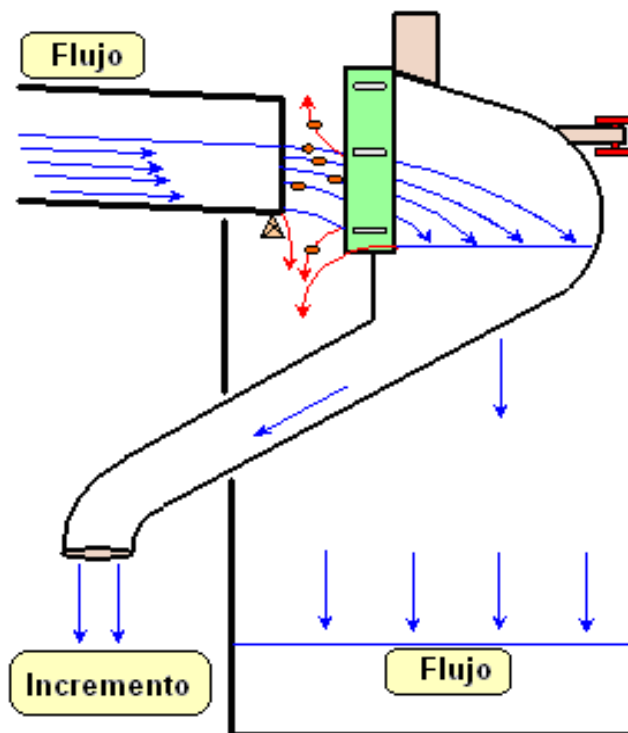


Figura N°26 Cortador vertical con errores de extracción más comunes.

Abertura y velocidad del cortador

Las relaciones entre la abertura del cortador W y su velocidad V_c son evidentes y no se pueden dissociar entre sí.

Al mismo tiempo se debe considerar que la abertura del cortador y la velocidad del flujo también están relacionados.

La velocidad de los cortadores, en general, debería ser menor que 45 cm/seg (estándar ASTM).

Para cortadores Vezin (circulares) con un diámetro menor que 60 cm en la parte externa del flujo, se recomienda 30 cm/seg máximo.

Para una extracción Correcta de muestra se pueden establecer las siguientes 3 reglas:

Primera regla de extracción correcta.

Para diámetros de partícula “d” mayores o iguales a 3 mm, la abertura del cortador debe ser mayor o igual a 3d.

$$d \geq 3 \text{ mm} ; W \geq W_0 = 3 d \dots (3)$$

Para diámetros de partícula “d” menores que 3 mm la abertura del cortador debe ser mayor o igual a 10 mm

$$d < 3 \text{ mm} ; W \geq W_0 = 10 \text{ mm} \dots (4)$$

Segunda regla de extracción correcta.

Para todos los valores de d, con $W = n W_0$ y $n \geq 1$; V_0 es la velocidad crítica del cortador, más allá de la cual la extracción es incorrecta, entonces:

$$V_c \leq V_0 = (1 + n) 30 \text{ cm/s} \dots (5)$$

Tercera regla de extracción correcta.

La solución óptima y al mismo tiempo más barata es considerar

$$W = W_0 \text{ y } V_c = V_0 \leq 45 \text{ cm/s} \dots (6)$$

Donde:

d = diámetro máximo de partícula.

W = ancho mínimo de la cuchara cortadora.

V = velocidad máxima del muestreador de carrera.

Relación que debe guardar la abertura del cortador con el flujo de pulpa.

Tabla N° 1 Relación de flujos de pulpa con abertura del cortador

FLUJO de PULPA (Ton/hora)	W : Abertura Cortador (mm) W_o : Abertura mínima
< 100 - 250	$W \geq W_o \geq 1\text{cm}$
250 - 1500	$W_o \geq 2\text{ cm}$
1500 - 3000	$W_o \geq 3\text{ cm}$
≥ 3000	$W_o = 5\text{ cm}$

Los valores indicados en esta tabla son referenciales, ya que al mismo tiempo existe dependencia de la velocidad del cortador y de la perturbación hidráulica. Se debe efectuar experimentos variográficos para optimizar el sistema.

En la figura 27 se sugiere una pauta general.

En general el flujo de pulpa se mide en cantidad , [ton/h] , pero es indispensable considerar que la velocidad del flujo , en la ubicación del cortador ,debe ser siempre inferior a 2 [m/s] .

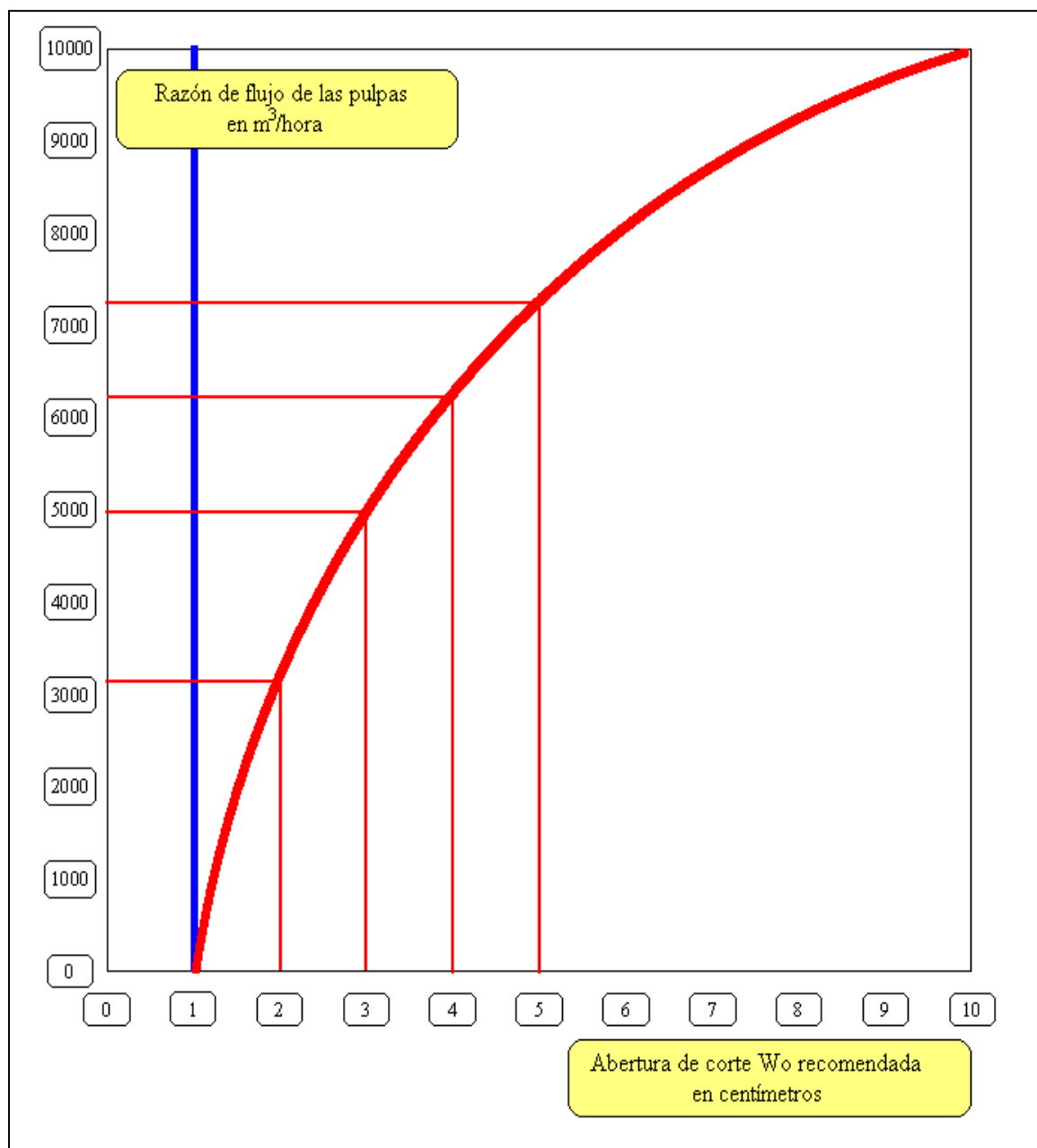


Figura N° 27 Pauta sugerida para abertura de corte mínima con flujos muy grandes (sólidos en suspensión) y con $v < 2$ metros/segundo.

Profundidad y capacidad del cortador

El ángulo que se forma entre el flujo y la base del cortador debe mantenerse mínimo, pero siempre menor que 45° , para evitar que las partículas que reboten en el fondo del cortador tengan la probabilidad de caer fuera del cortador o transmitir su energía a partículas que vengán llegando al sistema.

Es importante considerar la profundidad del cortador para evitar que este rebote en el fondo del cortador, signifique pérdidas.

Todo lo que se ha planteado en esta sección también se aplica a los colectores tipo balde, donde la capacidad del mismo debe ser al menos tres veces superior al tamaño del incremento más grande que se tome.

Diseño de cortador para materiales húmedos y pegajosos en correa transportadora (ejemplo concentrados húmedos)

Este es un problema de difícil solución y al no poder contar con un diseño satisfactorio, es preferible recolectar muestras con un sistema manual, que no es recomendable desde el punto de vista teórico, pero podría considerarse como muestra preliminar al no contar con un sistema que funcione correctamente. El muestreo manual no es recomendable para efectuar balance metalúrgico.

Para la implementación de un sistema automático, se pueden entregar las siguientes recomendaciones:

- 1.- Diseñar el cortador con el mínimo de soldaduras, rebordes, remaches, tuercas y tornillos. En ningún momento se debe permitir la acumulación de material en las paredes interiores del cortador o en el fondo.

La experiencia indica que apenas se pega una pequeña cantidad de material dentro del cortador, se produce inmediatamente un bloqueo total del mismo.

2. Los bordes del cortador deben ser filudos y contruidos de muy buen material, generalmente acero inoxidable muy liso y de buena calidad
3. La abertura del cortador debe ser levemente más angosta que la parte inferior del cortador, como se muestra en la figura 28.
- 4.- La abertura del cortador debe ser sobredimensionada y no es aplicable la regla anterior de un ancho de 1 cm, debiendo considerarse un ancho mínimo de 5 cm. Cada caso es un caso especial y debe ser investigado por el diseñador y el constructor
- 5.- El ángulo de la pendiente de todas las partes interiores del cortador deben ser mayores o iguales a 60° .

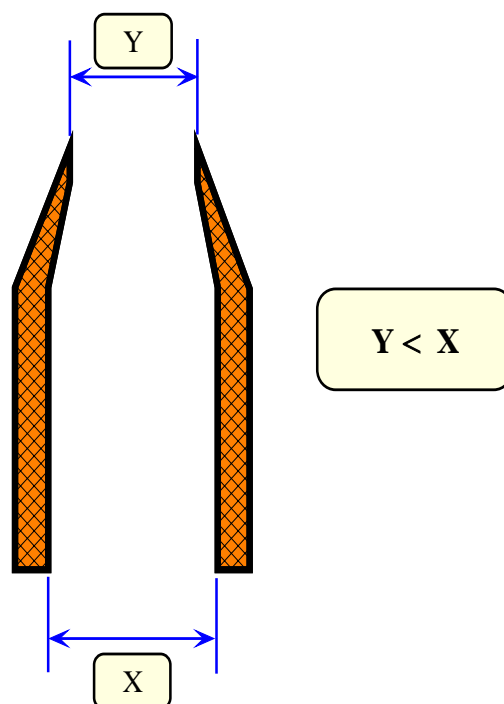


Figura N° 28 Materiales húmedos, diseño del cajón del cortador.

CAPITULO V

ACONDICIONAMIENTO Y ESTRATEGIA DE MUESTREO.

5.1 Generalidades.

Para el acondicionamiento de la muestra se tiene que considerar que esta se encuentre homogénea evitando la segregación, lo fundamental en este acápite es minimizar el error de ponderación.

5.2 Acondicionamiento del flujo para un muestreo correcto

En ocasiones en que el flujo a muestrear es muy turbulento, entonces los cortadores pueden tener problemas para captar el flujo sin que éste rebote. En estos casos es aconsejable extender el flujo en forma horizontal para que el flujo se distribuya en forma más laminar. El inconveniente de esta solución radica en que el cortador debe recorrer una distancia mayor, ya que el ancho del flujo se ha incrementado. Esta solución es aplicable cuando no hay problemas de espacio y el cortador mecánico ha sido diseñado correctamente, siguiendo todas las instrucciones que dictan las normas vigentes de muestreo.

5.3 Acondicionamiento del flujo para un muestreo puntual con un muestreador estático de un analizador en línea

Este muestreo no es recomendable para muestras de balance metalúrgico. Sólo es válido para control de procesos, siempre que se controle periódicamente con un dispositivo en norma. Este tipo de muestreo se utiliza para muestreos instantáneos de analizadores en línea. Estos dispositivos se usan frecuentemente para líquidos sin sólidos en suspensión o con muy pocos sólidos en suspensión. Estos dispositivos no pueden ser probabilísticos, debido a que la fracción del flujo que se va a muestrear está predeterminada. En algunos casos, estos dispositivos podrían ser aceptables si no existen sólidos en suspensión y siempre que el flujo no esté conformado por la unión reciente de varios flujos de composición diferente.

Es recomendable que cuando se usen estos muestreadores, se introduzca turbulencia en el proceso, antes de enfrentar el dispositivo de muestreo, tales como la inserción de dos o tres baffles que desvían el flujo (figura 29).

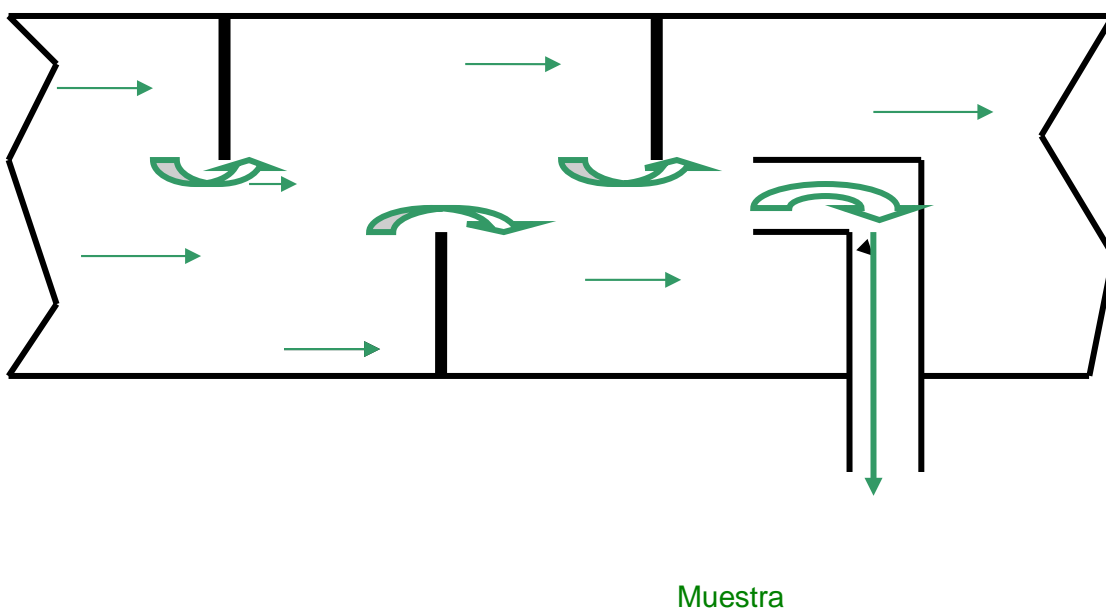


Figura N° 29. Analizadores en línea. Geometría para soluciones (no pulpas)

5.4 Acondicionamiento del flujo de una canaleta de transporte de pulpa para ser muestreada.

El Sistema de muestreo automático debe tener una ubicación que asegure el escurrimiento normal del fluido tal de no producir embanques ni fluctuaciones bruscas del caudal.

En el punto de control debe producirse un salto hidráulico tal que permita la pasada de una cuchara de muestreo, cuyas características de diseño estarán relacionadas con el tipo de material a muestrear (tamaño máximo de partícula) y el caudal de la pulpa .

En caso que la pulpa sea acondicionada en un cajón, o en caso que la pulpa caiga después del salto hidráulico a un cajón, la evacuación de ésta debe ser permanente y asegurando que no se produzca un aumento de nivel en el cajón; en caso contrario se corre el riesgo de inundar la canaleta de transporte del incremento, o bien de producir salpicaduras hacia la cuchara. En estos dos casos se afecta la representatividad del incremento.

Cuando el uso del cajón haya sido recomendado, con el fin de minimizar la turbulencia del caudal, se debe tener especial cuidado de producir una efectiva evacuación del cajón. Si existe alguna duda al respecto es preferible no usar el mencionado cajón.

Se debe notar que el flujo, al momento de dejar la canal, sufre un ensanchamiento, al no verse confinado lateralmente; por esta razón se debe tener presente la distancia a la cual se posiciona la cuchara de muestreo, la que en términos prácticos debiera quedar a no menos de 50 cm ($\frac{1}{2}$ metro) del flujo.

Este efecto se puede lograr también con una disminución del ancho de la canal al momento del salto (angostamiento de la canaleta).

También debe considerarse un cortagotera en la canal (con una función similar al raspador de las correas). Este dispositivo simplemente es una prolongación delgada del lecho de la canal.

5.5 Estrategia de muestreo.

5.5.1 Modo

Para el control de flujos que pasan por la línea, se usan muestreos sistemáticos, ya sea a intervalos de tonelaje constante o bien a intervalos de tiempo constante.

Se recomienda considerar un muestreo a intervalos de tiempo constante, ya que las oportunidades en las cuales el flujo tendrá una variación significativa, se conocen en la operación misma y se podrán ponderar en forma adecuada.

Es importante conocer cuales son los ciclos de variación que tiene el producto a muestrear, ya que podría coincidir el muestreo con un mínimo o un máximo, lo que podría conducir a conclusiones erróneas. Para conocer los ciclos se recomienda la realización de experimentos variográficos.

La alternativa de muestrear a tonelaje constante exige cambiar el ajuste de los muestreadores cada vez que cambia el tonelaje, lo que es poco práctico.

5.5.2 Frecuencia de muestreo.

La determinación de la frecuencia de muestreo es función de la variabilidad que puede tener el lote o producto que se está muestreando. Como esto no lo conocemos apriori, no es posible

definir cual será el mejor intervalo de muestreo. Sin embargo, la realización de experimentos variográficos y el conocimiento de la variabilidad de los productos, permitirá optimizar el intervalo de muestreo

5.6 Relación de pasadas o cortes de cortadores primario y secundario

Anteriormente, se ha indicado la velocidad máxima de los cortadores. En esta sección se hace mención de la relación de velocidades de los cortadores en los casos que sea una estación de muestreo con más de un cortador.

La más típica es la estación de muestreo que consiste de un cortador primario de trayectoria recta y un cortador secundario circular tipo Vezin.

La relación de pasadas que se debe tener es 1/5. Es decir, mientras el cortador primario corta una vez el flujo, el cortador secundario debe hacerlo al menos cinco veces en ese mismo tiempo, independiente de la velocidad del primero.

En forma alternativa, para no sobrepasar la velocidad del cortador secundario, este último puede tener más de un recipiente, de manera de cortar el flujo del primario más de una vez.

5.7 Transporte de los incrementos al recipiente colector o a otro muestreador.

El extremo del tubo que transporta el incremento desde la cuchara a la canaleta colectora, debe estar doblado hacia la parte profunda de la canaleta

(salida de la carga) y formando un ángulo recto respecto del mismo ducto; este tramo de canaleta debe estar a su vez inclinado en 45° aproximadamente respecto a la horizontal. Esto permite evitar la pérdida de muestra por salpicadura en los extremos de la canaleta colectora (en especial la parte baja); además la inclinación de ésta, ayuda a que los mismos incrementos extraídos hagan el efecto de “barrido” de los fragmentos acumulados en el piso de la canaleta. Se recomienda que el interior de la canaleta sea revestida.

La inclinación de la canaleta colectora del material, que lleva el material recolectado por el cortador, debe asegurar el escurrimiento de los incrementos, atendiendo a las características del material. Las cargas piritosas tienden a asentarse en la base, con riesgo de acumulación, lo cual afecta la representatividad.

Para evitar contaminación de la canal colectora, con el material que se encuentra por la parte exterior del tubo de transporte de los incrementos, producto de las salpicaduras y choques de la pulpa con el cortador, se debe proteger la entrada del tubo a la canal colectora, con uno o dos anillos de goma, dispuestos alrededor del ducto, antes de su entrada a la canal colectora.

Para una correcta mantención de la limpieza de la canal se deben considerar ventanas o espacios que permitan el lavado interno periódico y la inspección de la canaleta.

CAPITULO VI

ERRORES DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS.

6.1 Generalidades.

Se consideran errores de preparación aquellos que ocurren en etapas posteriores a la selección del incremento.

Estas etapas se refieren por ejemplo a:

- Transferencia del incremento desde el cortador a una correa transportadora, en forma continua o discontinua.
- Transferencia desde la correa transportadora a la siguiente etapa de preparación.
- Etapas de conminución, cuya función consiste en disminuir el tamaño de partícula "d", y aumentar el número de partículas (molienda y pulverización)
- Tamizaje seco o húmedo, a menudo en conexión con una conminución
- Secado de sólidos con diferentes cantidades de humedad. Esta operación a menudo es necesaria para disminuir la obstrucción de los materiales húmedos en el circuito de muestreo.
- Filtración de pulpas para separar la fase sólida de la fase líquida y así sucesivamente.

Estos errores de preparación son estrictamente inherentes a aquellos que diseñan, construyen, operan y mantienen estaciones de muestreo. En este informe se revisarán los siguientes:

- Errores de contaminación
- Errores por pérdidas.
- Errores generados por cambio en la composición química
- Errores generados por cambio en la composición física
- Errores generados por equivocaciones casuales (no intencionales)
- Errores causados por fraude y sabotaje.

6.2 Errores de contaminación

Existen muchas fuentes de contaminación que se pueden presentar al hacer el análisis de una operación. Una de las mejores maneras de evitar contaminaciones es capacitar a los operadores que se encuentran a cargo de las etapas de preparación indicando los puntos específicos que se deben cuidar.

6.2.1 Contaminación por polvo.

Esta contaminación se produce principalmente mientras el equipo no está operando y espera un nuevo incremento. En este caso se recomienda evitar las caídas largas del material seco antes de entrar en el muestreador, alimentándolo por ejemplo con un tornillo de alimentación (screw feeder). También se recomienda mantener cerradas todas las fuentes de polvo, con una pequeña presión negativa. Demasiada ventilación siempre es perjudicial para las operaciones de muestreo. En forma complementaria se debe

proteger los muestreadores cuando se encuentran en la posición de estacionamiento de manera que no colecten polvo del ambiente.

6.2.2 Contaminación por material presente en el circuito

Esta contaminación se produce cuando existe una secuencia de material que utiliza los mismos equipos. Cuando el material es de la misma composición, es fácil prevenir una contaminación, haciendo una ambientación en primer lugar. También es necesario efectuar una limpieza a intervalos relativamente largos, por ejemplo una vez al día o una vez a la semana.

Cuando el material es de diferente composición se debe usar equipos separados para cada producto. Si esto no es posible, se debe procesar primero el de menor concentración para ir ascendiendo (colas, cabezas y concentrados por ejemplo)

6.2.3 Contaminación por abrasión.

Chancado, molienda y pulverizado introducen una contaminación en la muestra, debido a la abrasión que ocurre en los equipos por el material de dureza variable. También el tamizaje por ejemplo con tamices de bronce puede significar una contaminación por cobre en muy bajas concentraciones. Se debe cautelar esta fuente de contaminación.

6.2.4 Contaminación por corrosión

Existen materiales agresivos que producen corrosión del equipo de muestreo y por lo tanto generan una contaminación. Por ejemplo el muestreo de ripios

de lixiviación, pulpas de flotación húmedas, instalaciones de muestreo a la orilla del mar, etc. Se debe tener en cuenta para evitar problemas mayores.

6.3 Errores por pérdidas

Estos errores ocurren en la medida que las partículas que pertenecen al incremento real, se pierden de la muestra.

6.3.1 Pérdidas como finos o polvos.

Se consideran pérdidas de fino cuando el material seco se transfiere en una caída libre desde un punto a otro o al entrar en los cortadores. También se producen pérdidas de fino en los equipos de chancado, molienda y pulverizado.

Estas pérdidas son amplificadas por la extracción de los polvos con un equipo de vacío muy potente. Se debe establecer un compromiso de control del polvo antes que una extracción exagerada.

6.3.2 Pérdidas como material remanente en el circuito de preparación.

Se producen estas pérdidas, cuando no se saca todo el material de los equipos usados en el muestreo o en la preparación.

6.3.3 Pérdidas como fracción específica de la muestra.

Al tamizar una muestra para que pase bajo una determinada malla, se debe volver a pulverizar el grueso para cumplir con el requisito. Por error, algunos operadores descartan la fracción más gruesa en lugar de volver a moler. Este efecto es crítico cuando se trata de minerales de exploración de oro o metales preciosos.

También se pierde el material nativo cuando existe tendencia natural a adherirse a las piezas metálicas (oro y cobre nativos).

6.4 Errores por cambio en la composición química

Cada vez que se produce un cambio en la composición química de la muestra, se altera la base que estamos usando para el cálculo de los porcentajes finales. Estas alteraciones de composición química se pueden deber por ejemplo a oxidación de la muestra (sulfuros se oxidan en condiciones naturales si la temperatura es alta) como a cambios en la estructura por pérdidas de algún componente volátil(por ejemplo agua de cristalización). Es decir que se debe estar atento a las condiciones en que son transportadas, almacenadas y procesadas las muestras que representan el material en cuestión.

6.5 Errores por alteración de la composición física

Se considera que la humedad es uno de los factores más influyentes en el balance de los materiales y es necesario determinarlo con exactitud. Por esta razón es necesario proteger las muestras de ganar o perder humedad una vez que han sido colectadas puesto que se trata de una propiedad física de la muestra que debe determinarse en condiciones adecuadas y sin alteración de la muestra.

Otro factor importante puede ser una determinada granulometría la que se puede alterar por una mala manipulación de la muestra.

6.6 Errores por equivocaciones casuales

Generalmente, la capacitación deficiente, la mala descripción de los procedimientos, como las condiciones de trabajo no adecuadas llevan a cometer equivocaciones que son más frecuentes de lo que uno se imagina. Como un ejemplo se mencionan:

- Botar parte de la muestra en forma casual.
- Mezcla de fracciones de muestras diferentes.
- Mezcla o confusión de etiquetas
- Mala mantención de equipos
- Contaminación y pérdidas, etc.

Se debe tener presente que puede haber algún interesado en alterar las muestras, o reemplazarlas por otras para conseguir algún efecto. Es necesario tomar las precauciones responsablemente para cautelar que no ocurran fraudes o sabotajes

CONCLUSIONES

- El método descrito por el Dr. Pierre Gy y Francis Pitard es aplicable a muestras en forma de pulpas y sólidos.
- La toma de muestra es de manera continua y mediante un procedimiento de corte.
- Existen diferentes accionamientos para efectuar el corte, pero se recomienda utilizar accionamiento eléctrico, por tener una mejor performance y mantener una velocidad de corte constante, los motores de los sistemas de cortadores deben ser eléctricos.
- Existen varios parámetros con lo cual se determinará la cantidad de muestra a obtener dentro de una unidad de muestro en Planta de Beneficio y esta definido por los parámetros de diseño tales como ancho de la cuchara, frecuencia de corte, velocidad de corte y horas de composito.
- La principal ventaja de la teoría del Dr. Pierre Gy es que es comprensiva, para el muestreo de materiales, dicha teoría es ampliamente aceptada a nivel mundial, el trabajo desarrollado por el Dr. Pierre Gy es completo y estadísticamente preciso.
- Un sistema de muestreo debe ser equiprobabilístico, vale decir que todas las partículas deben tener la misma probabilidad de ser extraídas. Esta es una condición estricta que se requiere para el aseguramiento de la calidad de muestreo.
- El diseño de los sistemas de muestreo deben hacerse durante la ingeniería básica y la construcción de la planta; la instalación posterior siempre presenta problemas y gastos extras.
- El sistema de muestreo debe tener sellos para proteger la muestra cuando el flujo a muestrear está bajo presión positiva o negativa.
- El sistema de muestreo se debe instalar en una zona de turbulencia razonable, evitando los extremos.
- En el sistema de muestreo se debe considerar como evitar salpicaduras y deben ser fáciles de mantener y de limpiar.

BIBLIOGRAFIA

PIERRE M.GY, Sampling of particulate materials. Theory and Practice, Elsevier Scientific Publishing Company, Second Edition, 1982

FRANCIS F. PITARD, Pierre Gy's Sampling Theory and Sampling Practice, CRC Press, Second Edition, 1993

FRANCIS F. PITARD, Pierre Gy's Theory of Sampling and C.O. Ingamells' Poisson Process Approach Practice, Scudder Press Inc, Doctoral thesis, 2009.

NORMAN L. WEISS, SME Mineral Processing Handbook, Society of Mining Engineers, Second Edition, Volume 2, 1985

A, GUPTA, D.S. YAN, Mineral Processing Design and Operations, Elsevier, First Edition, 2006.

British Standard BS ISO 3082:2009, "Iron Ores - Sampling and sample preparation procedures", 2009.

Australian Standard, DR 00223 2000, Guide to Sampling of Particulate Materials; Part 3; Estimating sampling precision, Standards Australia, (2000).

1676-1975, los métodos para la toma de muestras de carbón de piedra, la Asociación de Normas de Australia, (1975).

Japanese Industrial Standard JIS M 8100 "General Rules for Methods of Sampling of Bulk Materials".

Japanese Industrial Standard JIS M 8101 "Methods for Sampling of Metal Bearing Ores of Copper, Lead, Zinc, Tin, Gold, Silver and Others".

Japanese Industrial Standard JIS M 8103 "Methods for Sampling of Non-Ferrous Flotation Concentrates in Bulk".

ANEXOS

MUESTREO POCO CONFIABLE: EL MUESTREADOR DE PÉNDULO.

En el siguiente anexo se presentará el caso del muestreo en faja mediante un péndulo de corte el cual arrastra la muestra (incremento) a un lado de la faja, comenzaremos analizando dicho equipo etapa por etapa.

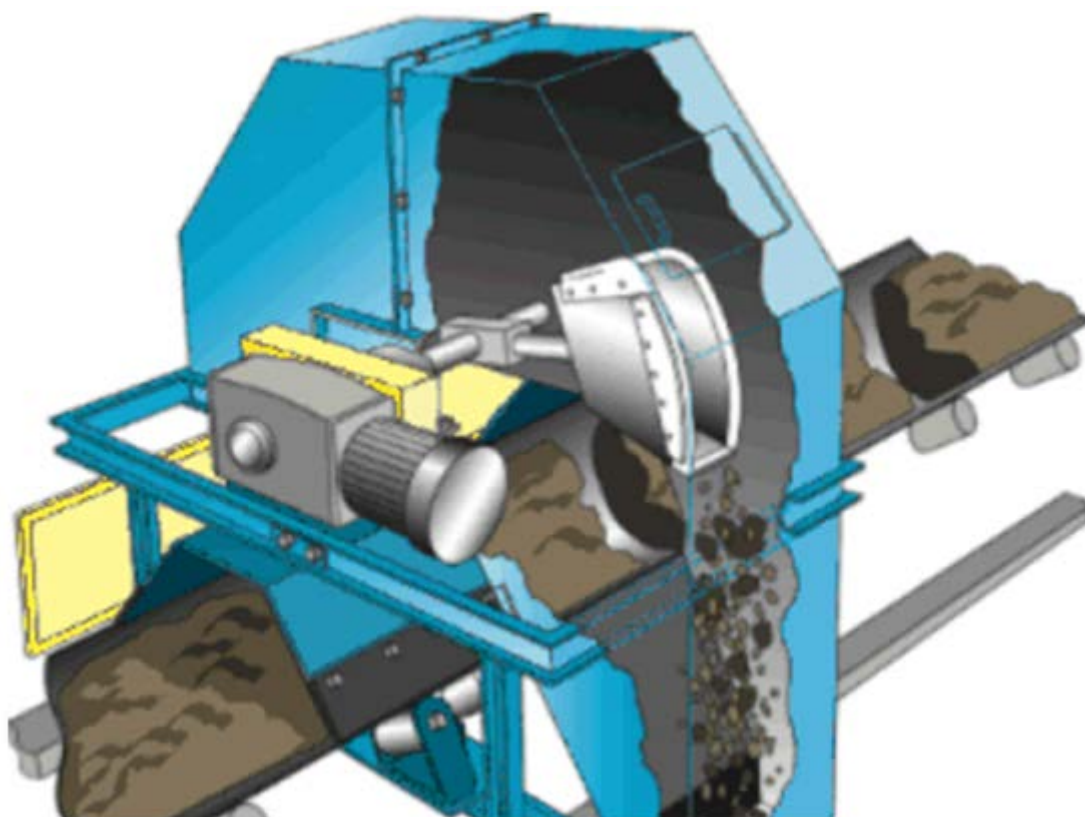


Figura N° 30. Muestreador tipo péndulo para minerales.

Este sistema tiene muchas áreas altamente sensibles que dificultan su buen funcionamiento , las que se muestran en Figura N° 31.

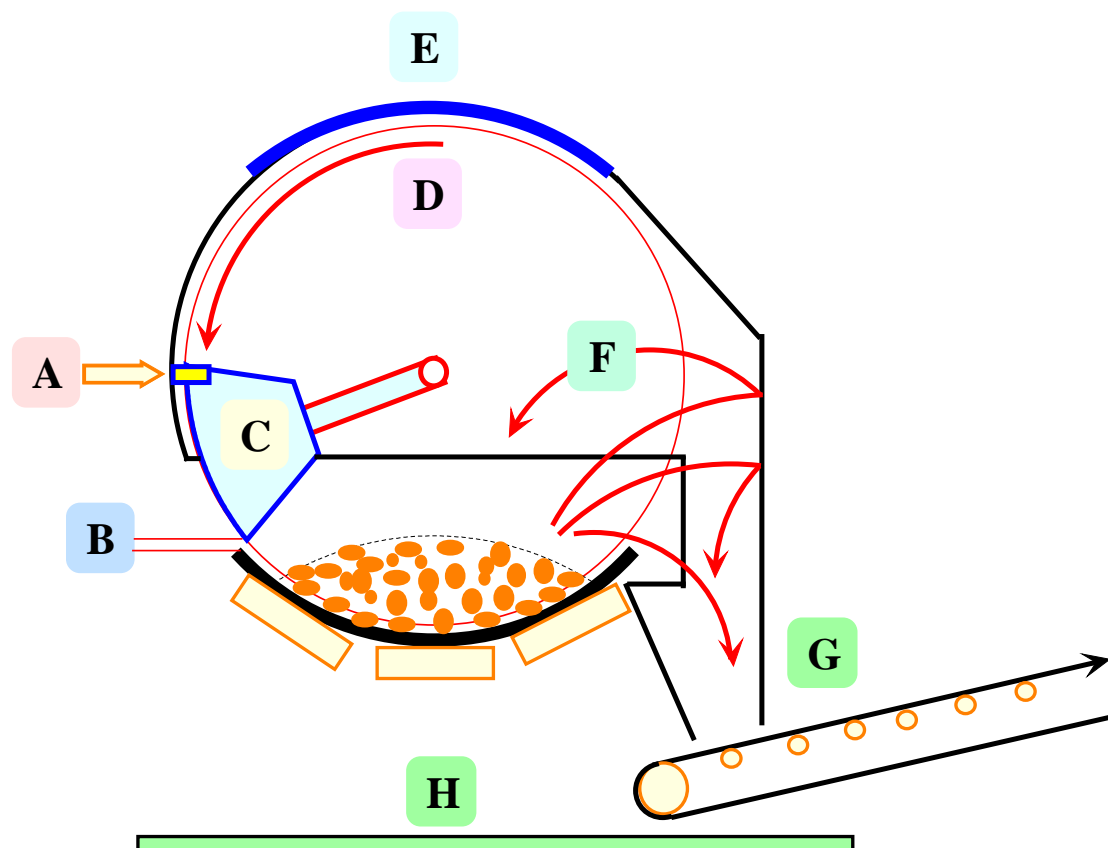


Figura N° 31 Áreas claves del diseño de un muestreador de péndulo

Área A: Los bordes y la parte posterior del cortador deben estar a cierta distancia de la correa, por lo cual es de suma importancia instalar y mantener un cepillo que barra las partículas finas que quedaron en la correa y que el cortador no puede tomar. Sin embargo, incluso si se mantiene bien, el cepillo no soluciona el problema, ya que en la mayoría de las instalaciones los finos en el fondo de la correa son empujados hacia los lados a medida que el cortador cruza el flujo. Con el cepillo, sólo se recupera los finos que quedan en la correa al final de la trayectoria, tal como se ilustra en la Figura N° 32. La incorporación de tablas delantales laterales en el diseño y un

tamaño apropiado de la tolva de muestras mitigan en parte el problema, siempre que se realice la mantención apropiada. Por esto, sin un programa de mantención eficaz y un cumplimiento estricto del monitoreo de la condición del faldón y el cepillo, se produce un problema de delimitación insoluble.

Área B: Si se instala muy cerca de la correa, el cortador podrá potencialmente dañar la correa en las siguientes circunstancias:

1. Cuando la correa no se encuentra exactamente centrada y entra en contacto con el rodillo central.
2. Cuando no se carga correctamente la correa en forma uniforme a ambos lados.
3. Cuando la correa se sube levemente por un lado de los rodillos.
4. Cuando los bordes de la correa se curvan hacia arriba debido a uso o tensión excesivos.

Área C: La capacidad del cortador debe ser compatible con el volumen del material que éste tomará, según se ilustra en la Figura N° 33. En general los cortadores no cumplen con esta condición de importancia crítica. La razón es que el diseño crea problemas mecánicos y de interacción relacionados con la distancia del cortador a la correa. La Figura N° 34 muestra cómo son los cortadores actuales contruidos por los fabricantes, y casi todos, introducen un sesgo masivo de extracción hacia el final de la trayectoria donde realmente se empuja hacia un lado la mayor parte del material que se supone que ingresa al cortador.

Los bordes del cortador también son un problema. Con un muestreador de flujos cruzados se sabe perfectamente cómo diseñar los bordes de un cortador. Con el muestreador de péndulo es difícil, porque se debe fabricar el borde con un material relativamente blando para no causar un daño catastrófico a la correa. Nuevamente un procedimiento correcto de cuidado y mantención será un requisito fundamental, siempre que el diseño aborde los temas resumidos arriba. Es más, el doble grosor del borde del cortador y la

caja del cortador no permite un corte limpio atravesando el flujo. Para minimizar ese problema, se hace conveniente hacer la abertura W del cortador al menos 6 veces más grande que el tamaño de los fragmentos más gruesos, Figura 35.

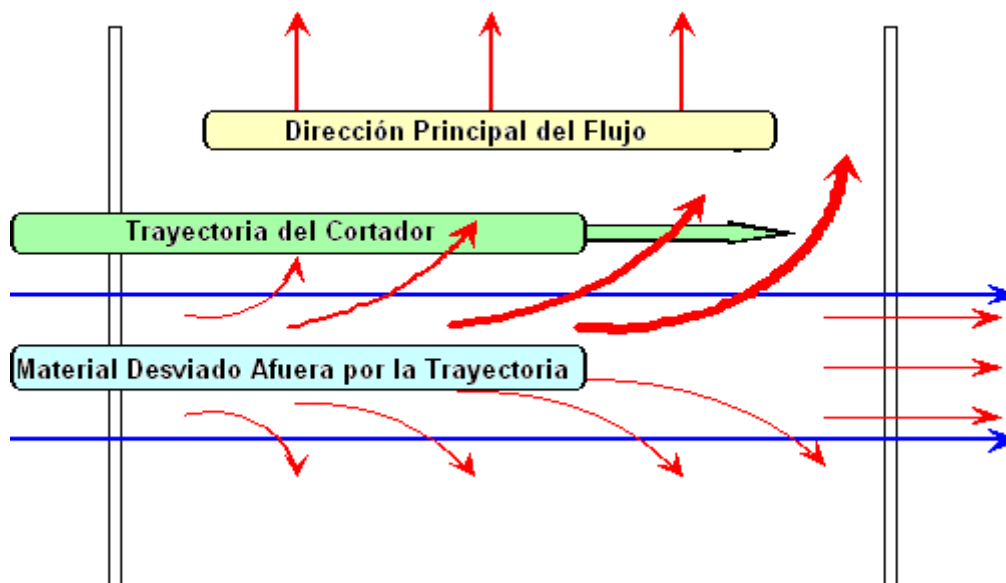


Figura N° 32. El cepillo al final del cortador no soluciona el problema de delimitación.

Área D: La velocidad del cortador cuando cruza el flujo debe permanecer constante. En este tipo de muestreador, es muy difícil verificar si se cumple esa condición.

Área E: Se hace absolutamente imprescindible la provisión de una puerta de inspección en la parte superior del sistema de muestreo, cerca del área de aparcamiento del cortador. Algunos muestreadores de péndulo no disponen de una puerta de inspección, lo que hace que dicha unidad sea completamente inútil. Se debe instalar una puerta de tela metálica de $\frac{1}{2}$ pulgada detrás de la puerta de inspección como una medida de seguridad.

Área F: El material que rebota contra la pared de la caja receptora puede volver a la correa, generando un sesgo de preparación (por ejemplo: la pérdida parcial del incremento durante la transferencia). Eso se puede

observar fácilmente, pues siempre se produce algún derrame alrededor del sistema de muestreo. La mayoría de los diseños actuales sólo ha tenido un éxito limitado en tratar este problema.

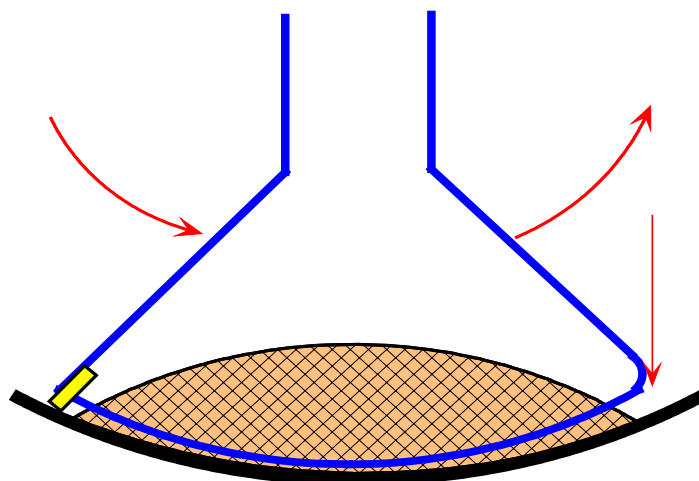


Figura Nº 33. El cortador debe contener toda la sección transversal del flujo.

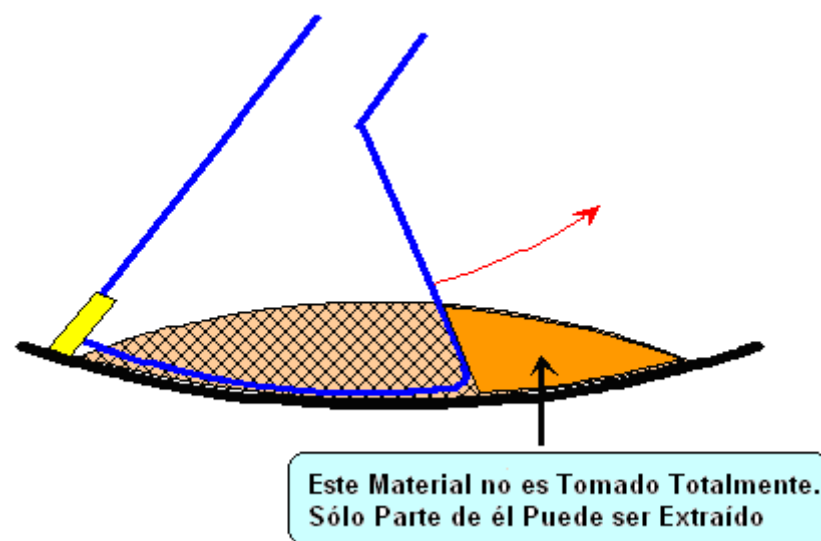


Figura Nº 34. La mayoría de los cortadores en el mercado son demasiado chicos

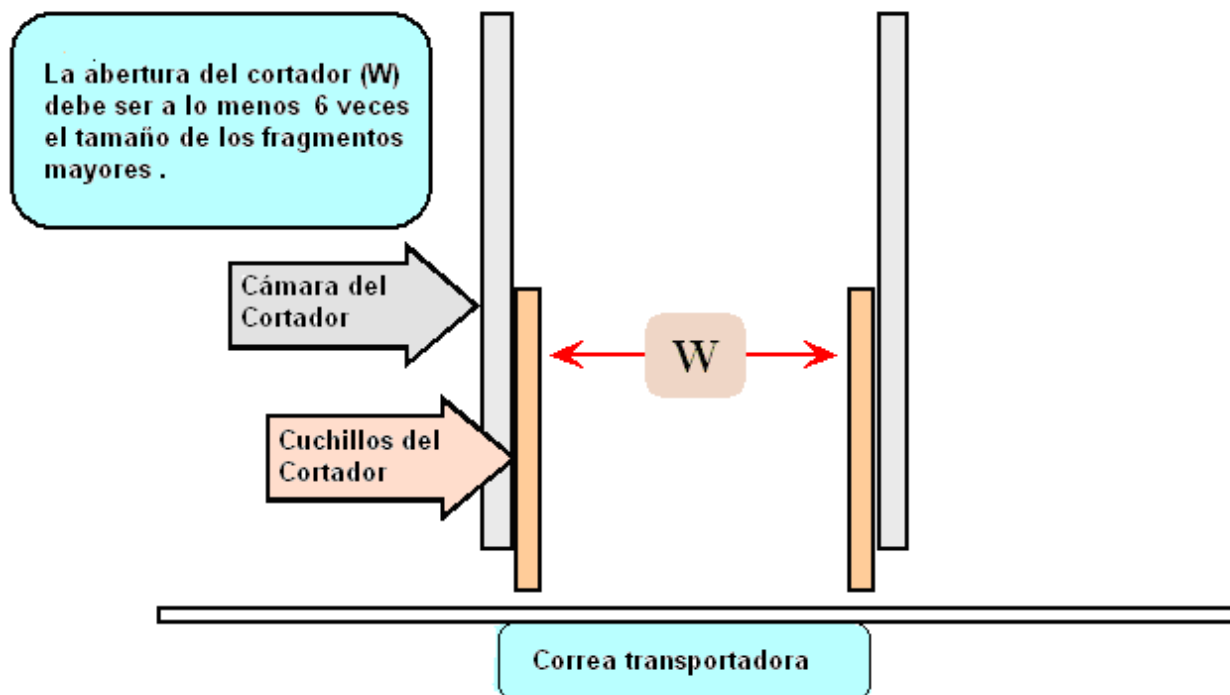


Figura N° 35. Diseño de las cuchillas del cortador

Área G: Como consecuencia de los defectos probables enumerados arriba, los muestreadores de péndulo no son proporcionales, lo que constituye una gran desventaja para el sistema de muestreo moderno.

Área H: Sucede exactamente lo mismo que con los pesómetros: el sistema de muestreo se debe instalar en un área muy estable y horizontal. El muestreador de péndulo no se puede instalar en una pendiente en un puente suspendido donde las vibraciones interfieren con la precisión del sistema.

El muestreador de péndulo no es un sistema confiable de medición.