

***UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE GEOLÓGICA - MINERA Y METALÚRGICA***



***“TÉCNICAS MATEMÁTICAS APLICADAS A
CÁLCULOS EN UNA PLANTA CONCENTRADORA”
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO METALURGISTA
JOSEPH PAUL JAVES ARAMBURU***

LUMA-PERÚ
OCTUBRE - 2003

*Dedico la presente a la Memoria
de mi Padre Francisco Javes Aguilar, a
mi adorada Madre y a mi esposa
quienes me alentaron constantemente
para la Culminación de la Tesis.*

ÍNDICE GENERAL

“ TÉCNICAS MATEMÁTICAS APLICADAS A CÁLCULOS EN UNA PLANTA CONCENTRADORA ”

PRÓLOGO	<i>i</i>
Capítulo I: GENERALIDADES	<i>1</i>
<i>1.1 Geología.</i>	<i>2</i>
<i>1.1.1 Tipos de Minerales Primarios.</i>	<i>3</i>
<i>1.2 Descripción del Proceso Productivo.</i>	<i>5</i>
<i>1.3 Operaciones Efectuadas en el Área de Concentración</i>	<i>7</i>
<i>1.3.1 Área de Chancado de Planta Magnética.</i>	<i>7</i>
<i>1.3.1.1 Planta de Chancado N°1.</i>	<i>7</i>
<i>1.3.1.1.1 Chancado de Mineral Primario.</i>	<i>8</i>
<i>1.3.1.1.2 Chancado de Mineral Cuarquita.</i>	
<i>1.3.1.2 Planta de Chancado N°2.</i>	<i>9</i>
<i>1.4 Circuitos de Molienda de Acuerdo a la Producción</i>	<i>13</i>
<i>1.4.1 Circuito de Molienda Sinter Especial.</i>	<i>13</i>
<i>1.4.2 Circuito de Producción de Torta para Exportación.</i>	<i>15</i>
<i>1.4.3 Circuito de Producción de Filter Cake para la Peletización.</i>	<i>16</i>
Capítulo II: ASPECTOS TEÓRICOS	<i>18</i>
<i>2.1 Introducción.</i>	<i>18</i>
<i>2.2 Molienda Bach.</i>	<i>19</i>

2.3 Molienda Continúa.	21
2.4 La Energía como variable Controlante del Proceso.	23
2.5 Derivación del Modelo Simplificado.	25
2.6 Modelos empíricos para Hidrociclones.	26
2.6.1 Introducción.	26
2.6.2 El Hidrociclón.	27
2.6.2.1 Régimen de Flujo en los Hidrociclones.	28
2.6.2.2 Eficiencia de Clasificación.	30
2.6.2.3 Modelos Empíricos de Clasificación.	33
2.6.2.3.1 Modelo de Linch – Rao.	33
2.6.2.3.2 Modelo de Plitt.	36

Capítulo III: EVALUACIÓN DE UN CIRCUITO DIRECTO DE MOLIENDA

3.1 Introducción.	38
3.2 Descripción física del Circuito directo de Molienda.	39
3.3 Características Geométricas y Metalúrgicas del Circuito de Molienda.	39
3.4 Definición de restricciones del Circuito.	41
3.5 Procedimiento de ajuste de datos.	41
3.5.1 Ajuste de datos por Método de Lagrange.	41
3.5.2 Ajuste de datos por Método de Ponderación.	43
3.6 Resultados.	45
3.6.1 Toma de decisión respecto a los Muestreos.	45
3.6.2 Determinación del b_{pf} y de la Función Selección Específica S_i^E .	48

3.6.3 <i>Determinación de Parámetros de Clasificación.</i>	53
3.6.4 <i>Simulación del Circuito directo de Molienda Clasificación.</i>	56
3.7 <i>Discusión de Resultados.</i>	58
Capítulo IV: CONCLUSIONES.	71
Capítulo V: ANEXOS.	74
5.1 <i>Tablas de ajuste de datos del Circuito Directo por el Método de Lagrange.</i>	75
5.2 <i>Tablas de ajuste de datos del Circuito Directo por el Método de Ponderación.</i>	84
5.3 <i>Tablas de resultados de cálculo de la Eficiencia de Clasificación.</i>	93
5.4 <i>Tablas de resultados de la Simulación de cada Muestreo.</i>	102
5.5 <i>Gráficos de Balance de Masa de cada Muestreo.</i>	111
Simbología.	120
Bibliografía.	123

ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS

“ TÉCNICAS MATEMÁTICAS APLICADAS A CÁLCULOS EN UNA PLANTA CONCENTRADORA ”

Capítulo I: GENERALIDADES

<i>Cuadro I.1: Caracterización de Minerales Primarios.</i>	3
<i>Cuadro I.2: Mineral Tipo CG.</i>	4
<i>Cuadro I.3: Tipos de Minerales Primarios.</i>	4
<i>Cuadro I.4: Zarandas de Planta Chancadora Línea N°1</i>	9
<i>Cuadro I.5: Zarandas de Planta Chancadora Línea N°2</i>	10

Capítulo III: EVALUACIÓN DE UN CIRCUITO DIRECTO DE MOLIENDA.

<i>Tabla III.1 Toma de decisión respecto a la Carga Circulante por el Método de Ajuste de datos por el Método de Lagrange.</i>	47
<i>Tabla III.2 Toma de decisión respecto a la Carga Circulante por el Método de Ajuste de datos por el Método de Ponderación.</i>	48
<i>Tabla III.3 Tabla de Cálculo del b_{pf}.</i>	51
<i>Tabla III.4 Tabla de Cálculo de la Función Selección Específica S_i^E.</i>	51
<i>Tabla III.5 Determinación del Parámetro a_1 de Capacidad Volumétrica.</i>	53
<i>Tabla III.6 Determinación del Parámetros a_2 de la Partición de Agua.</i>	54
<i>Tabla III.7 Determinación del Parámetros C_o a partir de la Formula del D_{50}.</i>	55
<i>Tabla III.9 Cálculo de la Función Específica para cada uno de los Muestreos.</i>	64
<i>Tabla III.10 A: Resultados del Balance de masa.</i>	65

<i>Tabla III.10 B: Cálculo de los Parámetros de Performance de Clasificación.</i>	70
---	----

Capítulo V: ANEXOS.

<i>5.1 Tablas de ajuste de datos del Circuito Directo por el Método de Lagrange.</i>	75
<i>5.2 Tablas de ajuste de datos del Circuito Directo por el Método de Ponderación.</i>	84
<i>5.3 Tablas de resultados de cálculo de la Eficiencia de Clasificación.</i>	93
<i>5.4 Tablas de resultados de la Simulación de cada Muestreo.</i>	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

“ TÉCNICAS MATEMÁTICAS APLICADAS A CÁLCULOS EN UNA PLANTA CONCENTRADORA ”

Capítulo I: GENERALIDADES

<i>Gráfico I.1: Descripción del Proceso de la Mina.</i>	6
<i>Gráfico I.2: Flow Sheet de la Planta Chancadora.</i>	11
<i>Gráfico I.3: Distribución de Stock de Crudos.</i>	12
<i>Gráfico I.4: Gráfico del Circuito de Molienda Gruesa.</i>	14
<i>Gráfico I.5: Gráfico del Circuito de Molienda Fina.</i>	17

Capítulo II: ASPECTOS TEÓRICOS

<i>Gráfico II.1: Representación Esquemática de los Eventos de Fractura.</i>	19
<i>Gráfico II.2: Representación Gráfica de la Función distribución de Tiempos de Residencia.</i>	23
<i>Gráfico II.3: Representación esquemática de un Hidrociclón.</i>	29
<i>Gráfico II.4: Curvas típicas de Eficiencia de Clasificación.</i>	31
<i>Gráfico II.5: Corrección de la Eficiencia de Clasificación por el By- Pass.</i>	33

Capítulo III: EVALUACIÓN DE UN CIRCUITO DIRECTO DE MOLIENDA.

<i>Gráfico III.1: Representación del $\text{Log}S_i^E$ Vs $\text{Log}X_i$.</i>	50
<i>Gráfico III.2A: Linealidad de la Función Selección Específica.</i>	52
<i>Gráfico III.2B: Regresión Lineal de $\text{Log}S_i^E$ Vs $\text{Log}X_i$</i>	52
<i>Gráfico III.3: La dependencia lineal de la Función Selección Específica</i>	63

Vs el tamaño de partícula.

Gráfico III.4: Gráfico de la Función S_i^E para cada uno de los Muestreos. 64

de Ajuste de Lagrange.

Capítulo V: ANEXOS.

5.5 Gráficos de Balance de Masa de cada Muestreo. 111

PRÓLOGO

El objetivo de la presente tesis es Modelar Matemáticamente y Optimizar un Circuito directo de Molienda Clasificación mediante una campaña de muestreos manteniendo condiciones previamente especificadas, con lo cual se obtienen datos medidos y variables operacionales necesarios para formular un detallado balance de materiales y de esta manera obtener parámetros de relevancia constantes del molido de Clasificación de los Hidrociclones.

Se aplica herramientas estadísticas para el cálculo del intervalo de confianza en base al análisis de la Carga Circulante frente a datos Históricos de Planta y de esta manera realizar el descarte de los muestreos que no se encuentran dentro del intervalo.

Finalmente se cuenta con herramientas suficientes para poder realizar un diagnostico del rendimiento real del Circuito estudiado y de esta manera poder Optimizarlo.

La presente Tesis se divide en cinco Capítulos; en el Capítulo I se presenta características de los minerales y del proceso Productivo en Shougang Hierro Perú S.A.A.

En el Capítulo II, se presentan aspectos teóricos sobre: proceso de Molienda como variable controlante del proceso, derivación del modelo Simplificado y Modelos empíricos para Hidrociclones.

En el Capítulo III, se presenta la evaluación detallada de un Circuito Directo de Molienda Clasificación proporcionándonos criterios útiles para la Optimización del circuito; el Procedimiento de ajuste de Datos por los métodos de Lagrange y

Ponderación; toma de decisiones respecto al descarte de muestreos fuera del intervalo de confianza; determinación del b_{pf} y de la Función Selección Específica S_i^E ; determinación de los parámetros de Clasificación y finalmente la Simulación del Circuito directo de Molienda de acuerdo al método numérico del algoritmo de Wegstein (método de la Secante).

En el Capítulo IV se presentan las conclusiones en base a los resultados mostrados, se determina la relación que existe entre los principales parámetros de operación y su efecto beneficioso, así como la Carga circulante óptima y la óptima dilución de sólidos en: la alimentación a los Hidrociclones , Under flow y Over flow.

En el Capítulo V se presentan los resultados de las hojas desarrolladas en el Programa Excell 98 para: El ajuste de datos del circuito directo de molienda por los métodos de Lagrange y Ponderación ; se muestran tablas de resultados de la Eficiencia de Clasificación, donde nos proporcionan valores de parámetros de operación y performance de los hidrociclones como: D_{50} μm , C.C, Partición, b_{pf} , así como curvas típicas de Eficiencia de clasificación y sus imperfecciones reducidas por el ajuste del By pass y los perfiles granulométricos del Alimento al hidrociclón, Underflow y Overflow; finalmente se presentan hojas de calculo de simulación vinculadas al balance de masa , carga circulante , b_{pf} y constantes de Clasificación.

La tesis presentada servirá como referencia o guía para estudios más profundos en beneficio de la Minería Peruana en base a tecnología y al potencial humano.

Agradezco a los Ingenieros E. Yoplac y Ivan Quiroz, por el asesoramiento que me han brindado durante el desarrollo de la presente Tesis.

El Autor.

CAPITULO I- GENERALIDADES

SHOUGANG HIERRO PERÚ es la única mina de Hierro en el Perú que se encuentra localizada en el desierto costero a 525 Km al sur de la Ciudad de Lima. Fue privatizada en 1992 con todos los derechos de exploración, explotación y beneficios de mineral de hierro, incluyendo equipos de mina, planta, todas las instalaciones y facilidades, siendo adquiridas por la empresa Shougang Corporación de China.

El complejo minero incluye la Mina de Marcona y sus instalaciones ubicadas a 14 Km. de la costa del Pacífico a una altura de 800 m.s.n.m . La Planta de beneficios y el puerto están localizados en la bahía de San Nicolás y las oficinas administrativas y campamentos de los trabajadores están localizadas en el puerto de San Juan de Marcona.

La mina y San Nicolás están conectadas por una vía férrea de 15.3 km. entre la mina y el pueblo de San Juan y 14 Km. desde San Juan a San Nicolás.

Shougang Hierro Perú es una empresa dedicada a la extracción y procesamiento de mineral de Hierro, el cual tiene como principales productos los siguientes:

- *Sinter calibrado.*
- *Sinter especial*
- *Torta de exportación.*
- *Peles para alto horno.*
- *Peles de reducción directa.*

1.1 GEOLOGÍA

El distrito de Marcona abarca un área de aproximadamente 150 km²; La roca base es del Complejo Lomas y sobre ella está la Formación Marcona, la cual contiene los cuerpos mineralizados más importantes.

La formación Cerritos contiene depósito de hierro de baja ley y existen 117 cuerpos mineralizados reconocidos.

La mina y las anomalías están dispersas sobre una área de 10 Km x 15 Km con longitud y ancho variable (50 m a 300 m y 200 m a 270 m).

El mineral está compuesto por magnetita con diseminaciones de sulfuros que fueron oxidados y lixiviados, originándose los cuerpos mineralizados.

En vista frontal, la mineralización tiene tres Zonas verticales:

a) ZONA OXIDADA: Corresponde a la Zona superior y está formada por hematita, limonita, cantidades variables de marmatita, óxido de cobre, yeso, halita y vetas de actinolita. Esta zona es de 30 m de profundidad. La ley promedio de fierro es de 51.2% y el azufre está en niveles de 0.4%.

b) ZONA DE TRANSICIÓN: Formada por la lixiviación de los elementos de la zona superior y materiales parcialmente lixiviados. La ley promedio de Fierro es de 47.8% y el nivel de azufre se acerca de 2.2%. Esta zona tiene 35 m de profundidad y contienen principalmente hematita, marmatita, algo de Magnetita, algunas impurezas como pirita y dolomita.

c) ZONA PRIMARIA: Es la más profunda y extensa, aquí se encuentran cristales de magnetita en forma masiva y densa, asimismo se encuentra abundante pirita

diseminada, algo de chalcopirita y pirrotita. La ganga está compuesta por Actinolita, la ley promedio es 57% de Hierro, 3% de Azufre y 0.1% de Cobre.

1.1.1 TIPOS DE MINERALES PRIMARIOS

La zona primaria provee varios tipos de minerales magnéticos que se clasifican de acuerdo a su comportamiento metalúrgico para obtener los productos requeridos.

El mineral grueso representa el 57% de reservas del mineral obtenido de la formación Marcona. El Sulfuro es eliminado mediante la molienda a -10m mallas y es usado en la Producción de Sinter.

El mineral fino representa el 25% de las Reservas de Mineral Primario, para eliminar el Sulfuro se requiere de Molienda fina (-100 malla).

El mineral Refractario representa el 18% de las Reservas de mineral Primario, este mineral con contenido de pirita contiene pirrotita, este último no puede ser eliminado por procedimientos normales de Concentración, ya que la Pirita es magnética y difícil de flotar. Este tipo de mineral es beneficiado mezclándose con mineral Grueso y Fino en porcentajes que dependen de la Capacidad para mantener los niveles de azufre en los productos finales.

CLASIFICACIÓN DE MINERALES PRIMARIOS:

MINERAL PRIMARIO: Un mineral Primario se Caracteriza por las siguientes

Propiedades:

Cuadro I.1

<i>Contenido de Hierro</i>	<i>Mayor de 50%</i>
<i>Contenido de Ferroso</i>	<i>Mayor de 15%</i>
<i>Recuperación Magnética</i>	<i>Mayor de 65%</i>

Entre estos Minerales podemos citar:

MINERAL PRIMARIO TIPO CG(COARSE GRIND): Mineral propio de molienda Gruesa, especialmente para producir concentrado Sinter Feed.

Cuadro I.2

<i>TIPO DE MINERAL</i>	<i>Conc. DTT -10 Mesh¹</i>
<i>CG</i>	<i>S < 0.80%</i>

MINERAL PRIMARIO TIPO FGN Y FGR (FINE GRIND): Mineral propio para Molienda Fina. Básicamente para producir concentrados para Peletización Pellets Feed y Torta de Exportación.

Cuadro I.3

<i>TIPO DE MINERAL</i>	<i>Conc. DTT (-10 Mesh)</i>	<i>Conc. DTT (-100 Mesh)</i>
<i>FGN</i>	<i>S > 0.80%</i>	<i>S/FeS < 0.2%</i>
<i>FGR</i>	<i>S > 0.80%</i>	<i>S/FeS > 0.2%</i>

La diferencia entre estos dos tipos de Minerales radica en que el Mineral de Tipo FGR (Refractario) se caracteriza por tener un mayor contenido de azufre en los Concentrados magnéticos por la presencia de sulfuro denominado PIRROTITA que tiene propiedades paramagnéticas. Existen dos variedades de PIRROTITA que tienen propiedades paramagnéticas. Existen dos variedades: Pirrotita hexagonal y Pirrotita Monoclínica, siendo la Monoclínica la que presenta un mayor grado de liberación, por lo tanto presenta mayores problemas en el proceso metalúrgico.

¹Significa Davis Tube Test (Prueba de Tubo de Davis)

Los otros tipos de sulfuros, como pirita, chalcopirita, bornita, chalcocita, etc, son fáciles de liberar por molienda fina, cosa que no sucede en molienda gruesa por los intercrecimientos que se presentan con la magnetita.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

MINA: Las operaciones se inician en la mina, donde se utiliza el sistema de explotación de minado a tajo abierto (open bit); las etapas principales en esta operación se muestran en el gráfico I.1 y son las siguientes:

- *Perforación*
- *Voladura*
- *Carguio*
- *Acarreo*
- *Trituración Primaria y Secundaria*
- *Transporte por fajas a San Nicolás (15.3km)*

PLANTA DE BENEFICIO SAN NICOLAS

En la Planta de Beneficios las operaciones son:

- *Chancado terciario*
- *Molienda primaria*
- *Separación Magnética*
- *Molienda secundaria*
- *Separación Magnética final*
- *Clasificación por tamaño*
- *Flotación*

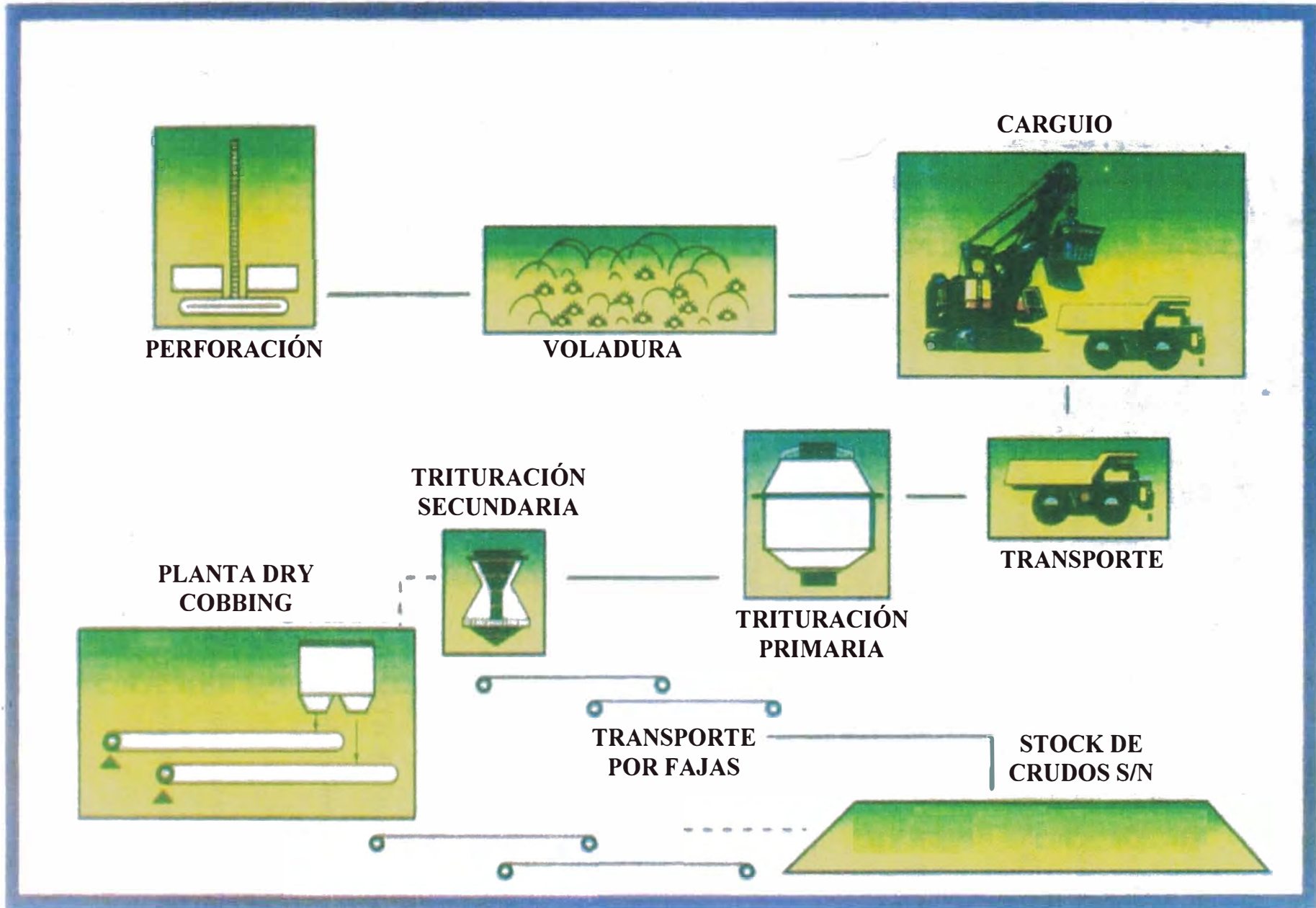


GRAFICO N° I.1

- *Peletización*
- *Transferencia y embarque de productos*

El proceso en la Planta Concentradora usa como medio diluyente el agua del Mar. La recuperación en peso de la Planta Concentradora alcanza el 65%, el 35% en peso representa los relaves de la planta, los mismos que son evacuados hacia el Sistema de Relaves, el cual por un sistema de bombeo envía los relaves hacia la Pampa Choclon.

Los productos elaborados son:

- *Concentrado para Sinterización: Sinter Especial y Sinter Calibrado.*
- *Concentrado para Peletización: Torta para exportación*
- *Pelets: Pelets para alto horno y Pelets para reducción directa*

La capacidad de producción en millones es:

<i>Pelets:</i>	<i>3.3 tn/año</i>
<i>Torta:</i>	<i>1.3 tn/año</i>
<i>Sinter:</i>	<i>2.7 tn/año</i>
<i>Total:</i>	<i>7.3 tn/año</i>

1.3 OPERACIONES EFECTUADAS EN EL ÁREA DE CONCENTRACIÓN:

1.3.1 ÁREA DE CHANCADO DE LA PLANTA MAGNETICA: *En el Flow Sheet (Gráfico 1.2) se observa la planta de Chancado N° 1 y la Planta de Chancado N° 2. Las operaciones de esta planta se describe a continuación:*

1.3.1.1 PLANTA DE CHANCADO N°1.- *La planta de Chancado opera tanto en circuito abierto como en circuito cerrado, utiliza los Chutes de la cancha de Crudos No 1 al 11 tal como se muestra en el Gráfico N° 1.3.*

Esta Planta puede procesar tanto mineral primario como mineral cuarcita, la cual se emplea para alcanzar los niveles de SiO₂ requeridos en los Pelets.

1.3.1.1.1 CHANCADO DE MINERAL PRIMARIO (CG, FG, O Mezcla): *La alimentación promedio a la Planta es de 450-600 TLH, se efectúa desde los chutes indicados mediante la Faja 021-012 y esta alimenta a la Faja 021-014 hacia la Zaranda 211-018(5'x10') que tiene una Superficie Tamizante de Varillas de Acero al Mn ($\phi=5/16''$) distribuidas en forma paralela y de una abertura de 3/8''.*

El mineral menor a 3/8'' (Under Size) cae hacia la Faja 021-022, el Over Size(+3/8'') cae hacia la Trituradora Short Head NORDBERG de 5 1/2'', el producto Triturado se junta con el Under Size de la Zaranda 211-018 en la Faja 021-022 y son transportados hacia la Planta de Zarandas mediante la mencionada Faja que alimenta a la Zaranda NORDBERG 5'x12' (211-025) que tiene una Superficie Tamizante de Polyuretano con alma de Acero de sección cuadrada de abertura promedio de 3/8''; el Under Size cae directamente a la Faja 021-059 y el Over Size es transportado mediante la Faja 021-040 hacia la Trituradora Short Head NORDBERG¹ de 7', el producto Triturado es transportado hacia la Faja 021-045 y esta descarga en la Faja 021-059 como producto final Triturado, el cual es alimentado hacia los Silos de Magnética

1.3.1.1.2 CHANCADO DE MINERAL CUARCITA:

La alimentación promedio a la Planta es de 100-120 TLH desde los Chutes 1 al 3 mediante la faja 021-012, esta descarga a la Faja 021-014 hacia la zaranda 211-018(5'x10') de manera similar a la descrita para el Chancado de mineral primario con

¹*Cabe recalcar que esta Trituradora opera con un set de descarga de 5/16''-1/2''.*

la diferencia que el Producto triturado por la Trituradora Short Head NORDBERG de 7' cae hacia la Faja 021-045 y esta descarga hacia la faja 021-047 que alimenta de mineral de Cuarzita a la Planta de Zaranda que a su vez alimenta a las Zarandas NORDBERG simples (5'x10') 211-049 y 211-050 que tienen una Superficie Tamizante de Poliuretano con alma de Acero de sección cuadrada de abertura promedio² de 3/8"-1/2" de tal manera que el Over Size retorna a la Trituradora 022-042 haciendo un Circuito cerrado (que sería la carga Circulante) por medio de la faja 021-040, el Under Size va mediante las Fajas 021-055 y 021-057 hacia la Faja 021-059 como Producto final triturado.

Las aberturas de las mallas de la Planta de Chancado N°1 se indican en el cuadro I.4.

Cuadro I.4

ZARANDAS	PISOS	TAMAÑO	CLASIFICACIÓN	MATERIAL TAMIZANTE	ABERTURA MALLAS
211-018	1	5' * 12'	Varillas	Acero al Mn	3/8"
211-024	1	5' * 12'	Malla	Poliuretano	3/8"*3/8"
211-025	1	5' * 12'	Malla	Poliuretano	3/8"*3/8"
211-049	1	5' * 12'	Malla	Poliuretano	3/8"*3/8"
211-050	1	5' * 12'	Malla	Poliuretano	3/8"*3/8"

1.3.1.2 PLANTA DE CHANCADO No 2:

La planta de Chancado No 2 opera en Circuito abierto con una capacidad de Planta de 1200 TLH los cuales son transportados desde la Cancha de Crudos (Chutes

²Actualmente se tienen 2 tipos de mallas para las 2 zarandas, para la 211-049 se tiene la primera malla de 1/2" y las dos siguientes de 3/8". Para la zaranda 211-050 las 2 primeras mallas de 1/2" y la tercera de 3/8".

12 al 21) mediante la Faja 021-111, la que alimenta a la Faja 021- 113 y esta a su vez a la Faja 021-116.

La Faja 021-116 alimenta a la Faja 021-119 y esta descarga a la Tolva de tres compartimientos 020-120 de 450 TL de Capacidad, el mineral es alimentado por medio de los "Alimentadores Vibratorios" de 54"x 56" 020-122, 020-123 y 020-124, los cuales envían la carga a sus respectivas Zarandas de dos pisos; 211-124, 211-125, y 211-126 de marca Tyler de 6'x12' de Superficie Tamizante de Poliuretano con alma de Acero, las aberturas de las mallas se indican en le siguiente cuadro:

Cuadro I.5

ZARANDAS	PISOS	TAMAÑO	SECCIÓN	ABERTURA DE MALLAS	
				SUPERIOR	INFERIOR
211-124	2	6' * 12'	TRAPEZOIDAL	2"- 2 1/4"	5/8"-3/4"
211-125	2	6' * 12'	TRAPEZOIDAL	2"- 2 1/4"	5/8"-3/4"
211-126	2	6' * 12'	TRAPEZOIDAL	2"- 2 1/4"	5/8"-3/4"

El Over size es alimentado hacia las Trituradoras Cónicas NORDBERG de 7' 022-128,022-129 y 022-130, las cuales operan con un Set de descarga de 1/2".

El Under Size de las Zarandas se junta con el producto triturado en la Faja 021-132 y esta descarga a la Faja 021-134, para finalmente descargar a las Fajas 021-061 y/o 021-063 de acuerdo la requerimiento y enviar el Mineral Triturado a los Silos de la Planta Magnética.

CHANCADORA N° 1

CHANCADORA N° 2

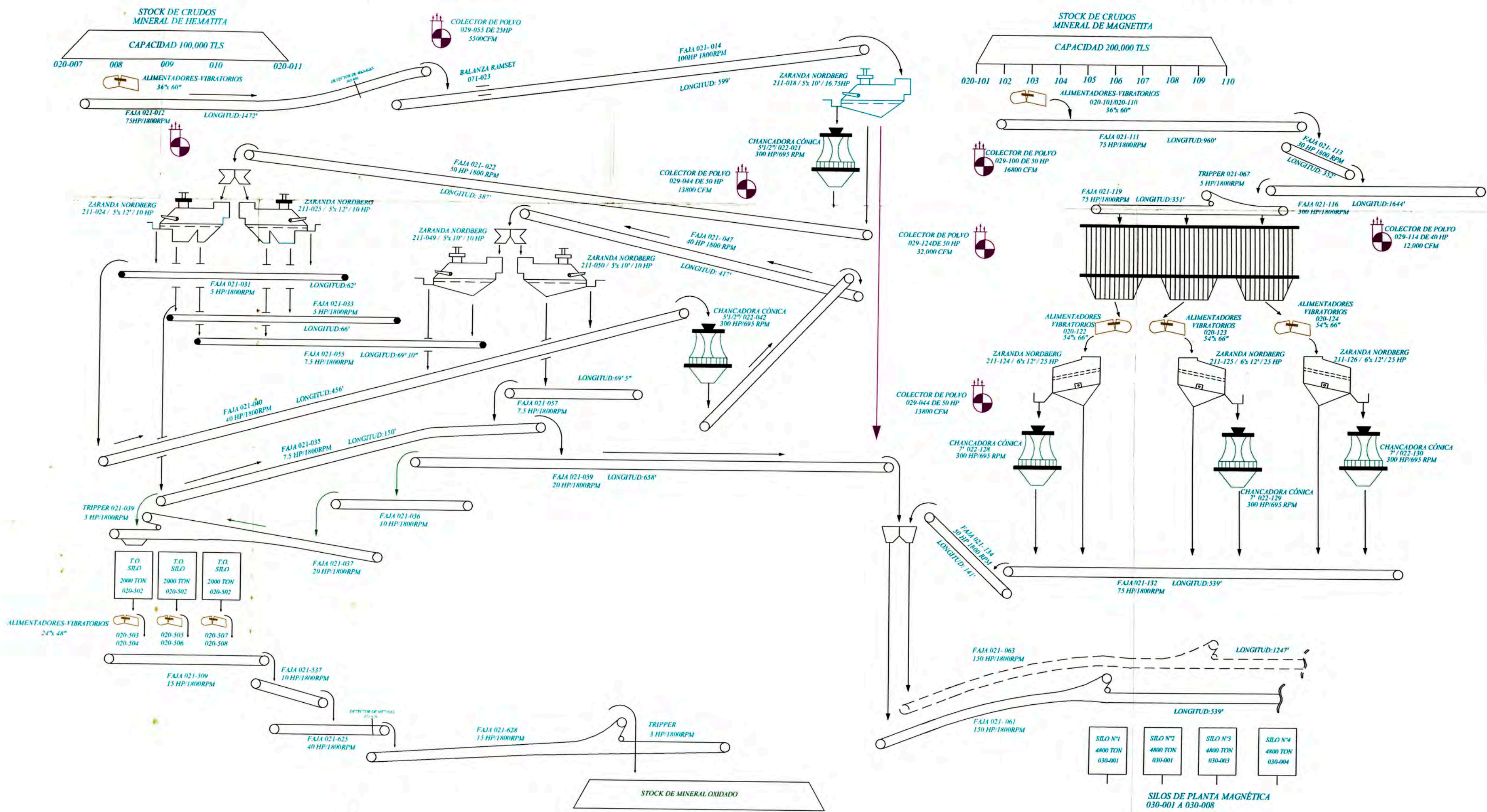


GRAFICO 1.2


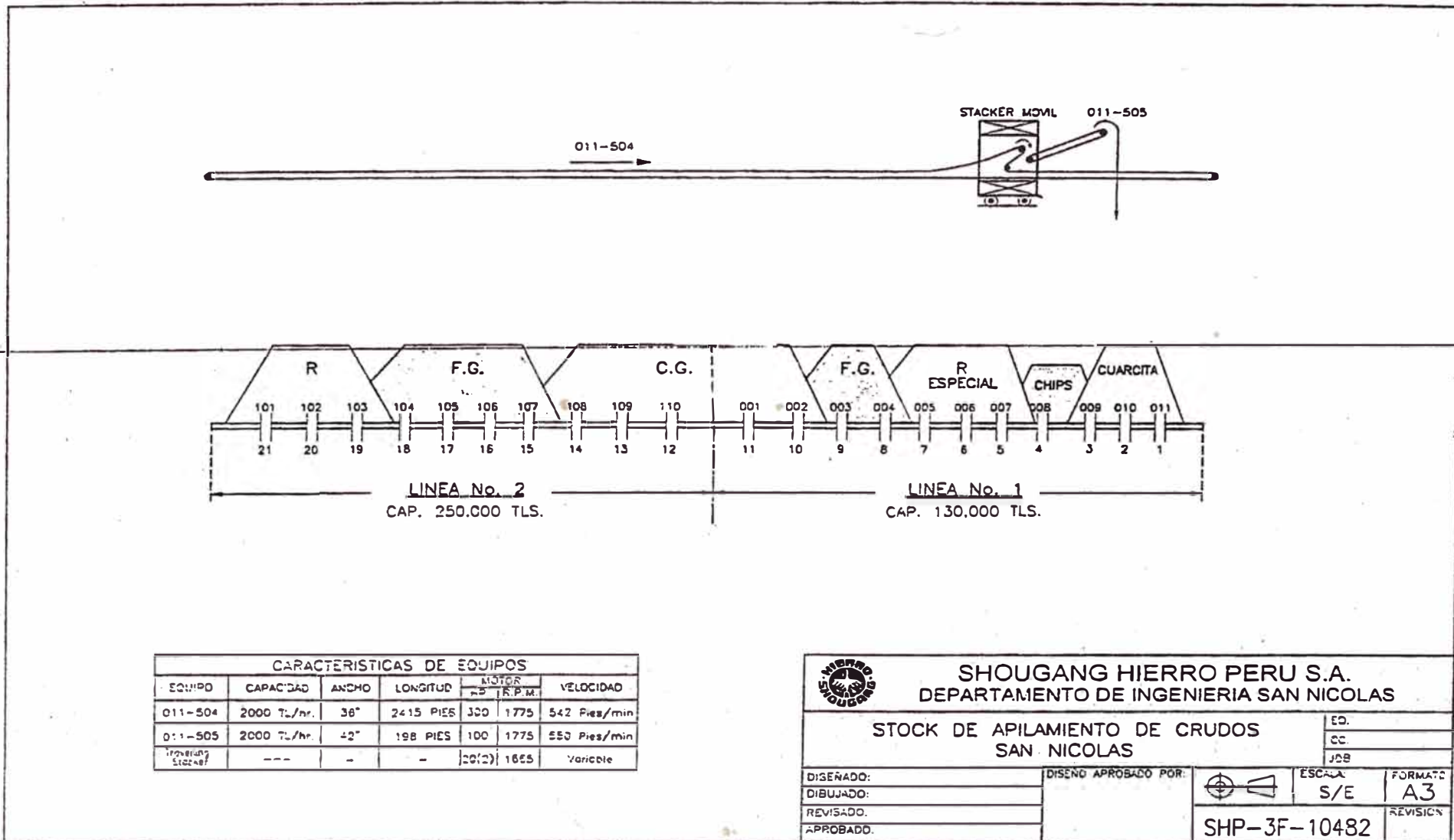
		SHOUGANG HIERRO-PERU	
		DIAGRAMA GENERAL - PLANTA DE CHANCADO SN.	
FECHA		DIBUJADO	JOSEPH JAVES ARAMBURU
AREA	PLANTA DE CONCENTRACION BENEFICIO		

GRAFICO 1.3



CARACTERISTICAS DE EQUIPOS						
EQUIPO	CAPACIDAD	ANCHO	LONGITUD	MOTOR		VELOCIDAD
				HP	R.P.M.	
011-504	2000 Tl./hr.	36"	2415 PIES	300	1775	542 Pies/min
011-505	2000 Tl./hr.	42"	198 PIES	100	1775	550 Pies/min
SHOUGANG Stacker	---	-	-	20(2)	1665	Variable

SHOUGANG HIERRO PERU S.A.
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA SAN NICOLAS

STOCK DE APILAMIENTO DE CRUDOS
SAN NICOLAS

ED.
CC.
JOB

DISEÑADO:
DIBUJADO:
REVISADO:
APROBADO:

DISEÑO APROBADO POR:

ESCALA
S/E

FORMATO
A3
REVISION

SHP-3F-10482

1.4 CIRCUITOS DE MOLIENDA DE ACUERDO A LA PRODUCCIÓN

1.4.1 CIRCUITO DE PRODUCCIÓN DE SINTER ESPECIAL

Este circuito está diseñado para producir anualmente 900,000 TLS de concentrado para sinterización, consta de 2 líneas de molienda de barras de 10'8" de diámetro por 16' de largo y 700 HP operando en circuito cerrado cada uno con un hidrociclón D-26" Ø inclinado y una bomba 12"x10".

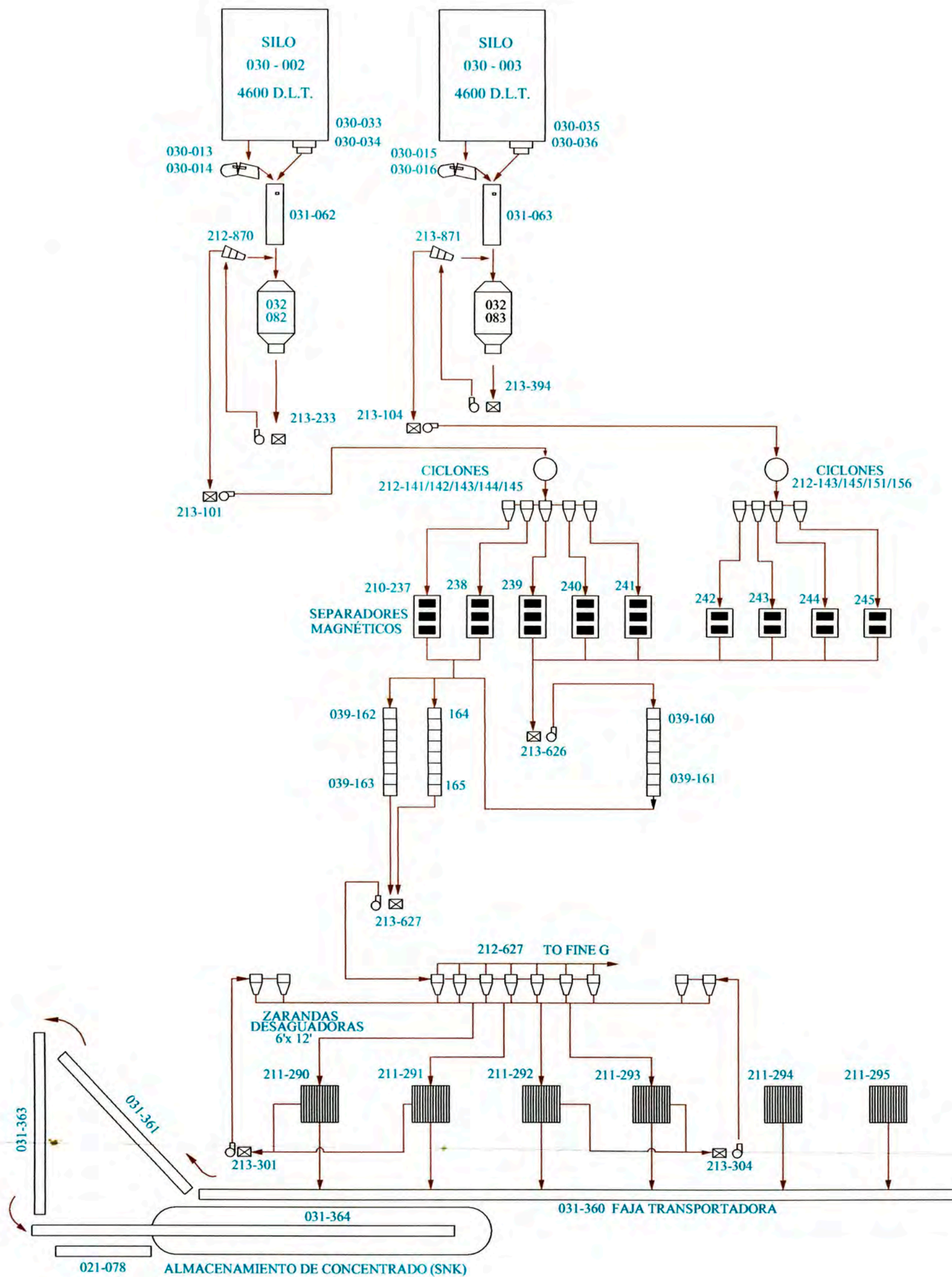
La alimentación a los Molinos de Barras es de 180-200 TLH a cada uno de los circuitos cerrados, el producto (O/F) es enviado a una bomba 10"x8" para ser clasificado en hidrociclones D-15". La fracción gruesa alimenta a dos grupos de separadores magnéticos de 3 tambores de 30" Ø y 76" de largo, en tanto la fracción fina es enviada al circuito de molienda fina.


El concentrado de los separadores magnéticos es enviado a dos bancos de flotación, compuesto cada uno de 8 celdas Galigher- Agitair de 32 pies³ adicionando previamente reactivos Z-6 como colector y DF-1012 como espumante.

La flotación elimina sulfuros para lograr alcanzar bajos niveles de azufre en el concentrado final, las espumas son enviadas a los relaves mientras el concentrado es nuevamente bombeado hacia una batería de hidrociclones D-15. La fracción gruesa es enviada a las seis zarandas desaguadoras que operan en el circuito, el producto final (con 68% Fe, 0.400% S) es transportado mediante fajas hacia el stock de Sinter Especial con capacidad de 350,000 TLS.

La fracción fina de las zarandas desaguadoras es bombeada hacia grupos de hidrociclones, los cuales separan la pulpa, retornando la fracción gruesa hacia las zarandas, en tanto la fracción fina es derivada hacia el circuito de molienda fina.

GRÁFICO 1.4



		SHOUGANG HIERRO-PERU	
		CIRCUITO DE MOLIENDA GRUESA	
FECHA		DIBUJADO	JOSEPH JAVES ARAMBURU
AREA	PLANTA DE CONCENTRACION BENEFICIO		

Todos los finos del circuito son colectados en un grupo de sumideros llamado "4 vías" para su distribución hacia tres molinos de bolas de 10'3" Ø x 22' 5 ½" y potencia de 1250 HP. Cada uno de estos molinos operan en circuito cerrado con una batería de 3 hidrociclones D-15 para generar un producto 65% - 325 m que es enviado a Separación Magnética; el producto es enviado hacia la última etapa de flotación que consta de 3 bancos con capacidad de 1375 pies³, la pulpa es previamente acondicionada con un colector Xantato Z-6 y espumante DF-1012.

El concentrado de flotación es enviado por las bombas de transferencia hacia la Planta Filtros para constituir el Filter Cake para peletización.

1.4.2 CIRCUITO DE PRODUCCIÓN DE TORTA PARA EXPORTACIÓN.-

Este circuito está diseñado para producir anualmente 1'150,000 TLS de concentrado fino para peletización, consta de 2 líneas que operan cada una con un molino de barras de 10'8" de diámetro por 16' de largo y 700 HP, alimentando cada molino de barras a un molino de bolas.

La descarga del molino de barras (100%-10M) es enviado a una bomba para alimentar a un grupo de Separadores Magnéticos Cobbers de doble tambor (36" Ø y 96' de largo). El concentrado magnético es el alimento del molino de bolas (14'0 Ø x 41'1" de largo), el cual entrega un producto de 65%-325 m el que es bombeado a un grupo de Separadores Magnéticos de tres tambores (30" Ø y 72" de largo) generando un concentrado que se junta con el producto de la otra línea en similar circuito.

El concentrado de segunda separación magnética de las dos líneas de molienda es acondicionado con reactivos: colector Xantato Z-6 y espumante DF-1012 para su flotación en tres bancos de 375 pie³ cada uno, las espumas con altos contenidos de sulfuros son enviados por las bombas de transferencia para su procesamiento en Planta Filtros y su posterior traslado al stock .

El producto final tiene como característica promedio: Fe 70%, S=0.150%, SiO₂=1.20%.

1.4.3 CIRCUITOS DE PRODUCCIÓN DE FILTER CAKE PARA PELETIZACION.-

Este circuito consta de 2 líneas de molienda, cada una de las cuales opera con un molino de barras 10'8" Ø por 16' de largo y 700 HP, los cuales reciben la carga de los silos a un ratio de 180-200 TLH.

La descarga de los molinos de barras alimenta cada una un grupo de separadores magnéticos cobres de doble tambor (36" de Ø x 96" de largo), el concentrado de los grupos de separadores es juntado para alimentar a un molino de bolas (14' Ø x 41'1" de largo), el cual entrega un producto de 42-45% -325 M.

El producto de la primera molienda de bolas es bombeado a un grupo de separadores magnéticos de tres tambores (30" Ø x 72" de largo) para eliminar las impurezas de la pulpa, con lo que se genera un concentrado al cual se le adiciona reactivo colector Z-6 y espumante DF-1012 para flotarlo en 4 bancos de 875 pies³ cada uno.

El concentrado de flotación va a un sumidero para ser bombeado a una batería de hidrociclones D-15 para su clasificación, la fracción gruesa es alimentada al molino de remolienda (14' Ø x 41'1" de largo), en tanto la fracción fina by pasea al molino y se junta con su descarga

El producto final del circuito es enviado a las bombas de transferencia para juntarse con el concentrado flotado de los finos del circuito de molienda gruesa y ser transportados hacia la planta de Filtros el cual alimenta a las dos líneas de Peletizacion.

CIRCUITO DE MOLIENDA FINA



GRAFICO Nº I.5

CAPITULO II. ASPECTOS TEÓRICOS.

2.1 INTRODUCCIÓN

El nuevo enfoque del tratamiento matemático de la reducción de tamaños en un molino esta basado en la ecuación general de balance Poblacional (1) que aporta 2 nuevos conceptos: la Función Selección (\underline{S}) y la Función fractura (\underline{b})¹. La primera guarda relación con la cinética de cada partícula y la segunda guarda relación con la distribución granulométrica de los fragmentos producidos como consecuencia de un evento dado de fractura.

La figura (2.1): Considérese que en un instante “t” cualquiera, la distribución granulométrica de la carga del molino (F_i , $i= 1,2,3,\dots,n$) queda representada por el contenido de los distintos tamices en le sector izquierdo de dicha figura.

Asimismo transcurrido un lapso de tiempo Δt , la granulometría resultante quedará representada por el contenido de serie de tamices al lado derecho de la figura (2.1).

Durante este intervalo algunas partículas serán fracturadas y sus fragmentos redistribuidos entre las mallas inferiores según sea su tamaño resultante. Para los sólidos retenidos en una malla “i” cualquiera, la función selección S_i (min^{-1}) denota la velocidad de facturación (partículas que se fracturan por unidad de tiempo). Donde $S_i \Delta t$ es la fracción en peso en la malla “i” al instante t, que es fracturado por la acción del medio de molienda durante el periodo Δt posteriormente.

¹ La representación (\underline{S}) indica el símbolo entre paréntesis es un arreglo unidimensional o vector. Asimismo (\underline{b}) denota el símbolo indicando una matriz.

Cabe recalcar que b_{ij} es la fracción en peso de los fragmentos provenientes de la fractura de las partículas retenidas en la malla "j" que resultan retenidos en la malla "i" inferior. Arbitrariamente se denota como la malla "1" la más gruesa y "n" como la más fina.

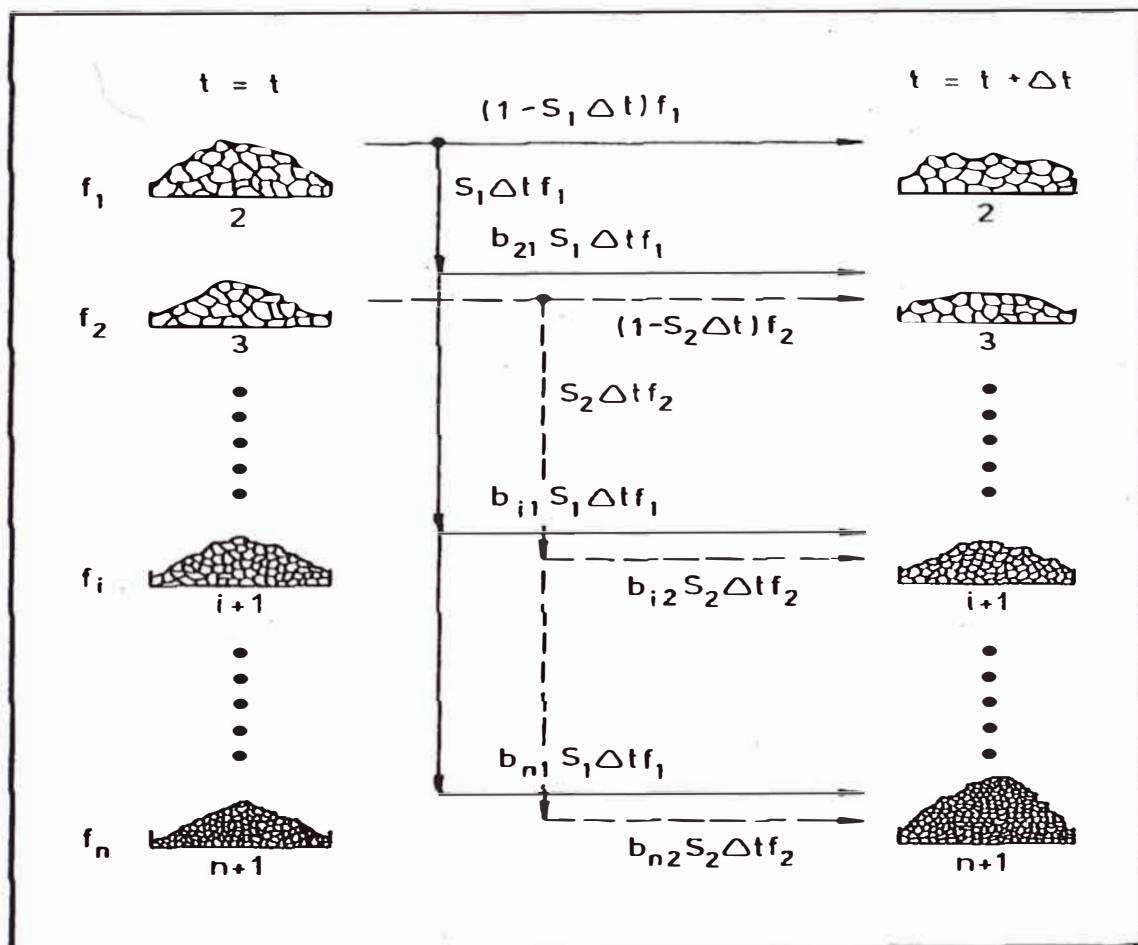


Gráfico II.1

2.2 MOLIENDA BATCH

Aplicando el balance poblacional de partículas en el interior de un molino, tenemos la ecuación que representa el modelo general de molienda en su forma diferencial.

$$\frac{df_i}{dt} = S_i f_i + \sum_{j=i-1}^i b_{ij} S_j F_j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Bajo las condiciones de que \underline{S} y \underline{b} son constantes e independientes del grado de fineza alcanzado en el interior del molino. La ecuación (1) constituye un sistema lineal de ecuaciones diferenciales de primer orden, cuya solución esta dada por:

$$f = \underline{T} \underline{j} \underline{T}^{-1} \underline{f}^o \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

$$J_{ij} \begin{cases} 0 & i \neq j \\ \exp(-S_{ii}) & i = j \end{cases} \quad \text{Matriz diagonal}$$

$$T_{ij} \begin{cases} 0 & i < j \\ 1 & i = j \\ \sum_{k=j}^{i-1} \frac{b_{ik} S_k T_{kj}}{S_k - S_j} & i > j \end{cases} \quad \text{Triangular Inferior}$$

$f^o =$ Granulometría inicial de los sólidos a $t = 0$

Donde la ecuación (2) es el "Modelo lineal" de la molienda batch o discontinúa que permite calcular la granulometría de los sólidos resultantes al tiempo "t" teniendo los parámetros cinéticos \underline{S} y \underline{b} característicos del mineral y las condiciones ensayadas.

De forma equivalente a la ecuación (2), se obtiene:

$$\frac{dF_i}{dt} = \sum_{j=i-1}^i B_{ij} S_j f \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Donde:

$F_i =$ Passing de la Malla i.

$B_{ij} =$ Passing a la malla i proveniente de la fractura de Partículas retenidas en la malla "j".

2.3 MOLIENDA CONTINUA

La representación matemática de un proceso real de molienda continua es complicada por el hecho de que no todos los elementos de pulpa alimentados al molino permanecen en su interior exactamente el mismo período de tiempo². Por lo tanto la diferencia entre ambos procesos molienda batch y continua radica en el comportamiento del material mientras fluye del molino (2).

Sea la función $E(t)$ tal que:

$E(t).dt$ = Fracción en peso de los elementos de pulpa cuyo tiempo de residencia en el interior de molino está en el intervalo diferencial t a $t + dt$.

Donde la siguiente expresión matemática de la función $E(t)$:

$$E(t) = \frac{N^N (t/\tau)^{N-1} \exp(-Nt/\tau)}{T \Gamma(N)} \dots\dots\dots (3)$$

τ : Tiempo medio de residencia de la pulpa en el molino

N : Parámetro de distribución.

La ecuación (3) se conoce como “el modelo de los N mezcladores en serie” que postula que el molino se comporta en forma equivalente a N reactores perfectamente mezclados y en serie, cada uno recibiendo la descarga del anterior en la línea (3).

La figura (2.2) representa la variación en la forma de la distribución de tiempos de residencia $E(t)$ en función del valor de N pasando desde la situación de mezcla perfecta ($N = 1$) en que la varianza es máxima hasta ($N \rightarrow \infty$) Flujo pistón que matemáticamente equivale aun sistema batch (4).

² La descripción de un molino continuo a gran escala debe incluir su distribución de tiempos de residencia (DTR).

Para efectos prácticos se recomienda que a falta de un valor experimental este sea aproximado a la razón (L/d) , donde $L =$ largo de molino y $d =$ diámetro del molino.

De la ecuación (3) tenemos:

$$\underline{f}^{out} = \int_0^{\infty} \underline{f}^{batch}(t) \cdot E(t) dt \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

\underline{f}^{out} = vector granulometría de descarga del molino

\underline{f}^{batch} = vector granulometría del producto de un proceso batch de molienda al tiempo t .

La respuesta de la ecuación dada por:

$$\underline{f}^{out} = \underline{J}^c \underline{I}^{-1} \underline{f}^{IN} \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

\underline{f}^{INPUT} = Vector Granulometría de alimentación al molino.

\underline{J} = Matriz diagonal de elementos J_{ij}^c dado por

$$J_{ij} = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ (1 + \frac{S_i \tau}{N})^{-N} & i = 1 \end{cases}$$

La ecuación (5), constituye así el modelo lineal de la molienda continua que permite calcular la granulometría de los sólidos de la descarga del molino a partir de la granulometría de alimentación y los parámetros característicos: \underline{S} , \underline{b} , N y τ .

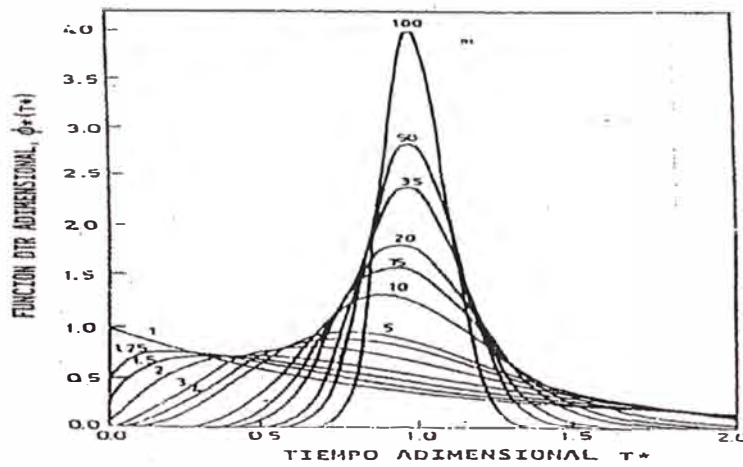


Gráfico (II.2)

2.4 LA ENERGÍA ESPECIFICA COMO VARIANTE CONTROLANTE DEL PROCESO.-

El modelo para un proceso Batch esta representada en su forma diferencial acumulada por:

$$\frac{df_i}{dt} = \sum_{j=i-1}^i B_{ij} S_j F_j \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Como existe una relación directa entre el tiempo de molienda t y el consumo específico de energía \bar{E} dada por:

$$\bar{E} = Pt/H$$

P = Potencia neta demandada por el molino

H = Cantidad de Sólidos en la carga.

Para P y H constantes en el tiempo:

$$\frac{dF_i}{d\bar{E}} = \frac{dF_i}{dt} \cdot \frac{dt}{d\bar{E}} = \sum_{j=i-1}^i B_{ij} (S_j^N / P) f_j \dots \dots \dots (6)$$

Y definiendo:

$$S_j^E = S_j H/P \text{ tenemos:}$$

$$\frac{dF_i}{d\bar{E}} = \sum_{j=1}^n B_{ij} S_j^E f_j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

De modo que la velocidad de producción de finos con respecto a la energía específica consumida ($dF_i/d\bar{E}$) queda expresada en función de un nuevo set de parámetros S_i^E función selección específica.

La solución de la ecuación (7) es análoga a la solución de la ecuación (2) reemplazando τ por \bar{E} y \underline{S} por \underline{S}_i^E en cada una de ellas.

$$\text{Así: } f = \underline{T} \underline{J} \underline{T}^{-1} f^0$$

Donde:

$$J_{ij} = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ \exp(-S_i^E \bar{E}) & i = j \end{cases}$$

$$T_{ij} = \begin{cases} 0 & i < j \\ 1 & i = j \\ \sum_{k=j}^{i-1} \frac{b_{ik} S_k^E}{(S_i^E - S_j^E)} T_{kj} & i > j \end{cases}$$

Por analogía en un sistema continuo la solución de la ecuación (4) es válida si τ es reemplazada por \bar{E} y \underline{S} por \underline{S}_i^E según corresponda, M representa el flujo másico de alimentación al molino (tms/hr):

$$S_i \tau = \frac{S_i H}{M} = \frac{S_i H}{P/E} = \frac{(S_i H)}{P} \cdot \bar{E} = S_i^E \cdot \bar{E}$$

Entonces Tenemos:

$$J_{ij} = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ (1 + \frac{S_i \tau}{N})^{-N} & i = j \end{cases}$$

$$J_{ij}^C = \begin{cases} 0 & i \neq j \\ (1 + \frac{S_i^E \bar{E}}{N})^{-N} & i = j \end{cases}$$

S_i^E es fundamentalmente dependiente de las características del mineral y no tanto las condiciones operacionales mismas bajo el cuál se lleva el proceso de molienda, el efecto de estas ultimas se reflejaría en el valor de \bar{E} solamente.

“En el proceso de Molienda, el transcurso del tiempo no debe expresarse en minutos sin no en KWH/TMS

2.5 DERIVACION DEL MODELO SIMPLIFICADO:

Sabemos que el modelo general de molienda es:

$$\frac{dF_i}{dt} = \sum_{j=1}^J B_{ij} S_j f_j \quad i = 1, 2, \dots, n$$

El producto $B_{ij} S_j$ representa la contribución de la malla “j” a la generación de fragmentos pasantes la malla “i”, dicho producto tiende a ser característico del tamaño de la abertura de la malla “i” e independiente del tamaño asociado a “j”, algebraicamente se expresa:

$$B_{ij} S_j \approx K_i \quad J \leq i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

Bajo tales circunstancias la ecuación (7) se reduce a

$$\frac{dF_i}{dt} = \sum_{j=i} k_{ij} f_j = k_i \sum_{j=i} f_j = k_i \sum_{j=i} f_j = k_i (1-F_i)$$

La ecuación (8) es válida para todo $j \leq i$ en partículas para $j = i$ donde: $B_{ij} S_j \approx K_i$

En el supuesto $B_{ij} = 1$, la constante de proporcionalidad K_i es igual a la función selección S_i de la fracción granulométrica respectiva: $K_i = S_i$

De donde las ecuaciones del modelo simplificada son expresadas como:

Molienda Batch:

$$(1-F_i) = (1-F_i^0) \exp. (-S_i^E \bar{E}) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Molienda Continúa:

$$(1-F_i^{out}) = \frac{(1-F_i^{inp})}{(1-S_i^E \bar{E}/N)^N} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

Donde:

F_i^{inp} = Passing en la Alimentación

F_i^{out} = Passing en la descarga

N = (L/D) L = Longitud del Molino

D = Diámetro del Molino

De la ecuación (9) se despeja S_i^E :

$$S_i^E = \frac{N (1 - F_i^{inp})^{1/N} - 1}{E (1 - F_i^{out})} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

2.6 MODELOS EMPÍRICOS PARA HIDROCICLONES

2.6.1 INTRODUCCIÓN: La simulación es la mejor herramienta para la operación, control y optimización de los circuitos de molienda. La simulación de un circuito de molienda requiere de modelos para molinos y para los hidrociclones, los modelos de

molinos que se usan están basados en la teoría fenomenológica de molienda como un proceso cinético de primer orden y en la teoría de tiempos de residencia.

Estas teorías han sido capaces de producir modelo robusto que representan los molino industriales con precisión necesaria. Con los hidrociclones ha sucedido algo distinto, hasta el momento se usan modelo empíricos tales como Lynch and Rao o el de Plitt, los que son de aplicación aceptable. La principal desventaja de estos modelos es el rango de aplicabilidad y la escasa información que los acompaña.

2.6.2 El Hidrociclón.- *Consiste (Gráfico II.3) de una parte superior cilíndrica unida a una base cónica con salida de rebose por boquilla del vórtice (vortex Finder) y salida de la descarga por el ápex situadas en la parte superior e inferior, respectivamente. La alimentación en forma de pulpa se introduce bajo presión tangencial a través de una boquilla de admisión ubicada en la parte superior cilíndrica del hidrociclón, los productos abandonan el Hidrociclón a lo largo del eje central en ángulo recto con respecto a la dirección de entrada. En los puntos de salida las corrientes que fluyen remueven en direcciones opuestas.*

La clasificación de partículas sólidas de diferentes pesos contenidas en la corriente de entrada se produce como resultado de la conversión de la dirección y de la velocidad del flujo de la corriente de entrada en las salidas, a la fuerza centrífuga y a las fuerzas de gravedad que actúan sobre las partículas. Una partícula suspendida en un fluido rotando en el Hidrociclón tiende a moverse sobre las paredes del mismo si la fuerza centrífuga que actúa sobre ella es mayor que la fuerza de arrastre, ya que de otro modo la partícula tiende a moverse radialmente hacia dentro. Aunque puede producirse el corto circuito dentro del Hidrociclón causando que las partículas gruesas aparezcan

en la descarga de la boquilla del vórtice (vortex finder), las partículas sólidas en general tienen que pasar a través de una zona de máxima velocidad tangencial antes de emerger por reboce en la boquilla del (vortex finder), esto asegura que todas las partículas estarán sometidas a una máxima fuerza centrífuga antes de que puedan pasar del espiral mas exterior a la interior y esto contribuye a la eficiencia de los hidrociclones en separar las partículas gruesas de las partículas del producto fino. El rendimiento general de un Hidrociclón esta influido tanto por las variables del diseño y las variables de operación tales como la presión de alimentación y las propiedades físicas de los sólidos de la alimentación.

2.6.2.1 REGIMEN DE FLUJO EN LOS HIDROCICLONES.-

El modelo general de flujo puede ser explicado de mejor manera considerado los tres componentes de la velocidad lineal con la cual el fluido entra en el hidrociclón.

La componente tangencial.

La componente de la velocidad radial.

La componente vertical.

El investigador Kelsall quien utilizó el método óptico para determinar dichas velocidad dedujo las siguientes conclusiones:

1.- Por debajo de la parte inferior de la boquilla del Vórtice (vortex Finder) el fluido se envuelve en una velocidad tangencial constante que son cilindros coaxiales con el hidrociclón.

La velocidad tangencial (v) decrece con el incremento del radio (r) de acuerdo con la relación $vr^2 = cte$, hasta que alcanza una velocidad máxima en un radio más pequeño

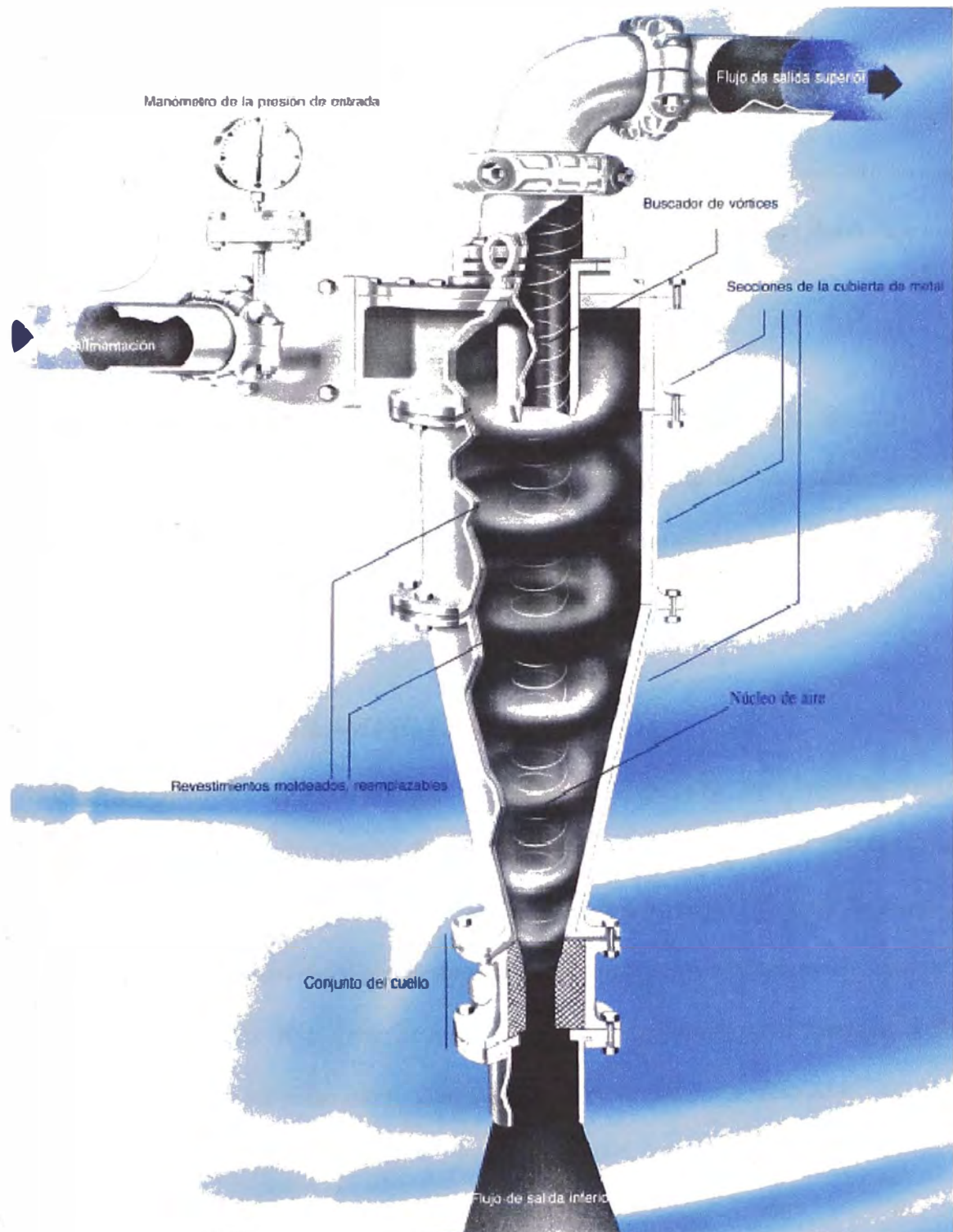


Gráfico III.6

que el de la pared inferior de la boquilla del vórtice, sin embargo, la relación se convierte en $v_r = \text{constante}$ a medida que el radio se reduce.

2.- A niveles paralelos por debajo de la parte inferior de la boquilla del vórtice la velocidad radial decrece con la reducción del radio y llega a cero en el eje del vórtice.

3.- Una cubierta cónica de la velocidad vertical cero separa el flujo del fluido hacia el ápex y el

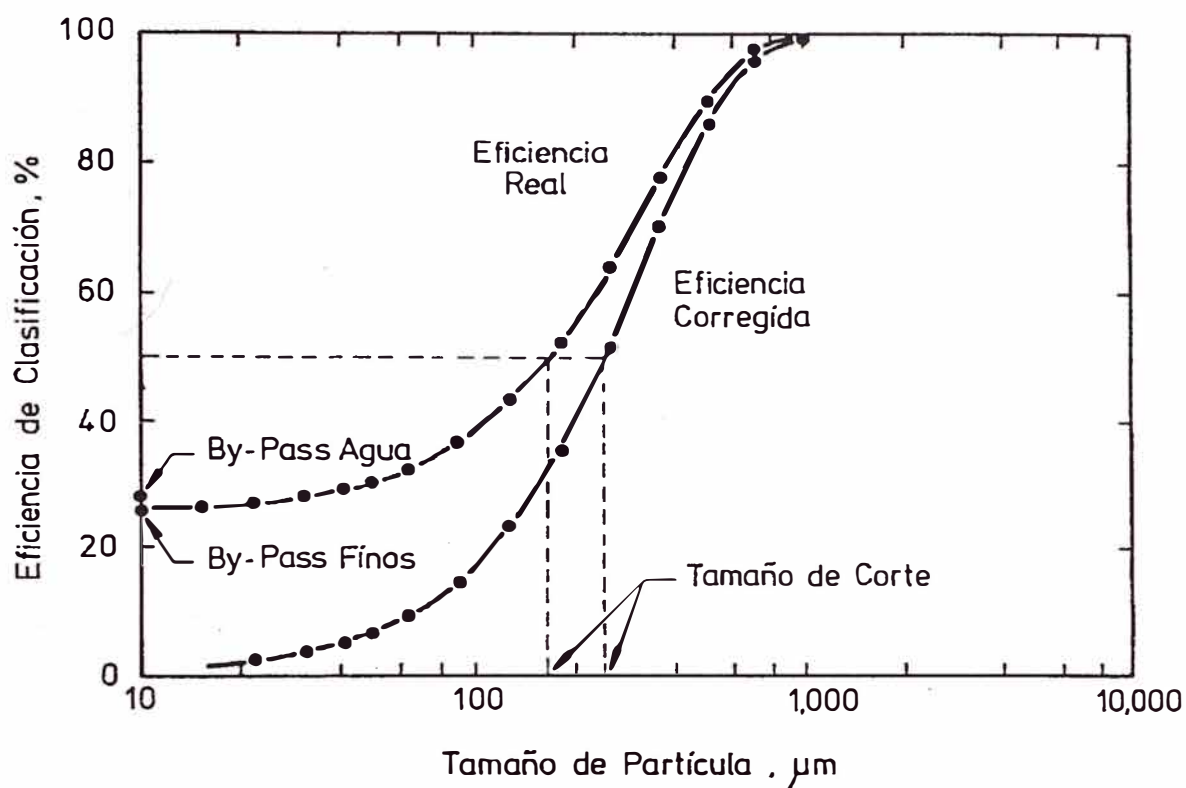
rebose hacia la boquilla del vórtice.

En la práctica la separación en los hidrociclones es un resultado directo de la sedimentación obstaculizada de las partículas, la concentración en volumen de las partículas en la pulpa es normalmente alta con un consiguiente efecto sobre las características viscosas.

2.6.2.2 EFICIENCIA DE CLASIFICACION

El hidrociclón queda caracterizado por su curva de eficiencia de clasificación (E_i , $i=1, \dots, n$) definida para cada tamaño de partícula como la fracción de los sólidos de ese tamaño en la alimentación que es recuperada en la descarga. De esta manera, se espera que la eficiencia así definida alcance sus mas altos valores (cercaos e inferiores a 1) para las partículas mas gruesas en la alimentación y que contrariamente dichos valores sean menores para las partículas finas de tamaño de corte deseado.

Gráfico II.4



La fig. 2.4 describe el comportamiento típico del hidrociclón incorporado a un circuito Cerrado de Molienda /Clasificación, en la cual se puede apreciar que la eficiencia de clasificación tiende a un valor finito distinto de cero para tamaño de partículas tendientes a cero, tal fenómeno ha sido estudiado y se ha concluido que solo una fracción de la pulpa de alimentación realmente participa del verdadero proceso de clasificación de partículas en el interior del hidrociclón, mientras que el restante sufre un “corto circuito o by-pass” directo al flujo de descarga, este fenómeno se puede ver esquematizado en la Fig. 2.5 a partir del cual se puede definir la nueva eficiencia de clasificación corregida (E_i^c , $i=1,\dots,n$) como la razón entre los flujos máxicos de

sólidos por la fracción granulométrica en la descarga y alimentación al hidrociclón, respectivamente, descontando el efecto del cortocircuito (B_{pf}):

$$E_i^c = \frac{(m_i^c)_u}{(m_i^c)_f} = \frac{[(m_i^c)_u - B_{pf}(m_i)_F]}{[(m_i^c)_f * (1 - B_{PF})]} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad EC(11)$$

Luego:

$$E_i^c = \frac{[(m_i)_u / (m_i)_E - B_{pf}]}{(1 - B_{PF})} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad EC(12)$$

Recordando la definición de eficiencia real de clasificación tenemos:

$$E_i^c = (E_i - B_{pf}) / (1 - B_{pf}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad EC(13)$$

O equivalente

$$E_i = B_{pf} + (1 - B_{pf}) E_i^c \quad EC(14)$$

Además si se define: $E_i^c \rightarrow 0$ para $d_i \rightarrow 0$

Entonces: $E_i \rightarrow B_{pf}$ para $d_i \rightarrow 0$

De manera que el cortocircuito B_{pf} corresponde al valor asintótico de la curva de eficiencia real de clasificación sobre el eje de las ordenadas en la Fig. 6 para $d_i \rightarrow 0$.

Finalmente, se ha propuesto caracterizar separadamente la eficiencia corregida de clasificación y el cortocircuito de finos para posteriormente sobre la base de Ec.13 proponer metodología de estimación de la eficiencia real de clasificación.

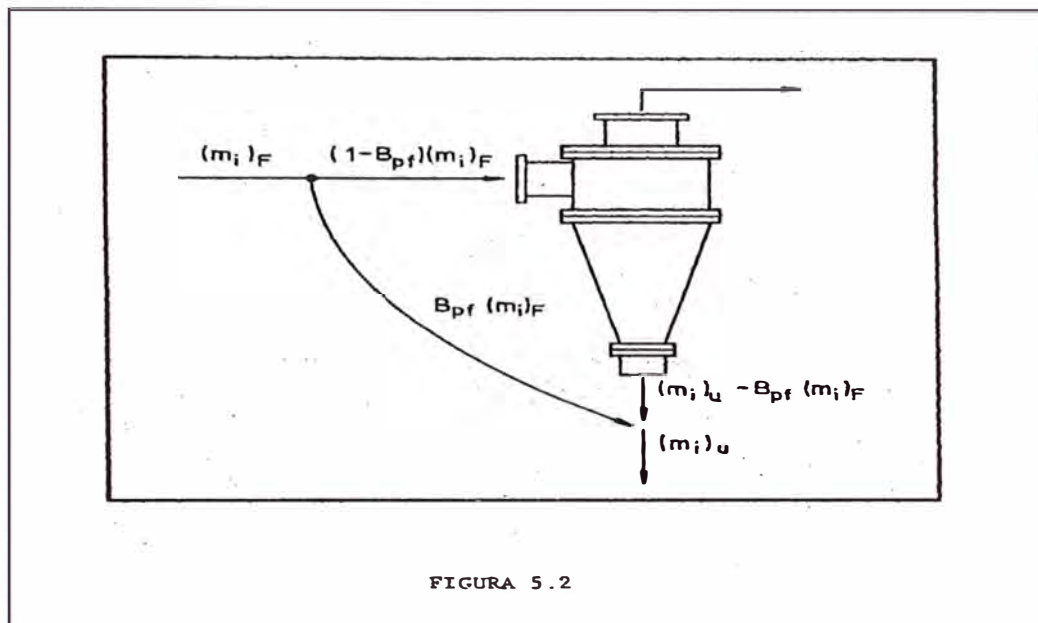


Gráfico (II.5).

2.6.2.3 MODELOS EMPÍRICOS DE CLASIFICACION

Por la complejidad de los mecanismos operantes dentro del hidrociclón y la gran diversidad de variables que afectan su comportamiento, ha impedido la formulación de modelos fenomenológicos debiendo limitarse éstos a un conjunto de correlaciones empíricas generalizables, que a continuación describimos.

2.6.2.3.1 MODELO DE LINCH – RAO(4)

Estos investigadores propusieron un modelo empírico compuesto por cuatro ecuaciones básicas:

➤ Ecuación de la capacidad Volumétrica

$$Q = a_1(DO)(P)^{0.5}(100 - PS)^{0.125}$$

Donde :

Q = Caudal Volumétrico de Pulpa alimentada al hidrociclón, $M^3/hr.$

DO = Diámetro de la Boquilla de rebalse (Vortex), Plg.

P = Presión de alimentación, psi.

Ps = porcentajes de sólidos en peso de la alimentación

a_1 = constante empírica características del mineral.

- Ecuación de capacidad de agua:

$$WOF = a_2 + 1.1 (WF) - 10 (DU)$$

Donde:

WOF = Caudal de agua al rebalse, m^3/hr .

WF = Caudal agua en la alimentación, m^3/hr .

DU = Diámetro de boquilla de descarga (ápex), plgs.

a_2 = Constante empírica características del mineral.

- Ecuación del tamaño de corte corregido:

$$d_{50}^c = (a_3(DO)^{0.365} P^{0.0935}) / ((DU)^{0.286} (WOF)^{0.0192}) \quad EC(15)$$

Donde:

d_{50}^c = Tamaño de corte corregido, micrones.

a_3 = Constante empírica característica del mineral

- Ecuación de la eficiencia de clasificación:

$$E_i = B_{pw} + (1 - B_{pw}) E_i^c; \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad EC(16)$$

Donde:

$$E_i^c = (e^{(\alpha_i)} - 1) / (e^{(\alpha_i)} + e^{(\alpha)} - 2) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad EC(17)$$

$$X_i = d_i / d_{50}^c \quad EC(18)$$

Donde: α = Constante empírica característica del mineral

$$\text{El corto circuito de agua: } B_{pw} = 1 - W_{OF}/W_F \quad \text{EC(18)}$$

Según Linch y Rao, cada una de las constantes empíricas a_1 , a_2 , a_3 , son obtenidas a partir de un único ensayo de clasificación con el mineral pertinente por inversión de las ecuaciones respectivas, mientras que el valor “ d ” se obtiene suponiendo que el gráfico “ Y_c versus d ” es aproximadamente lineal en las cercanías de $d = d_{50(\text{corr})}$, con lo cual se estima el valor de $d_{50(\text{corr})}$ mediante una simple interpolación lineal.

Conociendo $d_{50(\text{corr})}$, podemos calcular la pendiente de la recta ajustada para dichos puntos (Y'_c) y estimar “ α ” utilizando el método interactivo a partir del siguiente:

$$(dy_c/dx)_{x=1} = \alpha e\alpha^x / (4(e^\alpha - 1)) = Y'_c \quad \text{EC(19)}$$

Donde:

$$x = d/d_{50(\text{corr})}$$

Y'_c = Pendiente la curva “ Y_c versus x ”, para $x = 1$, o sea para $d = d_{50(\text{corr})}$. Este valor se determina en forma grafica.

Los valores de α y $d_{50(\text{corr})}$, así calculados pueden ser entonces utilizados como PRIMERA ESTIMACION de los valores más apropiados de dichos parámetros, posteriormente ser incluidos en un PROGRAMA DE REGRESIÓN NO-LINEAL, el cual, utilizando las conocidas técnicas de MINIMOS CUADRADOS, ajustará ambos parámetros en forma SIMULTANEA.

Conocidas estas cuatro constantes, las correlaciones básicas propuestas permiten conocer la respuesta de un hidrociclón frente a un alimentación de características definidas.

2.6.2.3.2 MODELO DE PLITT (5)

Este modelo también propone cuatro correlaciones pero con una mayor cantidad de variables.

Las ecuaciones son las siguientes:

- Ecuación de la Presión de Alimentación:

$$P = a_1 Q^{1.78} e^{(0.0055 PVS)} / ((DC)^{0.37} (DI)^{0.94} h^{0.38} (DU^2 + DO^2)^{0.87}) \quad EC(20)$$

Donde:

PVS = Porcentaje de sólidos en volumen de la alimentación del ciclón.

DC = Diámetro interior del ciclón, pulgadas.

DI = Diámetro interior de la boquilla de alimentación, pulgadas.

H = Altura libre del ciclón (distancia entre el extremo inferior del vortex y el Superior del apex), pulgadas

a_1 = Constante empírica características del mineral

Ecuación del tamaño corregido

$$d'_{50} = (a_2 (DC)^{0.46} (DI)^{0.60} (DO)^{1.21} e^{0.063 PVS}) / ((DU)^{0.71} h^{0.38} Q^{0.45} (p_s - 1)^{0.5}) \quad EC(21)$$

Donde:

p_s = densidad del sólido, g/cc.

a_2 = Constante empírica característica del mineral.

ECUACION DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACION

$$E_i = B_{pw} + (1 - B_{pw}) E^c_i ; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (22)$$

Donde:

$$E^c_i = 1 - e^{(-0.693 (d_i / d'_{50})^m)} \quad (23)$$

$$m = e^{(a_1 - 1.58 RV)x} (DC^2 h/Q)^{0.15} \quad (24)$$

$$B_{pw} = (RV - \phi RSC) / (1 - \phi RSC) \quad (25)$$

$$R_v = S/(S+1) \quad (26)$$

Siendo R_v la fracción volumétrica de la pulpa de la alimentación recuperada en la descarga.

$$R_{sc} = \sum_{i=1}^n f_i E_i^C \quad (27)$$

Siendo R_{sc} , la fracción de los sólidos a recuperar en la descarga en el caso teórico de que no existiese corto circuito.

a_4 = Constante empírica característica del mineral.

Este modelo requiere solo un ensayo de clasificación con el mineral pertinente para determinar las constantes a_1, a_2, a_3, a_4 .

CAPITULO III.

EVALUACIÓN DEL CIRCUITO DIRECTO DE MOLIENDA

3.1 INTRODUCCION

En una primera etapa el análisis de una instalación industrial de Molienda / Clasificación es producto de una intensa campaña de muestreos bajo condiciones estacionarias previamente especificadas. Esta campaña de muestreos permite obtener datos medidos y variables operacionales necesarias para formular un detallado balance de materiales y de esta manera obtener parámetros de relevancia constantes del modelo de clasificación de los hidrociclones. La información final permite realizar un diagnostico del rendimiento real del circuito estudiado y de esta manera poder optimizarlo.

Durante los muestreos se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

➤ **GEOMÉTRICAS:**

a) **MOLINO:** *Diámetro externo e interno, largo externo e interno, %Llenado, %Velocidad crítica, RPM del molino, densidad aparente de la carga, tipo de descarga, consumo de bolas, tipo de revestimiento, registro de consumo de energía durante el muestreo.*

b) **HIDROCICLON:** *Tipo, tamaño de apex, Vortex, Presión de alimentación.*

➤ **METALÚRGICAS:** *Densidad del mineral, % sólidos en cada uno de los flujos muestreados, malla de corte de referencia, capacidad de bombeo, dilución óptima.*

3.2 DESCRIPCION FÍSICA DEL CIRCUITO DIRECTO DE MOLIENDA.-

La línea N°6 de molienda consta de un molino de barras (10'8" x 16') y un molino de Bolas (14' x 41') que trabaja en circuito cerrado con una batería longitudinal de 05 ciclones D-15 (uno en Stand By).

El mineral proveniente de los Silos de magnética y alimenta al molino de Barras mediante 02 alimentadores electromagnéticos (feeders) y 02 chutes de transferencia (Mexicanos), la descarga es enviada a la Separación magnética Cobber L-6 mediante una bomba 10" x 8".

El mineral magnético es el alimento fresco al molino de bolas (032-206), la descarga es enviada al sumidero de la bomba 213-241(12" x 10") la cual bombea la pulpa hacia la batería de ciclones L-6, el U/F alimenta al molino de bolas realizando el circuito cerrado y el O/F es enviado a la Separación magnética de los Finisher de Línea N°6, finalmente el concentrado magnético es enviado a la flotación.

3.3 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y METALÚRGICAS DEL CIRCUITO

DIRECTO:

a) MOLINO:

- *Diámetro interior* = 14'
- *Longitud interior* = 41'
- *Velocidad Crítica* = 20.53 Rmp.
- *RPM Molino* = 15
- *Tipo de descarga* = Rebalse
- *% Sólidos* = 71
- *Consumo de Bolas* = 1.15 lbs/tls (1.32 Acumulado a la Fecha)

- *Revestimiento* = *El shell usa forros planos y de onda simple, ambos son de jebe natural de dureza 68 shore tipo "A" reforzado con acero estructural A-36.*
- *Hp Motor* = 4000
- *Amp Nominal* = 442

b) *HIDROCICLON:*

- *Modelo* : *Ingeniería de Ciclones D-15.*
- *Tipo* : *Clasificador.*
- *Apex* : *2 ½"*
- *Vortex* : *5 ¼"*
- *Presión de Alimentación* : *10 – 12 Psi.*

Las características metalúrgicas, densidad del mineral , G.e y %Sólidos, se muestran en cada uno de los punto muestreados y en los gráficos de balance de masa.

c) *BOMBA:*

- *Dimensión* : *12" x 10"*
- *Marca* : *Denver.*
- *Hp Motor* : *120*
- *Rmp Teórico Motor* : *1180*
- *Rmp Práctico Motor* : *1199*
- *Rmp Práctico Bomba* : *553*
- *Diámetro de poleas*
- Ø Motor* : *11 5/8"*

\emptyset Bomba	: 24 1/4"
➤ Amp Nominal	: 145
➤ Amp Práctico	: 115

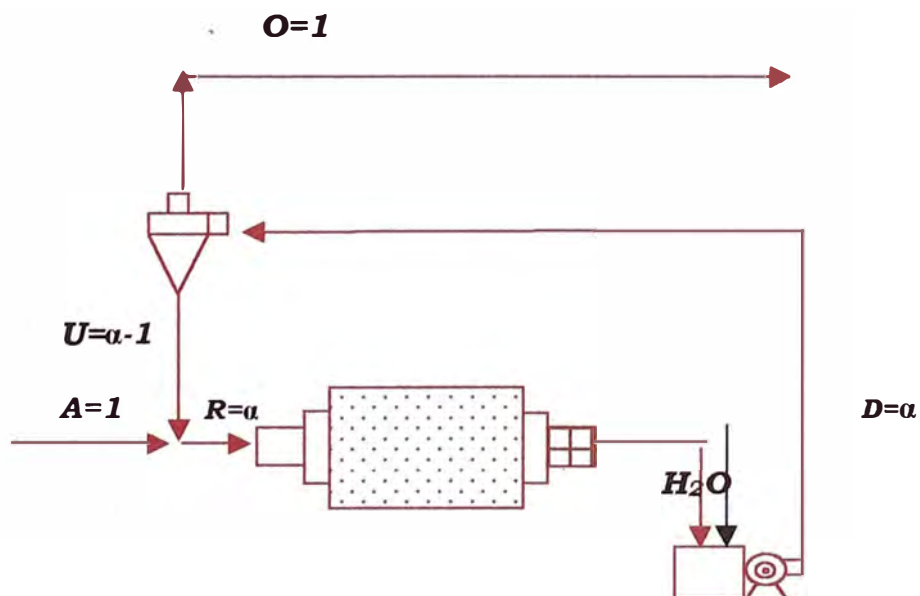
3.4 DEFINICION DE RESTRICCIONES DEL CIRCUITO.-

Se determinan las siguientes restricciones:

- Sobrecarga de los molinos.
- Obstrucción de los ciclones.
- Rebalse de la bomba.
- Vaciado del sumidero de la bomba.
- Para el circuito evaluado se considera la alimentación de agua en el sumidero de la bomba para alcanzar la dilución deseada en el producto final de rebalse.

3.5 PROCEDIMIENTO DE AJUSTE DE DATOS.-

3.5.1 AJUSTE DE DATOS POR EL MÉTODO DE LAGRANGE.-



NODO 1	NODO 2
$A+U = R$	$D= O+U$
$Aa+Uu = Rr$	$Dd= Oo+Uu$
$a+(\alpha-1)u= \alpha r$	$\alpha d=o+ (\alpha-1)u$
$a+\alpha u-u= \alpha r$	$\alpha d=o+ \alpha u-u$
	$o+\alpha u-u= \alpha d$
$\Delta (1) = (a-u)+ \alpha (u-r)=o$	$\Delta (1) = (o-u)+ \alpha (u-d)=o$

$$S = [\Delta_{(1)} \bar{f}] + [\Delta_{(2)} \bar{f}]$$

$$S = [(a-u) + \alpha(u-r) \bar{f}] + [(o-u) + \alpha(u-d) \bar{f}]$$

$$S = (a-u)^2 + 2\alpha(a-u)(u-r) + \alpha^2(u-r)^2 + (o-u)^2 + 2\alpha(o-u)(u-d) + \alpha^2(u-d)^2$$

$$\partial S / \partial \alpha = 2\alpha(a-u)(u-r) + 2\alpha(u-r)^2 + 2(o-u)(u-d) + 2\alpha(u-d)^2 = 0$$

Simplificando y despejando α :

$$\alpha = \frac{-\sum_1 (a-u)(u-r) - \sum_1 (o-u)(u-d)}{\sum_1 [(u-r)^2 + (u-d)^2]}$$

DETERMINACIÓN DE MULTIPLICADORES DE LAGRANGE

Por mínimos Cuadrados, para los cinco flujos:

$$S = \Delta a^2 + \Delta r^2 + \Delta d^2 + \Delta o^2 + \Delta u^2$$

La función a optimizar por el método de Lagrange será:

$$L = S_i - 2\lambda_1(a-u + \alpha u - \alpha r) - 2\lambda_2(o-u + \alpha u - \alpha d)$$

Derivando Parcialmente e igualando o (cero)

$$\partial L / \partial a = 2\Delta a - 2\lambda_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta a = \lambda_1$$

$$\partial L / \partial r = 2\Delta r + 2\lambda_1 \alpha = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta a = -\lambda_1 \alpha$$

$$\partial L / \partial d = 2\Delta d + 2\lambda_2 \alpha = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta a = -\lambda_2 \alpha$$

$$\partial L / \partial o = 2\Delta o - 2\lambda_2 \alpha = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta a = \lambda_2$$

$$\partial L / \partial \alpha = 2\Delta u + 2\lambda_1 - 2\lambda_1 \alpha + 2\lambda_2 - 2\lambda_2 \alpha = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta a = (\alpha-1)(\lambda_1 + \lambda_2)$$

Para cada malla se formarán dos ecuaciones simultaneas (2 nodos), las cuales servirán para determinar los valores de λ_1 y λ_2 .

$$(\alpha-u) + \alpha(u-r) = E_1$$

$$(o-u) + \alpha(u-d) = E_2$$

$$\text{De donde: } \lambda_1 = (E_1 \times a - E_2 \times b) / (a^2 - b^2)$$

$$\lambda_2 = (E_1 \times a - E_1 \times b) / (a^2 - b^2)$$

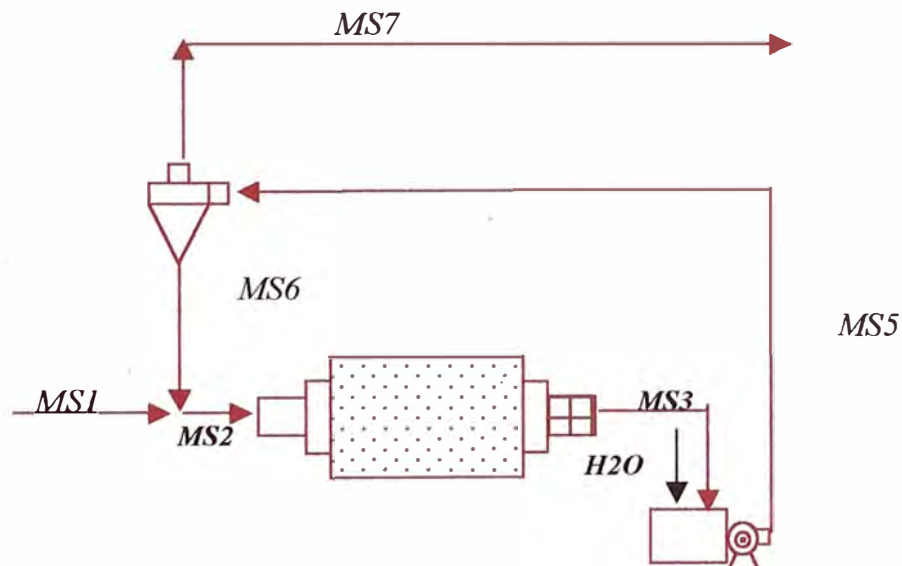
$$\text{De donde: } a = ((\alpha^2 + 1) + (\alpha^2 - 1))$$

$$b = (\alpha - 1)^2$$

Cálculo de la Alimentación Compuesta $R_r = Aa + Uu$, de Donde:

$$r = (Aa + Uu) / R = (a + (\alpha - 1)u) / \alpha$$

3.5.2 AJUSTE DE DATOS POR EL MÉTODO PONDERACION



PLANTEAMIENTO SEGÚN CONDICIONES:

$$MS_1 + MS_6 = MS_2$$

$$MS_2 = MS_3 = MS_5; \quad MS_5 = MS_6 + MS_7$$

$$MS_7 = MS_1 \text{ (Como todo el circuito)}$$

$$\text{Tenemos: } \frac{MS_6}{MS_7} = \frac{(F_{i3} - F_{i7})}{(F_{i6} - F_{i3})} = CC \quad (28)$$

$$\text{Se hace: } MS_2 = MS_3 = MS_5 = 1$$

$$\text{En el nodo del Ciclón: } MS_5 + MS_7 = 1; \text{ reemplazando en la ecuación } (28)$$

$$MS_6 = \frac{(F_{i3} - F_{i7})}{(F_{i6} - F_{i3})}$$

$$\text{De donde: } (F_{i3} - F_{i37}) - MS_6 \times (F_{i6} - F_{i3}) = r_i$$

$$S = \sum_1^n (r_i)^2 \text{ (Mínimos Cuadrados)}$$

$$MS_6 = \frac{\sum_1^n (F_{i3} - F_{i7}) \times (F_{i6} - F_{i3})}{\sum_1^n (F_{i3} - F_{i7})^2}$$

Primera función objetivo:

$$S_a = \sum_1^n W_{iw} (F_{ik} - f_{ik})^2 \quad i = 3, 6, 7 \quad \text{Ec}(29)$$

F_{ik} : Passing Real

f_{ik} : Passing calculado

$$\text{De la ecuación (28): } MS_6 = CC \times MS_7, \quad MS_3 = MS_6 + MS_7$$

$$f_{i3} \times (CC + 1) = f_{i6} \times CC + f_{i7} \text{ (Sabemos } MS_7 = 1) \quad \text{Ec}(30)$$

Tenemos la Segunda función objetivo:

$$(CC + 1) \times f_{i3} - f_{i6} \times CC - f_{i7} = 0$$

$$L = S_a + 2\lambda (CC + 1) \times f_{i3} - f_{i6} \times CC - f_{i7} \quad \text{Ec}(\alpha)$$

Reemplazando la ecuación (29) en (α) tenemos:

$$L = W_{nv} (F_{ik} - f_{ik})^2 + 2\lambda (CC + 1) x f_{i3} - f_{i6} x CC - f_{i7} \quad Ec(\beta)$$

Derivando la Ecuación (β) respecto a cada componente:

$\delta L / \delta f_{i3}$: Tenemos

$$f_{i3} = F_{i3} - \frac{\lambda_i (CC + 1)}{W_{i3}} \quad Ec(a)$$

$\delta L / \delta f_{i7}$: Tenemos

$$f_{i7} = F_{i7} + \frac{\lambda_i}{W_{i7}} \quad Ec(b)$$

$\delta L / \delta f_{i6}$: Tenemos

$$f_{i6} = F_{i6} + \frac{\lambda_i CC}{W_{i6}} \quad Ec(c)$$

Sabemos: $f_{i3} x (CC + 1) = f_{i6} x CC + f_{i7}$

Reemplazando (a), (b), (c) en esta ecuación tenemos:

$$(CC + 1) \frac{(F_{i3} - \lambda_i (CC + 1))}{W_{i3}} = F_{i7} + \frac{\lambda_i}{W_{i7}} + CC \frac{(F_{i6} + \lambda_i CC)}{W_{i6}}$$

Despejando tenemos:

$$\lambda_i = \frac{(CC + 1) F_{i3} - F_{i7} - F_{i6} x CC}{(CC + 1)^2 + 1 + CC^2} \frac{W_{i3} W_{i7} W_{i6}}$$

3.6. RESULTADOS.-

3.6.1 TOMA DE DECISIÓN RESPECTO A LOS MUESTREOS:

Los parámetros utilizados para la comprobación del modelo fueron calculados mediante 15 muestreos, las muestras se tomaron a intervalos constantes y con un periodo de duración de 8 horas para cada uno de los días de muestreo. Donde el circuito de Línea N°6 estuvo operando en condición de equilibrio.

Se realizó un análisis estadístico en base a la carga circulante del cual se pudo concluir el descarte de los muestreos 4, 5, 6, 7, 9, 12 y 15 debido a que la C.C de los muestreos mencionados no estuvieron dentro del intervalo de confianza determinado ,tal como se señala a continuación en las tablas III.1 y III.2 respectivamente:

a) El análisis se realiza respecto a la C.C calculado por el Método de Lagrange:

$$P[T] = 0.975$$

$$N = 13$$

$$r = 12 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$X(\text{Promedio}) = 0.9064$$

$$S = 0.172$$

Se determina $t_{\alpha} = 2.179$, y se calcula el intervalo de confianza:

$$\mathbf{-1.2726 < t_{\alpha} < 3.0854}$$

La toma de decisión se muestra en la siguiente tabla III.1:

Datos de C.C de Lagrange

<i>Muestreo</i>	<i>C.C</i>	<i>t</i>	<i>Observación</i>
1	0.906	0.0078	Si
2	0.801	2.2159	Si
3	0.736	3.5649	Si
4	0.326	12.1736	No
5	0.611	6.1953	No
6	1.226	-6.7066	No
7	0.423	10.1371	No
8	0.873	0.7029	Si
9	1.071	-3.4443	No
10	0.979	-1.5164	Si
11	0.937	-0.6470	Si
12	1.007	-2.1177	No
13	0.780	2.6477	Si
14	0.712	4.0790	Si
15	1.144	-4.9812	No

<i>X(Prome)</i>	0.9064
<i>DESVEST</i>	0.172
<i>N</i>	13
<i>Grado Libertad</i>	12

TABLA III.1

b) El análisis se realiza respecto a la C.C calculado por el Método de Ponderación:

$$P[T] = 0.975$$

$$N = 13$$

$$r = 12 \text{ (Grados de libertad)}$$

$$X(\text{Promedio}) = 0.9265$$

$$S = 0.186$$

Se determina $t_{\alpha} = 2.179$, y se calcula el intervalo de confianza:

$$-1.2525 < t_{\alpha} < 3.1055$$

La toma de decisión se muestra en la siguiente tabla III.2:

Datos de C.C Con Ponderación			
Muestreo	C.C	t	Observación
1	0.919	0.1418	Si
2	0.814	2.1745	Si
3	0.751	3.3952	Si
4	0.340	11.3596	No
5	0.652	5.3110	No
6	1.301	-7.2474	No
7	1.135	-4.0348	No
8	0.865	1.1974	Si
9	1.156	-4.4392	No
10	0.930	-0.0585	Si
11	0.918	0.1632	Si
12	1.020	-1.8098	No
13	0.784	2.7632	Si
14	0.741	3.6001	Si
15	1.195	-5.1914	No

X(Prome)	0.9265
DESVEST	0.186
N	13
Grado Libertad	12

TABLA III.2

3.6.2 Determinación del b_{pf} y de la Función Selección específica S_i^E :

El molino de bolas se representa mediante un modelo que considera el molino como un reactor perfectamente mezclado el cual corresponde suponer que la distribución granulométrica interna es idéntica a la del producto que sale. Este se encuentra caracterizado por los parámetros "B" de ruptura y "S" selección.

El parámetro " B " se define mediante la ecuación del modelo simplificado.

$$B_{ij} = S_i^E / S_j^E \quad i = 1, 2, 3 \dots \dots \dots n$$

$$j \leq i$$

El parámetro " S " se determina por el algoritmo de Wegstein (7), conocido también como método de la secante (8).

Para el determinar la Función Selección Específica se usa la siguiente formula y los resultados promedios de todos los muestreo se muestran en el gráfico N° III.1:

$$S_i^E = \frac{N (1 - F_i^{inp})^{1/N} - 1}{E (1 - F_i^{out})} \quad i = 1, 2, 3 \dots n$$

Donde:

F_i^{inp} = Passing en la Alimentación

F_i^{out} = Passing en la descarga

N = (L/D) L = Longitud del Molino
D = Diámetro del Molino

Para el cálculo de la fracción de finos provenientes de la alimentación a los ciclones desviados a la descarga Underflow se utiliza la siguiente formula:

$$b_{pf} = \frac{CC F_{i6}}{CC F_{i6} + F_{i7}}$$

En la tablas :N° III.3 y N° III.4 se muestra el calculo de b_{pf} y Función específica S_i^E , ambos calculados para las distribuciones granulométricas de cada malla.

La linealidad de la relación $\text{Log } S_i^E$ Versus $\text{Log } X_i$ ilustrada en los gráficos III.2 A y III.2 B donde se observa que el $\text{Log } S_i^E$ varia en forma lineal respecto $\text{Log } X_i$.

Como resultado de aplicar una Regresión lineal se obtiene un $R^2 = 0.9993$ valor que muy cercano a uno, por lo tanto es una condición suficiente para demostrar la aplicabilidad del Modelo Simplificado de Molienda para nuestro mineral en particular (6).

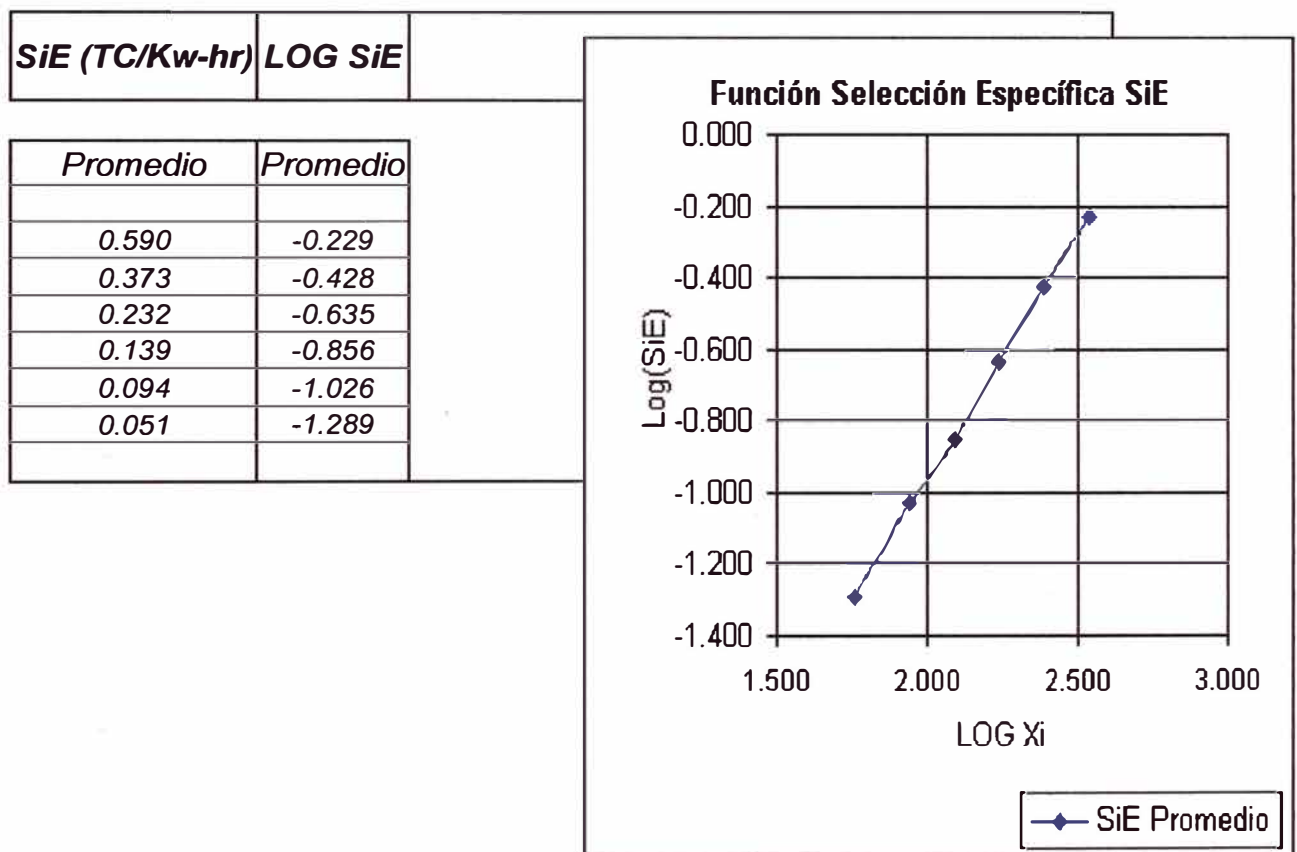


GRAFICO N° III.1

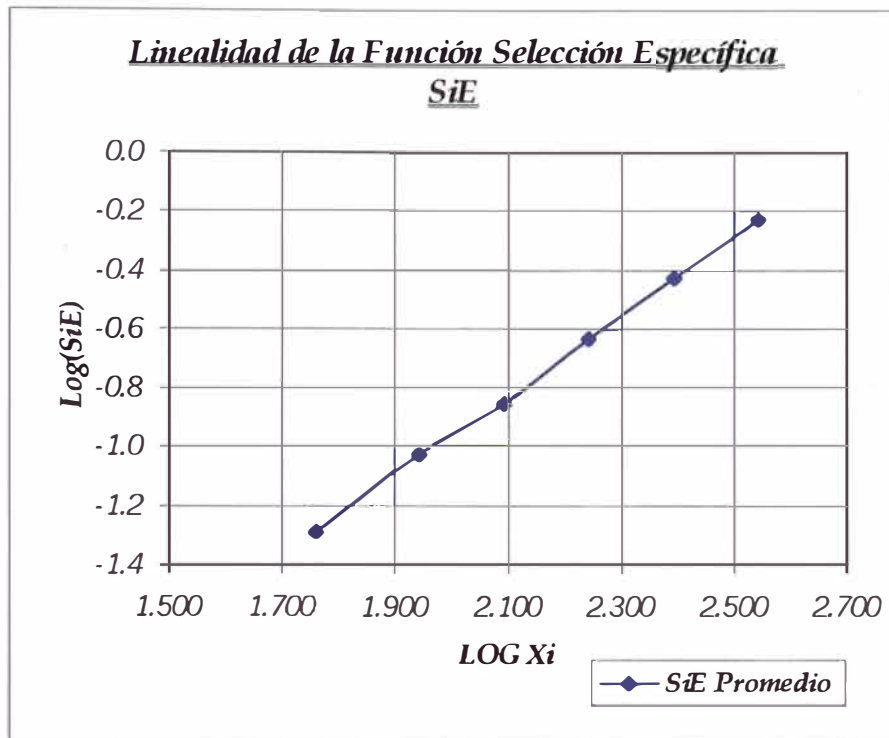


Grafico III.2 A: Linealidad de la Función Selección Específica

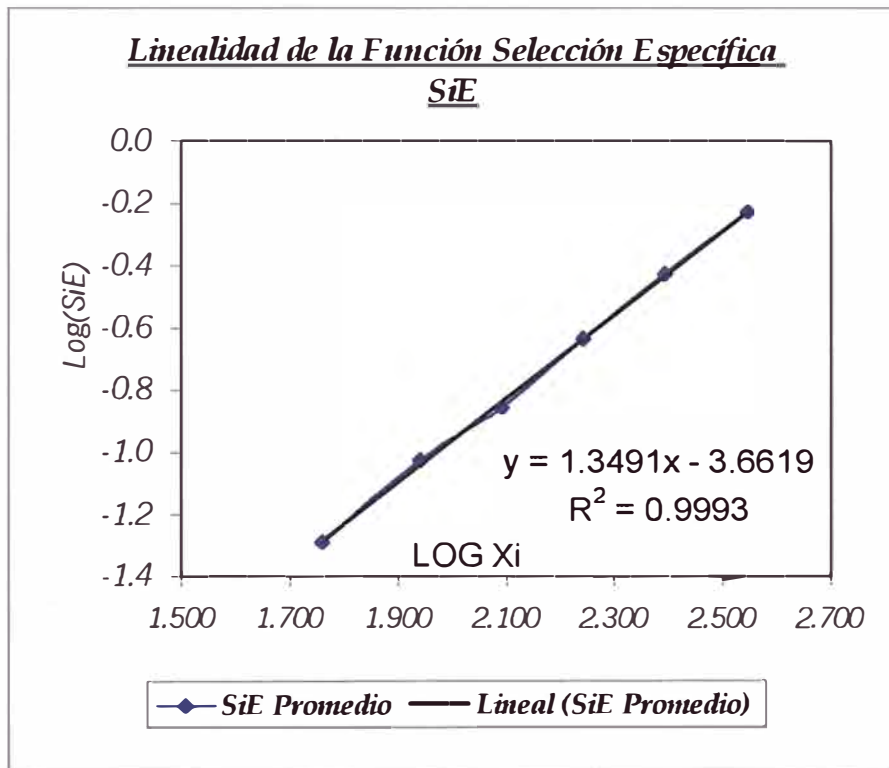


Gráfico III.2 B: Regresión lineal de $\text{Log}(S_i^E)$ Vs $\text{Log } X_i$

3.6.3 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN:

En la etapa de clasificación se realizó un balance de masa para cada uno de los muestreos, tal como se ilustra en el Anexo 5.5.

El modelo adoptado para la representación de las variables y determinación de los parámetros de clasificación, es el modelo de Lynch y Rao (9), que para dimensiones de hidrociclones fijas, consiste en las siguientes ecuaciones algebraicas:

➤ **CAPACIDAD VOLUMÉTRICA:**

$$Q = a_1 p^{0.5} (100 - p_s)^{0.125}$$

Donde:

Q = Caudal volumétrico de pulpa de alimentación al ciclón, m^3/hr .

D_o = Diámetro del vortex en pulg.

P = Presión de alimentación (PSI).

P_s = Porcentaje de sólidos en la alimentación.

Para el cálculo del parámetro a_1 se determina para cada muestreo y se toma el valor promedio tal como se muestra en la tabla III.5:

	MS5	Q	Do	Ps	P	a₁
MUESTREO C1	495	318.76	5.125	52.2	10.5	11.838
MUESTREO C2	472	304.63	5.125	52.2	10.5	11.313
MUESTREO C3	447	293.10	5.125	51.0	10.5	10.851
MUESTREO C8	416	257.89	5.125	55.4	10.5	9.660
MUESTREO C10	488	310.25	5.125	53.3	10.5	11.555
MUESTREO C11	467	285.97	5.125	55.6	10.5	10.718
MUESTREO C13	396	246.18	5.125	54.5	10.5	9.198
MUESTREO C14	443	278.44	5.125	54.3	10.5	10.398
					a₁	10.691

Tabla N° III.5

La formula de capacidad volumétrica que expresada en función de los parámetros d_o , P , P_s :

$$Q = 10.691 d_o p^{0.5} (100 - p_s)^{0.125}$$

➤ ECUACIÓN DE PARTICIÓN DE AGUA:

$$W_{OF} = a_2 + 1.1 W_f - 10 D_u$$

Donde:

W_{OF} : Caudal del agua en el rebose, m^3/hr .

W_f : Caudal del agua en la alimentación, m^3/hr .

D_u : Diámetro del apex en pulgadas.

Para el calculo del parámetro a_2 se determina para cada muestreo y se toma el valor promedio tal como se muestra en la tabla III.6:

	WF	B_{pw}	W_{of}	D_u	A_2
MUESTREO C1	261	0.213	205	2.5	60.126
MUESTREO C2	249	0.182	204	2.5	49.964
MUESTREO C3	242	0.181	198	2.5	49.111
MUESTREO C8	205	0.191	166	2.5	47.484
MUESTREO C10	252	0.185	206	2.5	51.068
MUESTREO C11	229	0.200	183	2.5	52.482
MUESTREO C13	199	0.176	164	2.5	43.690
MUESTREO C14	223	0.168	186	2.5	43.938
				a_2	49.733

Tabla N° III.6

La ecuación de partición de agua queda expresada en función de los parámetros W_f , D_u :

$$W_{OF} = 49.33 + 1.1 W_f - 10 D_u$$

➤ **ECUACIÓN DEL TAMAÑO CORREGIDO:**

$$\ln(D_{50c}) = C_o + 0.3846(D_o) - 0.2857(D_u) + 0.0935(P) - 0.0192(W_{OF})$$

Donde:

D_{50}^c : Tamaño de corte corregido , micrones.

D_o : Diámetro del vortex.

D_u : Diámetro del apex.

P : Presión PSI

W_{OF} : Agua en el rebose (m^3/hr).

Para el calculo del parámetro C_o se determina para cada muestreo y se toma el valor promedio tal como se muestra en la tabla III.7:

	D_u	D_o	P	W_{of}	$D50c$	C_o
MUESTREO C1	2.5	5.125	10.5	205	56.00	7.702
MUESTREO C2	2.5	5.125	10.5	204	80.00	8.024
MUESTREO C3	2.5	5.125	10.5	198	76.00	7.873
MUESTREO C8	2.5	5.125	10.5	166	60.00	7.005
MUESTREO C10	2.5	5.125	10.5	206	60.00	7.775
MUESTREO C11	2.5	5.125	10.5	183	65.00	7.416
MUESTREO C13	2.5	5.125	10.5	164	62.00	7.014
MUESTREO C14	2.5	5.125	10.5	186	60.00	7.392
					C_o	7.525

Tabla N° III.7

La ecuación del tamaño de corte corregido queda expresada en función de los parámetros D_o , W_{of} y P :

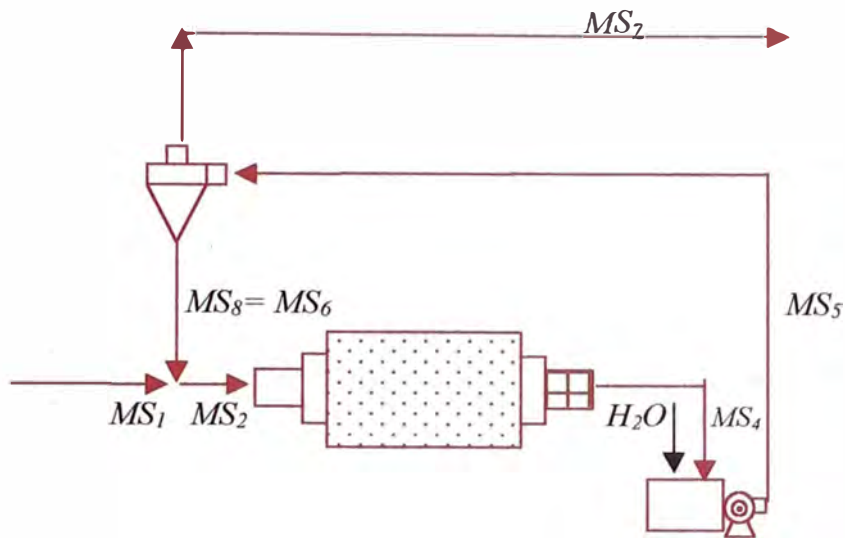
$$\ln(D_{50c}) = 7.525 + 0.3846(D_o) - 0.2857(D_u) + 0.0935(P) - 0.0192(W_{OF})$$

Donde los valores de: MS5, WF y Wof están vinculados a las hojas de calculo de los Balances de masa, ilustrado para cada muestreo en el Anexo 5.5.

El modelo global desarrollado es del tipo dinámico ya que se asume valores iniciales para diferentes corrientes y se va interaccionando de acuerdo al método numérico del algoritmo de Wegstein (método de la secante) hasta obtener valores estables en cuyos puntos esta en régimen estacionario. Posteriormente al cálculo de los parámetros de todos los modelos que representan a cada uno de los equipos, se efectúa la simulación con el objetivo de ver si las predicciones del modelo son cercanas a los valores medidos experimentalmente; para esto se desarrolla hojas de cálculo en el Programa Excell 98, donde se vincula el balance de masa con la carga circulante, b_{pf} y las constantes de clasificación.

3.6.4 SIMULACION DEL CIRCUITO DIRECTO DE MOLIENDA:

La simulación presentada esta basada en la asunción de que el flujo F_{i6} sea igual al flujo F_{i8} , cada nodo se trata de poner en función del flujo F_{i6} y asumiendo previamente un valor para F_{i8} . Se empieza con las interacciones y el recalcu de los valores de F_{i2} , F_{i3} , F_{i7} y F_{i6} . Las interacciones se detienen cuando los valores de F_{i6} y F_{i8} son iguales para cada malla, tal como se ilustran en las tablas de Simulación para cada muestreo en el Anexo 5.4.



Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

$MS_7 = MS_1$ (Como todo el circuito)

$$MS_6 = MS_8$$

$$MS_6 = CC MS_7$$

Balace de entrada al Molino:

$$MS_1 + MS_8 = MS_2$$

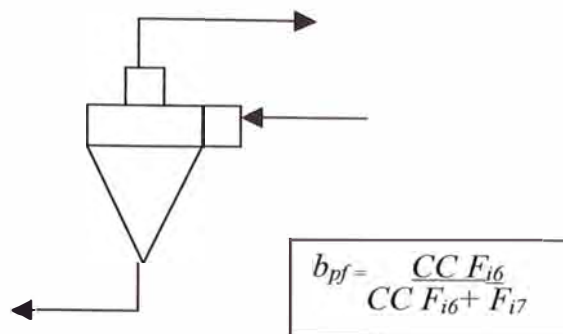
$$MS_1 F_{i1} + MS_8 F_{i8} = MS_2 F_{i2}$$

$$(MS_1 + MS_8) F_{i2} = MS_1 F_{i1} + (CC MS_7) F_{i8}$$

$$\frac{F_{i2} = F_{i1} + CC F_{i8}}{(1 + CC)}$$

Nota: Se asume F_{i8} hasta que este valor sea igual a F_{i6}

Recordando que el by-pass o "Corto circuito" es la fracción de finos provenientes de la alimentación a los ciclones desviados a la descarga U/F.



Del nodo anterior tenemos:

$$MS_5 = MS_6 + MS_7$$

En función de MS_6

$$MS_6 F_{i6} = b_{pf} MS_5 F_{i5}$$

$$F_{i6} = \frac{b_{pf} F_{i5} (CC + 1)}{CC}$$

En función de MS_7 :

$$MS_7 F_{i7} = (1 - b_{pf}) MS_5 F_{i5}$$

$$F_{i7} = (1 - b_{pf}) (CC + 1) F_{i5}$$

Formulas Adicionales a usar:

$$S_i^E = \frac{N \{ (1 - F_{i2}) \}^{1/N} - 1}{E (1 - F_{i3})} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$F_{i3} = \left\{ 1 - \frac{(1 - F_{i2})}{(S_i^E (E/N) + 1)^N} \right\}$$

3.7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS :

Para el molino de bolas la Función Selección Específica puede considerarse como una recta para todo el rango de tamaño de mallas en cada uno de los muestreos, tal como se ilustra en el Grafico N° III.2A " La dependencia Lineal de la Función Selección Específica Vs tamaño de partícula" . En los gráficos no se observa ningún punto de inflexión en la curva para tamaños pequeños, ni para tamaños grandes de partícula.

El Gráfico III.2B calculado a partir de la tabla III.9 , muestra la linealidad de la relación $\text{Log } S_i^E$ Versus $\text{Log } X_i$ para cada uno de los muestreos , que mediante una regresión se determina los parámetros α_0 , α_1 ; que dependen del mineral evaluado.

$$\alpha_1 = 1.349 \text{ (Pendiente de la recta)}$$

$$\alpha_0 = 2.178 \times 10^{-4}$$

$$S_i^E = 2.178 \times 10^{-4} X_i^{1.349}$$

Del los gráfico III.3 y III.4, se puede observar que las Función Específica dentro de rangos normales de las distintas variables de operación como: altura de llenado de bolas, velocidad de giro del molino y diseño de forros del molino, es constante y es determinada solamente por las características intrínsecas del mineral.

Austin nos presenta un método gráfico para determinar los parámetros de la función Selección Específica según la siguiente formula:

$$k(d_p) = \frac{k_0 d_p^\alpha}{1 + (d_p/\mu)^\alpha}$$

Donde:

$$S_i^E = k(d_p), d_p = d_i, \mu = d_{\text{crítico}}$$

A continuación se presenta el procedimiento gráfico de calculo de los parámetros:

i) Extienda la porción de la línea recta inicial de la curva obteniendo la línea recta punteada a partir de la siguiente ecuación: $K = k_0 d_p^\alpha$

ii) k_0 se calcula con la intersección de la línea recta con la ordenada $d_p = 1$ mm, α es igual a la pendiente de línea. K_0 se representa a menudo por el símbolo S_1 que se llama la Función de la Selección a 1 mm.

iii) Evalúe las proporciones c/d de la forma $k_0 d_p^\lambda / k(d_p)$ como un número de tamaño de partícula mostrado: graficando $k_0 d_p^\lambda / k(d_p) - 1$ Vs el tamaño de la partícula tal como se muestra en el gráfico la línea C en la Figura (III.5). La pendiente de la línea resultante es igual a Λ de acuerdo con la ecuación :

$$\frac{k_0 d_p^\lambda}{k(d_p)} - 1 = (d_p \Lambda)^\lambda$$

iii) El parámetro μ se puede calcular de dos maneras:

➤ Construya la línea B, paralela a la línea A y atravesando un punto f que tiene las ordenadas igualan a $0.5e$. Esta línea intercepta los datos de la curva en un punto cuya abscisa es μ tal como se ilustra en el gráfico.

➤ Alternativamente el tamaño a que el $k(d_p)$ es un máximo se da por

$$\frac{dk_0(d_p)}{dd_p} = 0$$

qué implica:

$$d_{p\max} = \left(\frac{\Lambda}{\alpha} - 1 \right)^{-\frac{1}{\lambda}}$$

Cabe recalcar que la aplicación del método gráfico para la determinación de los parámetros de la Función Específica del doctor Austin en la publicación de “**Técnicas de Molienda presentado Dr R.P King**” , no es aplicable para nuestro mineral en particular debido a que la Función Específica no presenta un punto de inflexión , tal como se observan en el gráfico III.3.

En el gráfico III.6 obtenido del una publicación de “**Efecto del tamaño de bolas en el Balance poblacional – Departamento de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad de UTA por J.A. Herbst**”. Nos ilustra la Función Selección Específica Vs

Tamaño de partícula para un mineral de Magnetita , determinada con diferentes tamaños de bolas. Del gráfico se puede observar que no existe ningún punto de inflexión en las 3 curvas presentadas y la gran semejanza con los gráficos obtenidos en el presente trabajo . Por lo tanto se puede verificar la veracidad de los cálculos presentados.

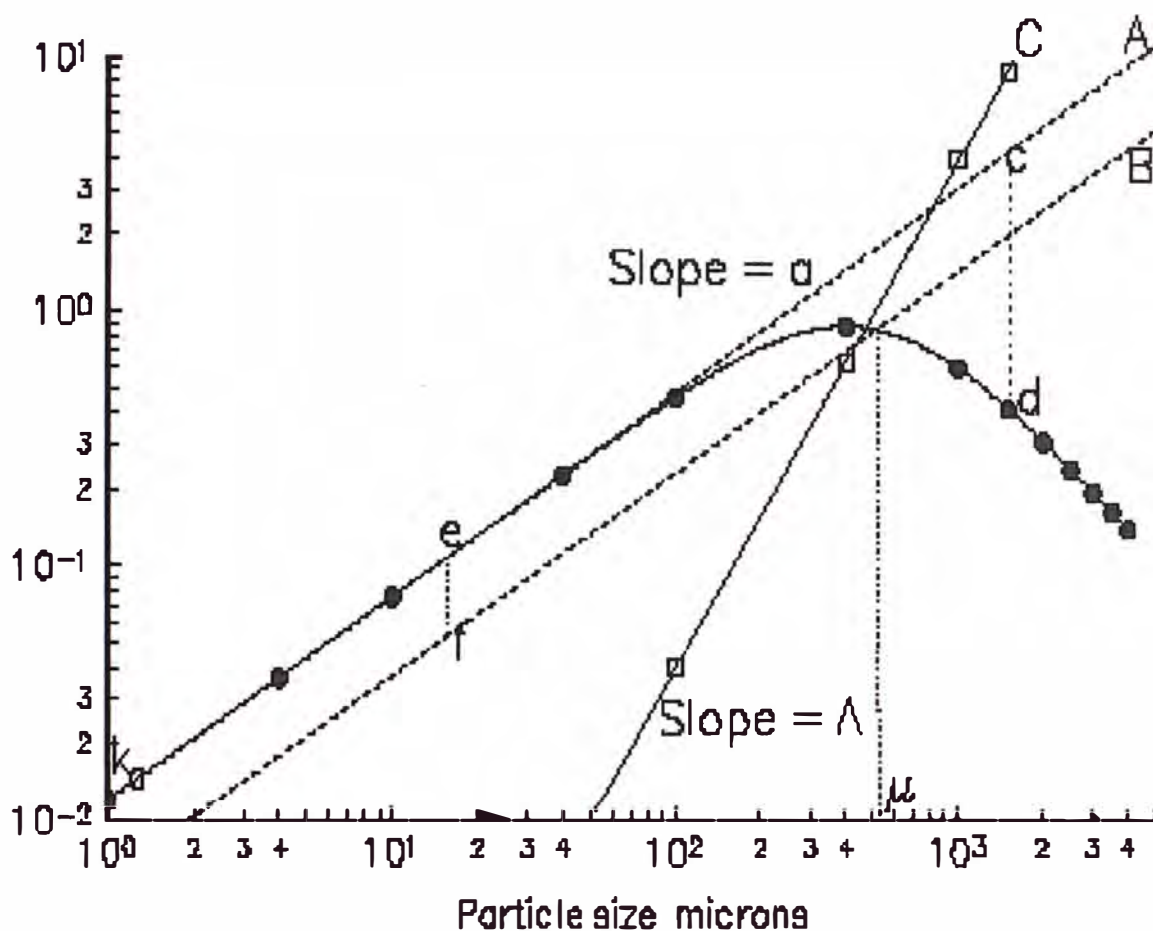


Grafico III.5

En la clasificación se presenta un balance de masa, balance de sólidos, balance de pulpa y cálculo del by pass de agua (fracción de agua que va a la descarga) para cada muestreo tal como se ilustra en el Tabla III .10A:

Respecto a los Modelos presentados para el hidrociclón son del tipo estático , debido a que el tiempo de residencia de la pulpa en el hidrociclón es insignificante respecto al tiempo de residencia del molino de bolas, para el caso de un Circuito de Molienda Directo.

La fracción de agua alimentado al Hidrociclón que se va al Underflow es 39 Tlh valor relativamente bajo comparado con las 211 Tlh de agua en la alimentación y las 172 Tlh en el Overflow, con esto valores se calcula el Bpw aplicando la siguiente formula: $Bpw = (1 - WOF/WF)$ donde: Wof : Agua en el Overflow; WF : Agua en la alimentación , remplazando los valores mencionados tenemos un Bpw de 18.7 %.

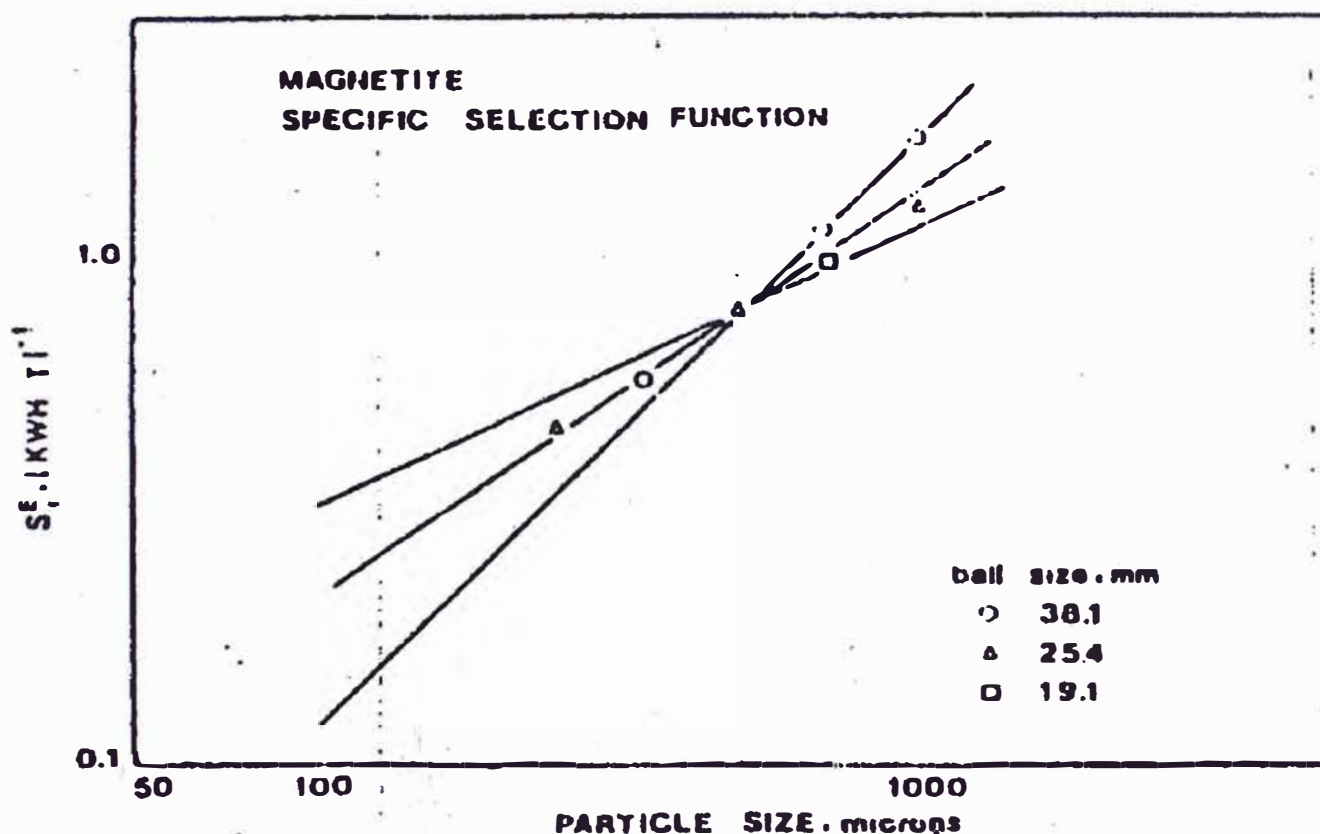


Grafico III.6

GRÁFICO III.3: DEPENDENCIA DE LA FUNCIÓN SELECCIÓN ESPECÍFICA VS TAMAÑO DE PARTÍCULA

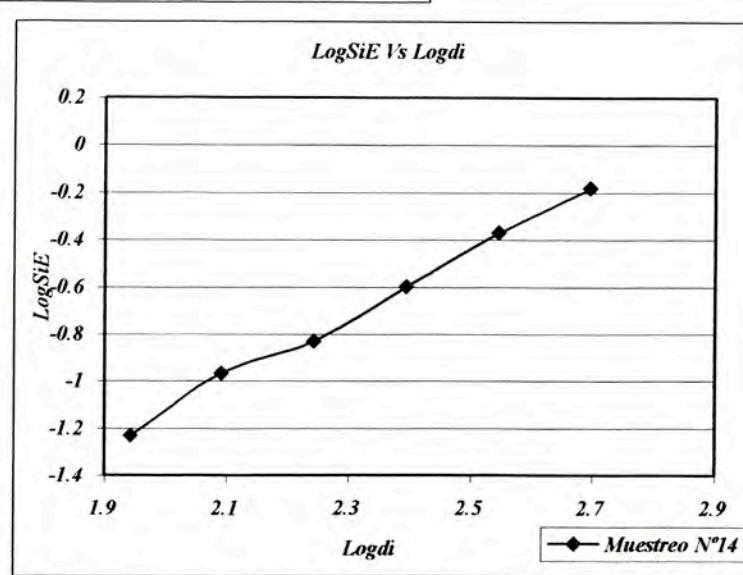
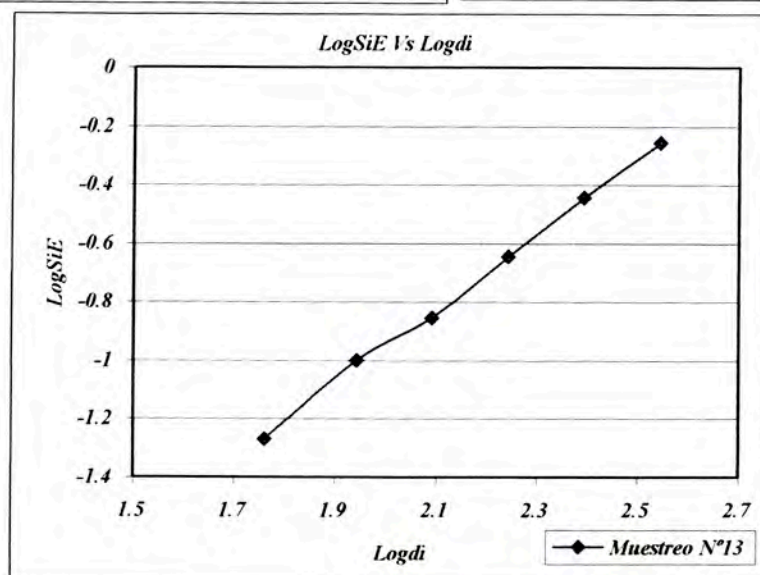
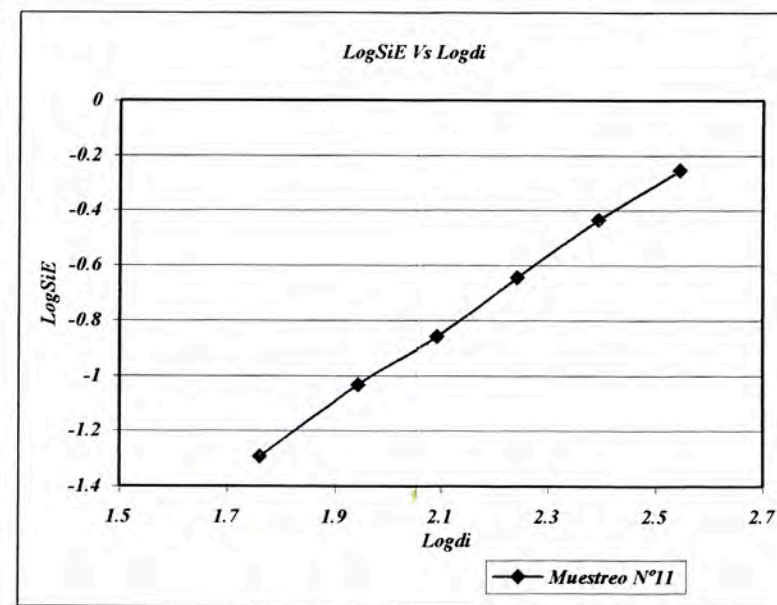
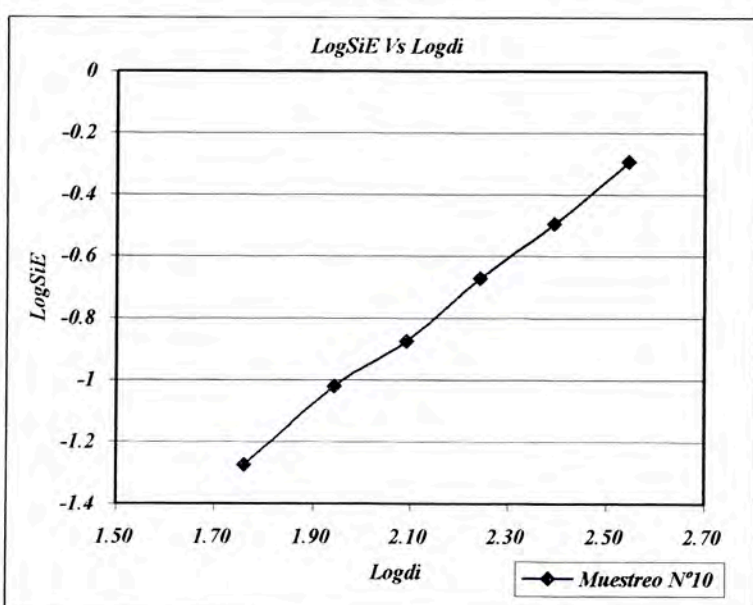
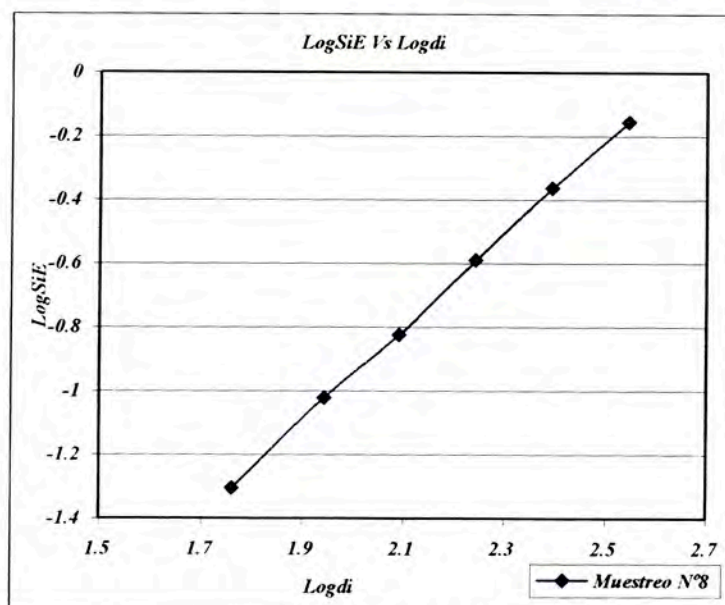
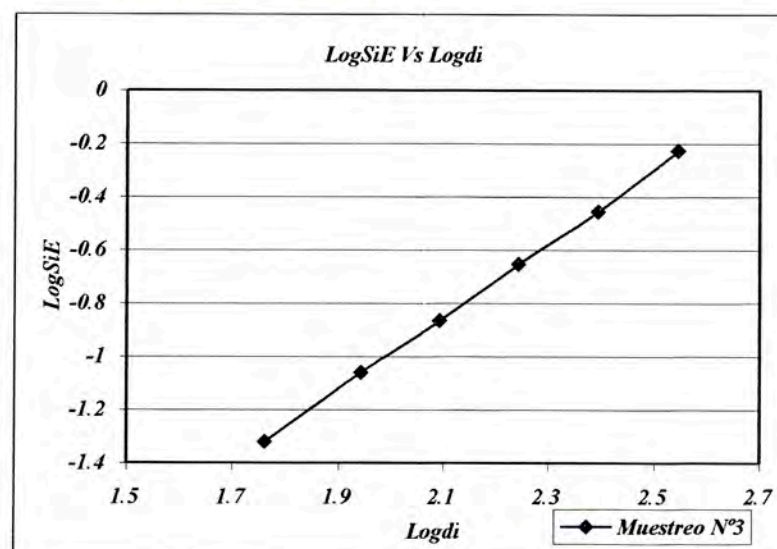
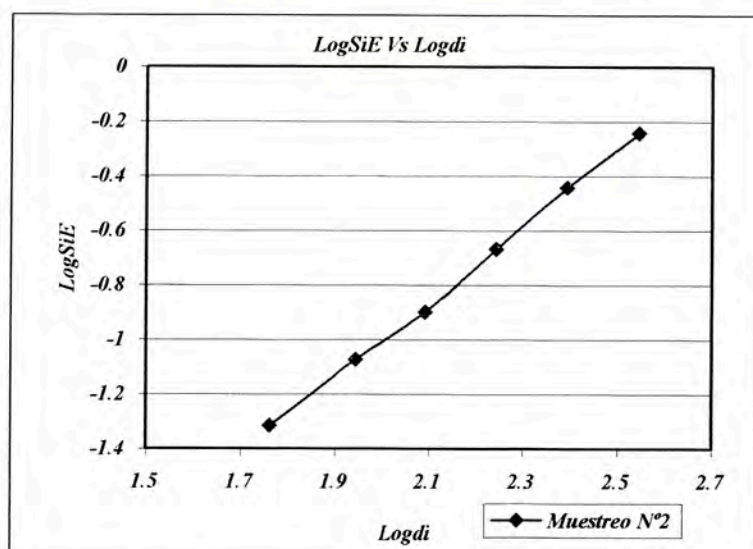
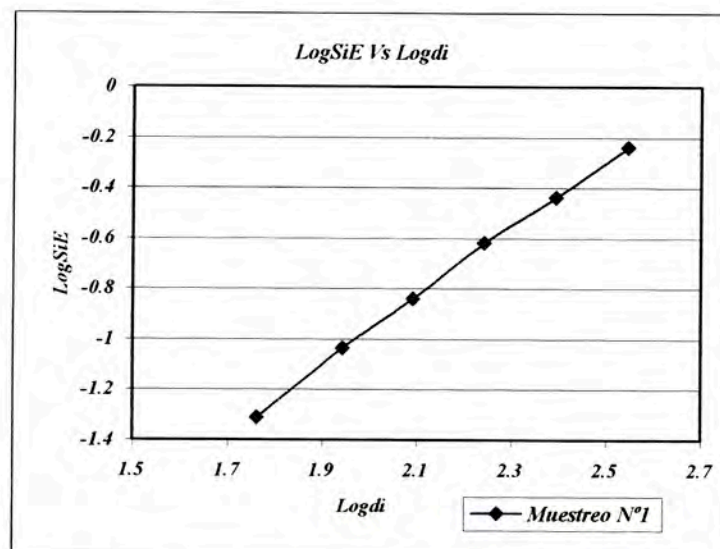


TABLA III.9: SiE La Función Selección Específica de fractura ,nos representa las toneladas de mineral perteneciente a la clase i de tamaño , que se fracturan por cada kWh de energía utilizada .

MUESTREO	ALIM. MOLINO			MOTOR		CONSUMO Kw-h/ TCS	N	MOLINO	
	TLSH	CC.	TCSH	HP	Kw			LARGO	ANCHO
N°1	135.00	0.916	290.254	3000.00	2238.00	7.711	2.93	41.00	14.00
N°2	135.90	0.814	276.634			8.090			
N°3	130.20	0.749	255.497			8.759			
N°8	123.5	0.865	258.383			8.662			
N°10	134.90	0.930	292.048			7.663			
N°11	135.30	0.918	291.176			7.686			
N°13	120.90	0.784	241.978			9.249			
N°14	138.30	0.741	270.099			8.286			
Promedio	131.75	0.840	271.925		8.263				

LOG (FUNCION SELECCION ESPECIFICA SiE (TC/Kw-hr))										
Malla	Abertura (micrones)	Log xi	Mues. N°1	Mues. N°2	Mues. N°3	Mues. N°8	Mues. N°10	Mues. N°11	Mues. N°13	Mues. N°14
			Carga Nominal							
			95.6	95.55	96.42	95.5	95.4	95.45	96.28	95.65
10	1975	3.296								
14	1389	3.143								
20	986	2.994								
28	700	2.845								
35	496	2.695								-0.183
48	351	2.545	-0.238	-0.243	-0.228	-0.155	-0.294	-0.254	-0.256	-0.370
65	248	2.394	-0.439	-0.442	-0.456	-0.364	-0.494	-0.433	-0.444	-0.598
100	175	2.243	-0.617	-0.668	-0.654	-0.590	-0.672	-0.644	-0.645	-0.830
150	124	2.092	-0.841	-0.899	-0.865	-0.824	-0.877	-0.858	-0.855	-0.968
200	88	1.943	-1.037	-1.073	-1.060	-1.022	-1.021	-1.034	-1.001	-1.231
325	58	1.761	-1.312	-1.314	-1.320	-1.305	-1.275	-1.293	-1.271	0.000
-325	37	1.568	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfico III.4 Función Selección Específica SiE

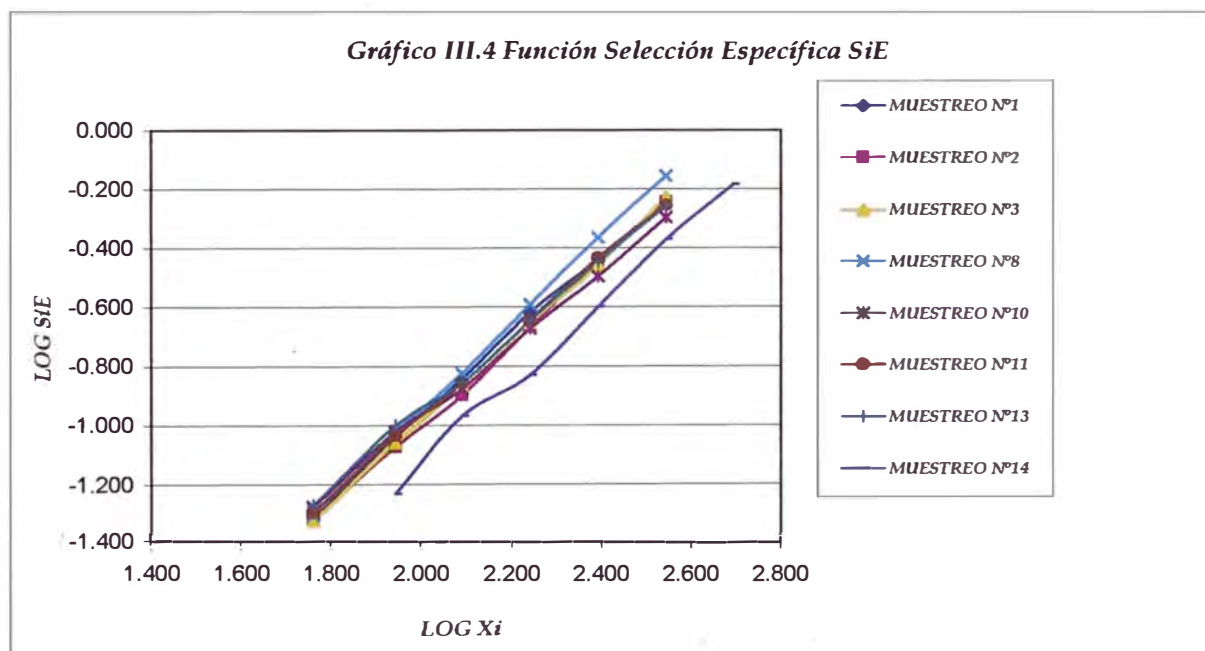


Tabla III.10 A : Resultados del Balance de Masa en la etapa de Clasificación

	<i>Muestreo N°1</i>			<i>Muestreo N°2</i>			<i>Muestreo N°3</i>			<i>Muestreo N°8</i>		
	<i>Alimento</i>	<i>Underflow</i>	<i>Overflow</i>	<i>Alimento</i>	<i>Underflow</i>	<i>Overflow</i>	<i>Alimento</i>	<i>Underflow</i>	<i>Overflow</i>	<i>Alimento</i>	<i>Underflow</i>	<i>Overflow</i>
<i>TLH Sólido</i>	258.69	123.69	135	246.6	110.7	135.9	228	98	130	230.3	106.8	123.5
<i>TLH Pulpa</i>	495	174	322	472	151	320	447	137	310	416	142	274
<i>TLH Agua</i>	237	51	187	226	41	185	220	39	180	186	35	151
<i>%Sólidos</i>	52.2	71	42	52.2	73	42.5	51	71	42	55.4	75	45
<i>G.PM Pulpa</i>	1404	370	1037	1341	312	1029	1289	292	998	1135	284	854
<i>Bpw</i>	0.2313			0.182			0.181			0.191		

	<i>Muestreo N°10</i>			<i>Muestreo N° 11</i>			<i>Muestreo N° 13</i>			<i>Muestreo N°14</i>		
	<i>Alimento</i>	<i>Underflow</i>	<i>Overflow</i>	<i>Alimento</i>	<i>Underflow</i>	<i>Overflow</i>	<i>Alimento</i>	<i>Underflow</i>	<i>Overflow</i>	<i>Alimento</i>	<i>Underflow</i>	<i>Overflow</i>
<i>TLH Sólido</i>	260.3	125.4	134.9	259.5	124.22	135.3	215.7	94.8	120.9	240.7	102.4	138.3
<i>TLH Pulpa</i>	488	167	321	467	165	301	396	126	269	443	136	307
<i>TLH Agua</i>	229	42	187	207	41	166	181	32	149	203	34	169
<i>%Sólidos</i>	53.3	74.8	42	55.6	75	45	54.5	75	45	54.3	75	45
<i>G.PM Pulpa</i>	1366	332	1034	1259	326	933	1083	249	834	1226	268	958
<i>Bpw</i>	0.185			0.200			0.176			0.168		

Tabla N° III.10 B: calculo de los parámetros de Performance de los Hidrociclones

Muestreo	TLH ALIM	(d50)	Ff (d50)	Fo (d50)	Fu (d50)	Particion Ciclones		CC	bpf	N1	N2	Et	P(80) Molino	P(80) Circuito
						% O/F	% U/F							
N1	258.69	56.00	49.74	74.66	22.63	52.19	47.81	0.916	0.213	78.3	73.6	57.7	74.113	37.427
N2	246.55	80.00	58.95	80.79	32.12	55.13	44.87	0.814	0.182	75.6	74.2	56.1	80.687	47.673
N3	227.72	76.00	59.69	80.39	32.13	57.18	42.82	0.749	0.181	77.0	72.1	55.5	79.631	47.012
N8	230.29	60.00	51.09	71.55	27.43	53.63	46.37	0.865	0.191	75.1	68.8	51.7	80.687	39.795
N10	260.29	60.00	48.35	71.67	23.26	51.83	48.17	0.930	0.185	76.8	71.6	55.0	86.621	42.334
N11	259.52	65.00	51.00	73.53	26.52	52.14	47.86	0.918	0.200	75.2	71.8	54.0	85.287	45.147
N13	215.67	62.00	54.61	76.92	26.16	56.06	43.94	0.784	0.176	79.0	71.5	56.4	74.494	36.542
N14	240.73	60.00	53.56	74.13	25.54	57.45	42.55	0.741	0.168	79.5	68.2	54.2	74.981	40.026
PROMEDIO		64.88				54.45	45.55	0.839	0.187	77.06	71.47	55.1	79.6	42.0

N1 : Eficiencia de finos

N2 : Eficiencia de gruesos

Et : Eficiencia Total

La alimentación de pulpa al Sumidero de la bomba es En promedio de 1263 Gpm, por lo que la bomba 213-241 esta trabajando con una capacidad de 60% y con un amperaje promedio de 115 amp . De acuerdo a estos valores podemos incrementar a un más los GPM de pulpa de alimentación a la bomba y no generar una sobrecarga en los sistemas de controles eléctricos de la bomba, este incremento vendría acompañado de un incrementando también de la carga circulante del circuito.

En cuanto al Modelo de Eficiencia de Clasificación Corregida se muestran las tablas para cada muestreo en el Anexo 5.3, donde se puede observar las curvas típicas de: Eficiencia de clasificación o Curvas Tromp y los Perfiles granulométricos del Alimento al hidrociclón, Underflow y Overflow.

Las imperfecciones en las curvas de la Eficiencia de Clasificación es reducida mediante el ajuste por el Bypass. Estas curvas se acercan más al eje de las abscisas tal como se ilustran en los gráficos para cada uno de los muestreos en el Anexo 5.3.

De la tablas III.10A y III.10B ,se determinan los valores promedios de los parámetros de operación y performance de los hidrociclones, tal como se muestran a continuación:

- D_{50} = 64.88 um
- C.C = 0.839
- Partición : O/F = 54.55% , U/F = 45.55
- b_{pf} = 0.187
- % Sólidos Sumidero = 53 %
- % Sólidos Overflow = 44 %
- % Sólidos Underflow = 74%

Como se observa los valores en la tabla III.10A han sido determinados con una exactitud razonable, por lo que el calculo de los parámetros del Modelo de Lynch y Rao experimentan pequeños errores.

La Eficiencia de Clasificación promedio es 55.1% valor que nos indica que los hidrociclones están operando de manera eficiente debido a la buena dilución en el sumidero de la bomba (53%). Cabe mencionar que la Eficiencia de clasificación juega un papel importante en la Eficiencia global del Circuito directo de Molienda Clasificación, por tanto una Eficiencia de Clasificación de 55.1% nos indica que nuestro circuito se encuentra operando correctamente.

El b_{pf} es 18.7% y las TLH de agua en el Underflow es de 39 , valores relativamente bajos y que indican un mínima alimentación de finos al Molino de Bolas, esta condición es deseable para mantener una buena operación del Circuito Directo de Molienda.

La partición de los ciclones es 0.839 , valor que nos indica que un 54.55% de la alimentación se va por el Overflow y un 45.55% por el Underflow de allí que la carga circulante es 0.839 valor relativamente bajo y debe ser optimizando , debido a que la bomba aún esta trabajando con un 60% de su capacidad.

El d_{50} es 64.88 μm valor que es nos indica que el corte de los hidrociclones se encuentra en un rango adecuado de tamaño, considerando que el circuito estuvo operando con una producción de Stock puerto (valor requerido $-m325 = 65\%$).

Para aplicar la simulación requiere de la vinculación de los modelos matemáticos del molino y los modelos matemáticos de la etapa de Clasificación , asumiendo previamente que solo se agrega agua de dilución al sumidero de la bomba 213-241 que

alimenta a los hidrociclones de la Línea N° 6. Como un primer paso se resuelve simultáneamente las ecuaciones de capacidad de la bomba y del hidrociclón se calcula el flujo de agua y sólidos.

En el Anexo 5.4 se presenta las tablas de resultados de las Simulaciones para cada muestreo aplicando el criterio de el Modelo Simplificado de Molienda, en base a la Función Específica y de los modelos empíricos (Lynch y Rao) para hidrociclones constituyen herramientas eficaces para lograr una mejor comprensión del funcionamiento y de la Optimización de un circuito de Molienda Clasificación.

La fiabilidad de las Simulaciones se muestran en las tablas: 5.4.2, 5.4.4, 5.4.4, 5.4.6, 5.4.8, 5.4.10, 5.4.12, 5.4.12, 5.4.14 y 5.4.16, donde se observa que la diferencia entre la Carga Circulante Real y la Carga Circulante Simulada presentan errores de 10^{-5} ; respecto a los Passing reales Vs los Passing Simulados experimentan errores de 10^{-4} para cada uno de los muestreos.

TABLA III.11: CALCULO DEL WORK INDEX OPERACIONAL MOLINO DE BOLAS 032-206

	A. FRESCA	TCSH	CC.	TCSH	Kw-Hr	kw-Hr/TCSH	F80	P80	R.R	Wio
MUESTREO 1	135.00	151.470	0.916	290.25	2822.76	9.73	352	74	4.74	15.48
MUESTREO 2	135.90	152.480	0.814	276.63	2818.06	10.19	388	81	4.81	16.82
MUESTREO 3	130.20	146.084	0.749	255.50	2859.57	11.19	345	80	4.34	19.21
MUESTREO 8	123.5	138.567	0.865	258.38	2750.88	10.65	325	81	4.03	19.05
MUESTREO 10	134.90	151.358	0.930	292.05	2837.33	9.72	336	87	3.88	18.37
MUESTREO 11	135.30	151.807	0.918	291.18	2903.70	9.97	354	85	4.15	18.09
MUESTREO 13	120.90	135.650	0.784	241.98	2749.09	11.36	314	74	4.21	19.13
MUESTREO 14	138.30	155.173	0.741	270.10	2703.45	10.01	327	75	4.37	16.62

PROMEDIO

0.840

2806

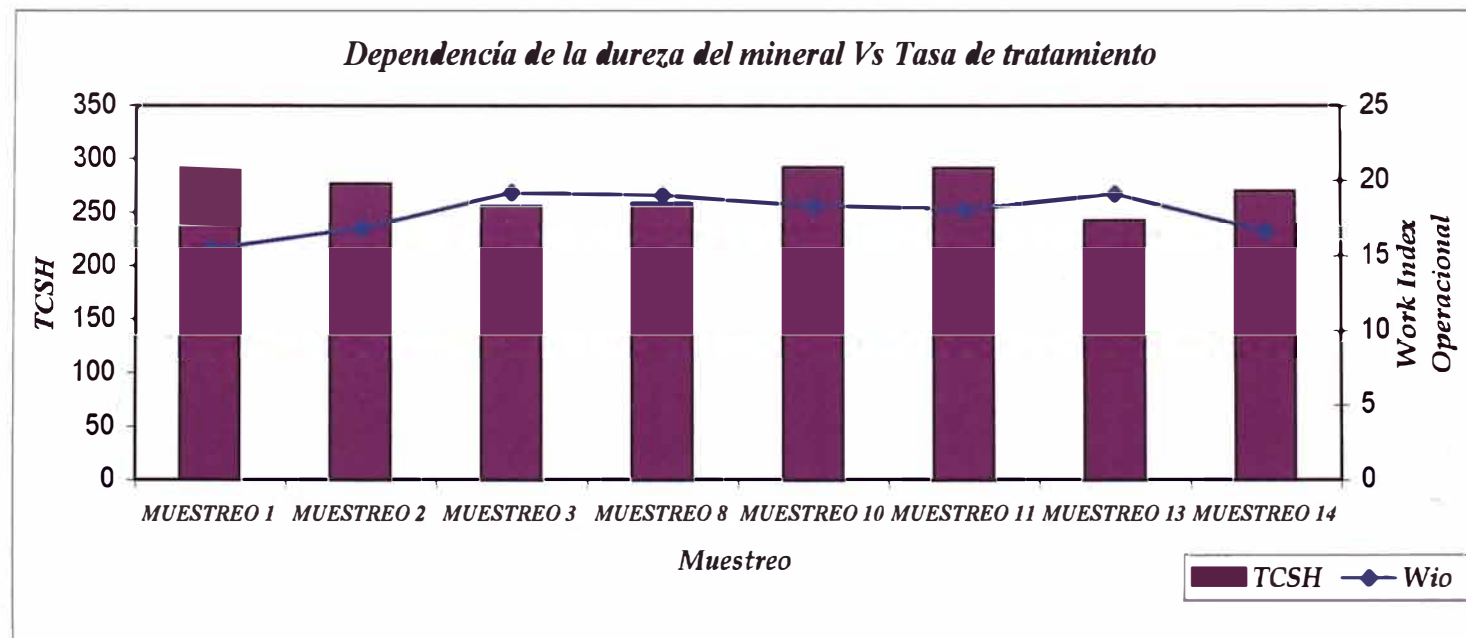
10.35

343

80

4.32

17.85



CAPITULO IV- CONCLUSIONES

Para obtener resultados fiables en una evaluación de circuitos de molienda se deben programar una serie de muestreos manteniendo constantes parámetros como: Tipo de mineral, Tonelaje de alimentación, Carga Nominal de los molinos, Apex, Vortex, etc y mediante un análisis estadístico respecto a la Carga Circulante se debe descartar los muestreos que no se encuentren dentro del intervalo de confianza a fin de obtener resultados de las modelaciones con un mayor rango de validez.

De la tabla III.10 B se puede determinar las siguientes conclusiones para nuestro circuito analizado:

- *La carga circulante es inversamente proporcional al tamaño de corte del hidrociclón.*
- *A mayor carga circulante se observa productos mas finos del circuito directo (menores $P(80)$) y un ligero incremento del by-pass de finos al Under Flow.*
- *La fineza del overflow ($P(80)$ del circuito) esta estrechamente relacionada con la Eficiencia de clasificación de los hidrociclones de tal manera que a menores valores de $P(80)$ se obtiene una mayor Eficiencia, por lo que es recomendable mantener una adición de agua óptima al sumidero de la bomba de alimentación a los hidrociclones a fin de mejorar la fineza del overflow del circuito. El aumento de agua de dilución muestra el efecto beneficioso respecto al % S del Underflow.*

La condiciones de estabilidad de operación del circuito de molienda de clasificación es a menudo perturbada por las variaciones naturales que ocurren en la dureza del mineral alimentado y por la modificación del perfil granulométrico como consecuencia de la segregación existente en los silos de alimentación. La tabla (III.11

cálculo del work index del BM- 206) muestra que para valores de Work index operacionales altos la tasa de tratamiento disminuye y cuando el Work index disminuye (mineral es más blando) la tasa de tratamiento aumenta; esta tasa esta limitada por la máxima energía de impulsión disponible en la bomba.

Para una óptima eficiencia global del circuito de molienda clasificación se requiere que las partículas finas en el interior del molino sea la mínima posible para la tarea de molienda del molino de bolas de $F(80) = 343 \mu\text{m}$ y $P(80) 80 \mu\text{m}$, esto lo podemos conseguir con una mayor Carga circulante incrementando el diámetro de los apex de $2 \frac{1}{2}''$ a $2 \frac{3}{4}''$. La limitante para el incremento del diámetro de los apex es teóricamente la capacidad de la bomba de alimentación a los hidrociclones y la capacidad del molino. En nuestro caso en particular respecto a la bomba esta solo esta trabajando a 60% de su capacidad, por tanto solo nos queda estimar el máximo valor de carga circulante permitida por el circuito molienda clasificación a las condiciones actuales de operación: 147.84 Tcsh (Alimentación fresca), considerando que el consumo específico de Energía de molino es 8.26 Kw-h/Tcs y la potencia instalada del molino es 2238 Kw, nos proporciona un valor Carga Circulante máxima de 1.118 % (313 Tcsh de alimentación Compuesta).

Con la C.C máxima se determina: la C.C óptima y la óptima dilución de sólidos en la alimentación a los Ciclones teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

$$C.C \text{ óptima} = 0.894$$

$$(fs_6) \text{ máx} = 75\%$$

$$(fs_6) \text{ mínimo} = 40 \%$$

$(fs_6) \text{ óptimo} = 51 \%$

Por tanto se seguirá operar manteniendo los porcentajes de sólidos en la alimentación a los Ciclones de 51%, %S en el Underflow de 75, %S en el Overflow de 40% y mantener una C.C de 0.894.

Capítulo V: ANEXOS

5.1 Tablas de ajuste de datos del Circuito Directo por el Método de Lagrange.

5.2 Tabla de ajuste de datos del Circuito Directo por el Método de Ponderación.

5.3 Tablas de resultados de la Eficiencia de Clasificación.

5.4 Tablas de resultados de la Simulación de cada Muestreo.

5.5 Gráficos de Balance de Masa de cada Muestreo.

***5.1 TABLAS DE AJUSTE DE DATOS POR EL
MÉTODO DE LAGRANGE.***

TABLA 5.1.1: MUESTREO N°1 - ANALISIS GRANULOMETRICOS OBSERVADOS - CIRCUITO DIRECTO LINEA N°6

Malla	Abertura	ALIMENTACION FRESCA			DESCARGA BM1			OVER FLOW			UNDER FLOW			CC	A. Comp.
		%P	AC(+)	AC(-)	%P	AC(+)	AC(-)	O/F	AC(+)	AC(-)	U/F	AC(+)	AC(-)		
+ 1/2 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	##;DIV/0!	100.000
+3/8 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	##;DIV/0!	100.000
+3 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	##;DIV/0!	100.000
10	1975	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	##;DIV/0!	100.000
14	1389	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	##;DIV/0!	100.000
20	986	0.700	0.70	99.300	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	##;DIV/0!	99.631
28	700	2.600	3.30	96.700	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	##;DIV/0!	98.259
35	496	6.200	9.50	90.500	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.400	0.40	99.600	0.000	94.798
48	351	9.100	18.60	81.400	0.500	0.50	99.500	0.000	0.00	100.000	1.000	1.40	98.600	0.556	89.524
65	248	10.300	28.90	71.100	1.500	2.00	98.000	0.100	0.10	99.900	2.700	4.10	95.900	0.905	82.814
100	175	11.500	40.40	59.600	3.200	5.20	94.800	0.500	0.60	99.400	7.300	11.40	88.600	0.742	73.298
150	124	9.300	49.70	50.300	7.700	12.90	87.100	1.500	2.10	97.900	17.900	29.30	70.700	0.659	59.936
200	88	11.000	60.70	39.300	15.500	28.40	71.600	3.000	5.10	94.900	24.800	54.10	45.900	0.907	42.417
325	58	11.400	72.10	27.900	23.000	51.40	48.600	19.900	25.00	75.000	23.000	77.10	22.900	1.027	25.538
-325	37	27.900	100.00	0.000	48.600	100.00	0.000	75.000	100.00	0.000	22.900	100.00	0.000		0.000
TOTAL		100.00			100.00			100.00			100.00				

AJUSTANDO DATOS - MUESTREO N°1

CC	0.895
ALFA	1.895

	Abertura	(a-u)*(u-r)	(o-u)*(u-d)	(u-r)^2+(u-d)^2	Error 1	Error 2	I1	I2
+ 1/2 m		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
+3/8 m		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
+3 m		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	1975	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	1389	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	986	-0.2586	0.0000	0.1364	0.0040	0.0000	0.0008	-0.0001
28	700	-5.7463	0.0000	3.0321	0.0190	0.0000	0.0036	-0.0005
35	496	-43.6960	-0.1600	23.2169	0.0524	-0.3624	0.0201	-0.0695
48	351	-156.1048	-1.2600	83.1812	0.0991	-0.3155	0.0275	-0.0620
65	248	-324.5358	-8.4000	175.6566	0.1429	-0.0027	0.0269	-0.0045
100	175	-443.7673	-66.9600	272.6010	0.1671	-1.0176	0.0601	-0.1956
150	124	-219.5936	-446.0800	384.8321	0.1176	-4.0594	0.1367	-0.7649
200	88	-22.9851	-1259.3000	672.6185	0.0380	0.0143	0.0067	0.0016
325	58	-13.1917	-1338.9700	667.4508	-0.0288	3.1143	-0.0933	0.5851
-325		-1229.8792	-3121.1300	2282.7257	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SUMA		1229.8792	3121.1300	2282.7257				

a	1.906
a=	5.454
b=	0.821

TABLA 5.1.1: MUESTREO N°1 - DATOS AJUSTADOS POR LAGRANGE

Malla	Abertura	A. Fresca	Descarga	A. Compuesta	Overflow	Underflow	CC
+ 1/2 m							
+3/8 m							
+3 m		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	##;DIV/0!
10	1975	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	##;DIV/0!
14	1389	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	##;DIV/0!
20	986	99.299	100.000	99.632	100.000	99.999	0.906
28	700	96.696	99.999	98.266	100.001	99.997	0.906
35	496	90.480	99.868	94.836	100.069	99.645	0.906
48	351	81.372	99.382	89.577	100.062	98.631	0.906
65	248	71.073	97.991	82.865	99.905	95.880	0.906
100	175	59.540	94.427	73.412	99.596	88.723	0.906
150	124	50.163	85.642	60.196	98.665	71.269	0.906
200	88	39.293	71.603	42.430	94.898	45.892	0.906
325	58	27.993	49.715	25.360	74.415	22.454	0.906
-325	37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Promedio	0.906
----------	-------

DATO AJUSTADOS POR LAGRANGE - MUESTREO N°1

	Descarga		u/1		o/1	
	%P	F(x)	%P	F(x)	%P	F(x)
+ 1/2 m						
+3/8 m						
+3 m						
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
28	0.001	0.001	0.002	0.003	0.000	-0.001
35	0.131	0.132	0.352	0.355	-0.069	-0.069
48	0.486	0.618	1.014	1.369	0.007	-0.062
65	1.391	2.009	2.751	4.120	0.157	0.095
100	3.564	5.573	7.157	11.277	0.309	0.404
150	8.785	14.358	17.454	28.731	0.931	1.335
200	14.039	28.397	25.377	54.108	3.766	5.102
325	21.888	50.285	23.438	77.546	20.483	25.585
-325	49.715	100.000	22.454	100.000	74.415	100.000
	100.000		100.000		100.000	

TABLA 5.1.2: MUESTREO N° 2 - DATOS DE ANALISIS GRANULOMETRICOS OBSERVADOS- CIRCUITO DIRECTO LINEA N°6

Malla	Abertura	ALIMENTACION FRESCA			DESCARGA BM1			OVER FLOW			UNDER FLOW			CC	A. Comp.
		%P	AC(+)	AC(-)	%P	AC(+)	AC(-)	O/F	AC(+)	AC(-)	U/F	AC(+)	AC(-)		
+ 1/2 m		0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	#;DIV/0!	100.000
+3/8 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	#;DIV/0!	100.000
+3 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	#;DIV/0!	100.000
10	1975	1.200	1.20	98.800	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	99.330
14	1389	4.100	5.30	94.700	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	97.043
20	986	7.600	12.90	87.100	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	92.802
28	700	8.900	21.80	78.200	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.20	0.20	99.800	0.000	87.748
35	496	10.500	32.30	67.700	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.80	1.00	99.000	0.000	81.536
48	351	8.600	40.90	59.100	1.10	1.10	98.900	0.20	0.20	99.800	1.70	2.70	97.300	0.562	75.986
65	248	9.900	50.80	49.200	1.90	3.00	97.000	0.40	0.60	99.400	6.60	9.30	90.700	0.381	67.545
100	175	8.200	59.00	41.000	5.80	8.80	91.200	1.00	1.60	98.400	10.10	19.40	80.600	0.679	58.505
150	124	9.400	68.40	31.600	12.70	21.50	78.500	3.30	4.90	95.100	22.50	41.90	58.100	0.814	43.314
200	88	8.400	76.80	23.200	14.40	35.90	64.100	8.30	13.20	86.800	21.70	63.60	36.400	0.819	29.035
325	58	9.900	86.70	13.300	19.90	55.80	44.200	22.30	35.50	64.500	15.90	79.50	20.500	0.857	16.483
-325	37	13.300	100.00	0.000	44.20	100.00	0.000	64.50	100.00	0.000	20.50	100.00	0.000	0.000	0.000
TOTAL		100.00			100.00			100.00			100.00				

AJUSTANDO DATOS - MUESTREO N°2

CC	0.792
ALFA	1.792

Abertura	(a-u)*(u-r)	(o-u)*(u-d)	(u-r)^2+(u-d)^2	Error 1	Error 2	I1	I2
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1975	-0.8035	0.0000	0.4483	0.0057	0.0000	0.0012	-0.0002
1389	-15.6730	0.0000	8.7449	0.0251	0.0000	0.0052	-0.0007
986	-92.8497	0.0000	51.8062	0.0612	0.0000	0.0127	-0.0017
700	-260.3206	-0.0400	145.2878	0.1024	-0.1601	0.0257	-0.0362
496	-546.6253	-1.0000	305.9937	0.1484	-0.8007	0.0528	-0.1709
351	-814.1938	-4.0000	456.8455	0.1811	-0.3812	0.0482	-0.0844
248	-960.9422	-54.8100	575.8549	0.1968	-2.6447	0.1133	-0.5564
175	-874.9666	-188.6800	600.5541	0.1878	-1.2879	0.0743	-0.2735
124	-391.8256	-754.8000	634.7820	0.1256	0.2647	0.0189	0.0517
88	-97.2185	-1396.0800	821.5338	0.0626	0.5193	-0.0012	0.1065
58	-28.9245	-1042.8000	577.8286	0.0341	1.3223	-0.0291	0.2746
	-4084.3434	-3442.2100	4179.6798	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SUMA	4084.3434	3442.2100	4179.6798				

a	1.801
a=	4.884
b=	0.641

TABLA 5.1.2: MUESTREO N°2 - DATOS AJUSTADOS POR LAGRANGE

Malla	Abertura	A. Fresca	Descarga	A. Compuesta	Overflow	Underflow	CC
+ 1/2 m		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	#;DIV/0!
+3/8 m		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	#;DIV/0!
+3 m		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	#;DIV/0!
10	1975	98.799	100.000	99.333	100.000	99.999	0.801
14	1389	94.695	99.999	97.052	100.001	99.996	0.801
20	986	87.087	99.997	92.825	100.002	99.991	0.801
28	700	78.174	99.935	87.794	100.036	99.808	0.801
35	496	67.647	99.692	81.631	100.171	99.095	0.801
48	351	59.052	98.748	76.073	99.884	97.329	0.801
65	248	49.087	95.998	67.749	99.956	91.055	0.801
100	175	40.926	90.708	58.639	98.673	80.759	0.801
150	124	31.581	78.593	43.348	95.048	58.043	0.801
200	88	23.201	64.292	29.033	86.694	36.316	0.801
325	58	13.329	44.694	16.430	64.225	20.303	0.801
-325	37						

Promedio 0.801

DATO AJUSTADOS POR LAGRANGE - MUESTREO N°2

	Descarga		u/f		a/f	
	%p	F(x)	%p	F(x)	%p	F(x)
+ 1/2 m						
+3/8 m						
+3 m						
10	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
14	0.001	0.001	0.003	0.004	-0.001	-0.001
20	0.002	0.003	0.005	0.009	-0.001	-0.002
28	0.062	0.065	0.183	0.192	-0.034	-0.036
35	0.243	0.308	0.714	0.905	-0.135	-0.171
48	0.944	1.252	1.766	2.671	0.287	0.116
65	2.750	4.002	6.274	8.945	-0.072	0.044
100	5.291	9.292	10.295	19.241	1.283	1.327
150	12.114	21.407	22.716	41.957	3.625	4.952
200	14.301	35.708	21.728	63.684	8.355	13.306
325	19.597	55.306	16.012	79.697	22.468	35.775
-325	44.694	100.000	20.303	100.000	64.225	100.000
	100.000		100.000		100.000	

TABLA 5.1.3: MUESTREO N° 3 - DATOS DE ANALISIS GRANULOMETRICOS OBSERVADOS- CIRCUITO DIRECTO LINEA N°6

Malla	Abertura	ALIMENTACION FRESCA			DESCARGA BM1			OVER FLOW			UNDER FLOW			CC	A. Comp.
		%P	AC(+)	AC(-)	%P	AC(+)	AC(-)	O/F	AC(+)	AC(-)	U/F	AC(+)	AC(-)		
+ 1/2 m		0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	#;DIV/0!	100.000
+3/8 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	#;DIV/0!	100.000
+3 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	#;DIV/0!	100.000
10	1975	0.000	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	100.000
14	1389	0.800	0.80	99.200	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	99.535
20	986	2.500	3.30	96.700	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	98.081
28	700	5.300	8.60	91.400	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	94.998
35	496	10.400	19.00	81.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	88.949
48	351	10.200	29.20	70.800	0.80	0.80	99.200	0.00	0.00	100.000	1.50	1.50	98.500	1.143	82.389
65	248	10.600	39.80	60.200	1.60	2.40	97.600	0.30	0.30	99.700	4.80	6.30	93.700	0.538	74.215
100	175	11.800	51.60	48.400	4.70	7.10	92.900	0.80	1.10	98.900	8.50	14.80	85.200	0.779	63.796
150	124	13.000	64.60	35.400	10.50	17.60	82.400	2.30	3.40	96.600	20.70	35.50	64.500	0.793	47.575
200	88	8.700	73.30	26.700	14.40	32.00	68.000	7.10	10.50	89.500	25.50	61.00	39.000	0.741	31.846
325	58	10.200	83.50	16.500	20.50	52.50	47.500	22.80	33.30	66.700	17.30	78.30	21.700	0.744	18.676
-325	37	16.500	100.00	0.000	47.50	100.00	0.000	66.70	100.00	0.000	21.70	100.00	0.000	0.000	0.000
TOTAL		100.00			100.00			100.00			100.00				

AJUSTANDO DATOS - MUESTREO 3

CC	0.719
ALFA	1.719

Abertura	(a-u)*(u-r)	(o-u)*(u-d)	(u-r)^2+(u-d)^2	Error 1	Error 2	I1	I2
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1975	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1389	-0.3722	0.0000	0.2165	0.0080	0.0000	0.0018	-0.0002
986	-6.3339	0.0000	3.6840	0.0328	0.0000	0.0073	-0.0009
700	-43.0173	0.0000	25.0201	0.0856	0.0000	0.0190	-0.0023
496	-209.9681	0.0000	122.1236	0.1891	0.0000	0.0421	-0.0050
351	-446.2782	-1.0500	260.0584	0.2757	0.2845	0.0538	0.0560
248	-652.7333	-23.4000	394.8587	0.3334	-0.7720	0.0946	-0.1807
175	-787.6654	-105.4900	517.4191	0.3662	0.3296	0.0728	0.0637
124	-492.5293	-574.5900	606.8794	0.2896	1.0181	0.0375	0.2189
88	-87.9947	-1464.5000	892.1803	0.1224	0.1439	0.0234	0.0288
58	-15.7273	-1161.0000	674.7874	0.0517	0.2004	0.0062	0.0432
37	#####	-3330.0300	3497.2274	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SUMA	#####	3330.0300	3497.2274				

a	1.736
a=	4.557
b=	0.542

TABLA: 5.1.3: MUESTREO N°3 - DATOS AJUSTADOS POR LAGRANGE

Malla	Abertura	A. Fresca	Descarga	A. Compuesta	Overflow	Underflow	CC
+ 1/2 m		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	#;DIV/0!
+3/8 m		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	#;DIV/0!
+3 m		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	#;DIV/0!
10	1975	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	#;DIV/0!
14	1389	99.198	100.000	99.538	100.000	99.999	0.736
20	986	96.693	99.998	98.093	100.001	99.995	0.736
28	700	91.381	99.996	95.031	100.002	99.988	0.736
35	496	80.958	99.991	89.022	100.005	99.973	0.736
48	351	70.746	99.297	82.482	99.944	98.419	0.736
65	248	60.105	97.286	74.380	99.881	93.763	0.736
100	175	48.327	93.011	63.922	98.836	85.100	0.736
150	124	35.363	82.780	47.640	96.381	64.311	0.736
200	88	26.677	68.050	31.887	89.471	38.962	0.736
325	58	16.494	47.575	18.686	66.657	21.664	0.736
-325	37						

Promedio 0.736

DATO AJUSTADOS POR LAGRANGE - MUESTREO N° 3

	Descarga		u/f		o/f	
	%p	F(x)	%p	F(x)	%p	F(x)
+ 1/2 m						
+3/8 m						
+3 m						
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
20	0.001	0.002	0.004	0.005	-0.001	-0.001
28	0.002	0.004	0.008	0.012	-0.001	-0.002
35	0.005	0.009	0.015	0.027	-0.003	-0.005
48	0.0694	0.703	1.554	1.581	0.061	0.056
65	2.011	2.714	4.656	6.237	0.063	0.119
100	4.276	6.989	8.664	14.900	1.044	1.164
150	10.230	17.220	20.788	35.689	2.455	3.619
200	14.730	31.950	25.350	61.038	6.910	10.529
325	20.475	52.425	17.298	78.336	22.814	33.343
-325	47.575	100.000	21.664	100.000	66.657	100.000
	100.000		100.000		#####	

TABLA 5.1.4: MUESTREO N° 8 - DATOS DE ANALISIS GRANULOMETRICOS OBSERVADOS- CIRCUITO DIRECTO LINEA N° 6

Malla	Abertura	ALIMENTACION FRESCA			DESCARGA BM1			OVER FLOW			UNDER FLOW			CC	A. Comp.
		%P	AC(+)	AC(-)	%P	AC(+)	AC(-)	O/F	AC(+)	AC(-)	U/F	AC(+)	AC(-)		
+ 1/2 m		0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	#;DIV/0!	100.000
+3/8 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	#;DIV/0!	100.000
+3 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	#;DIV/0!	100.000
10	1975	0.000	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	100.000
14	1389	0.400	0.40	99.600	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	99.787
20	986	1.600	2.00	98.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	98.936
28	700	3.900	5.90	94.100	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	96.862
35	496	8.400	14.30	85.700	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	#;DIV/0!	92.395
48	351	10.500	24.80	75.200	0.40	0.40	99.600	0.00	0.00	100.000	0.90	0.90	99.100	0.800	86.389
65	248	10.300	35.10	64.900	1.10	1.50	98.500	0.40	0.40	99.600	1.80	2.70	97.300	0.917	80.068
100	175	12.700	47.80	52.200	3.50	5.00	95.000	0.90	1.30	98.700	6.20	8.90	91.100	0.949	70.411
150	124	12.800	60.60	39.400	8.70	13.70	86.300	1.90	3.20	96.800	16.50	25.40	74.600	0.897	55.879
200	88	8.500	69.10	30.900	13.30	27.00	73.000	3.90	7.10	92.900	24.70	50.10	49.900	0.861	39.795
325	58	13.700	82.80	17.200	23.40	50.40	49.600	22.90	30.00	70.000	24.10	74.20	25.800	0.857	21.226
-325	37	17.200	100.00	0.000	49.60	100.00	0.000	70.00	100.00	0.000	25.80	100.00	0.000	0.000	0.000
TOTAL		100.00			100.00			100.00			100.00				

AJUSTANDO DATOS - MUESTREO N° 8

CC	0.880
ALFA	1.880

Abertura	(a-u)*(u-r)	(o-u)*(u-d)	(u-r)^2+(u-d)^2	Error 1	Error 2	I1	I2
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1975	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1389	-0.0851	0.0000	0.0453	-0.0016	0.0000	-0.0003	0.0000
986	-2.1274	0.0000	1.1314	-0.0078	0.0000	-0.0015	0.0002
700	-18.5136	0.0000	9.8464	-0.0230	0.0000	-0.0045	0.0006
496	-108.7574	0.0000	57.8423	-0.0558	0.0000	-0.0108	0.0016
351	-303.7965	-0.4500	161.8233	-0.0932	-0.0365	-0.0170	-0.0045
248	-558.3119	-2.7600	298.3767	-0.1263	0.0525	-0.0260	0.0137
175	-804.7965	-29.6400	443.2388	-0.1517	0.2957	-0.0377	0.0616
124	-658.9800	-259.7400	487.3667	-0.1373	0.2870	-0.0346	0.0595
88	-191.9968	-993.3000	635.7230	-0.0741	-0.2642	-0.0070	-0.0491
58	-39.3354	-1051.9600	587.3604	-0.0335	-0.3752	0.0040	-0.0718
37	-2686.7007	-2337.8500	2682.7543	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SUMA	2686.7007	2337.8500	2682.7543				

a	1.873
a=	5.270
b=	0.762

TABLA 5.1.4: MUESTREO N°8 - DATOS AJUSTADOS POR LAGRANGE

Malla	Abertura	A. Fresca	Descarga	A. Compuesta	Overflow	Underflow	CC
+ 1/2 m							
+3/8 m							
+3 m		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	#;DIV/0!
10	1975	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	#;DIV/0!
14	1389	99.600	100.000	99.787	100.000	100.000	0.873
20	986	98.002	100.000	98.933	100.000	100.001	0.873
28	700	94.104	100.001	96.854	99.999	100.003	0.873
35	496	85.711	100.003	92.374	99.998	100.008	0.873
48	351	75.217	99.592	86.357	100.004	99.119	0.873
65	248	64.926	98.526	80.020	99.586	97.311	0.873
100	175	52.238	95.115	70.341	98.638	91.079	0.873
150	124	39.435	86.411	55.814	96.741	74.578	0.873
200	88	30.907	72.908	39.782	92.949	49.949	0.873
325	58	17.196	49.466	21.234	70.072	25.859	0.873
-325	37						

Promedio 0.873

DATO AJUSTADOS POR LAGRANGE - MUESTREO N°8

	Descarga		uff		off	
	%p	F(x)	%p	F(x)	%p	F(x)
+ 1/2 m	0.000					
+3/8 m	0.000					
+3 m	0.000					
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	-0.001	-0.001	0.000	0.000
28	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	0.000	0.001
35	-0.002	-0.003	-0.005	-0.008	0.001	0.002
48	0.411	0.408	0.889	0.881	-0.006	-0.004
65	1.066	1.474	1.808	2.689	0.418	0.414
100	3.410	4.885	6.232	8.921	0.948	1.362
150	8.704	13.589	16.501	25.422	1.898	3.259
200	13.503	27.092	24.629	50.051	3.791	7.051
325	23.442	50.534	24.090	74.141	22.877	29.928
-325	49.466	#####	25.859	100.000	70.072	100.000
	100.000		100.000		100.000	

TABLA 5.1.5: MUESTREO N° 10 - DATOS DE ANALISIS GRANULOMETRICOS OBSERVADOS - CIRCUITO DIRECTO LINEA N°6

Malla	Abertura	ALIMENTACION FRESCA			DESCARGA BM1			OVER FLOW			UNDER FLOW			CC	A. Comp.
		%P	AC(+)	AC(-)	%P	AC(+)	AC(-)	O/F	AC(+)	AC(-)	U/F	AC(+)	AC(-)		
+ 1/2 m		0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000		100.000
+3/8 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000		100.000
+3 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000		100.000
10	1975	0.000	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		100.000
14	1389	0.900	0.90	99.100	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		99.569
20	986	2.300	3.20	96.800	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		98.467
28	700	4.400	7.60	92.400	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		96.360
35	496	12.300	19.90	80.100	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.30	0.30	99.700		90.313
48	351	10.100	30.00	70.000	1.20	1.20	98.800	0.00	0.00	100.000	2.00	2.30	97.700	1.091	84.434
65	248	10.900	40.90	59.100	2.80	4.00	96.000	0.30	0.30	99.700	4.00	6.30	93.700	1.609	77.129
100	175	12.200	53.10	46.900	4.90	8.90	91.100	0.60	0.90	99.100	9.90	16.20	83.800	1.096	66.128
150	124	12.900	66.00	34.000	10.10	19.00	81.000	1.70	2.60	97.400	26.90	43.10	56.900	0.680	45.933
200	88	7.700	73.70	26.300	14.20	33.20	66.800	5.40	8.00	92.000	13.00	56.10	43.900	1.100	35.471
325	58	10.300	84.00	16.000	20.10	53.30	46.700	21.70	29.70	70.300	22.00	78.10	21.900	0.952	19.074
-325	37	16.000	100.00	0.000	46.70	100.00	0.000	70.30	100.00	0.000	21.90	100.00	0.000	0.000	0.000
TOTAL		100.00			100.00			100.00			100.00				

AJUSTANDO DATOS - MUESTREO N° 10

CC	1.088
ALFA	2.088

Abertura	(a-u)*(u-r)	(a-u)*(u-d)	(u-r)^2+(u-d)^2	Error 1	Error 2	I1	I2
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1975	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1389	-0.3879	0.0000	0.1858	-0.0471	0.0000	-0.0082	0.0013
986	-4.9042	0.0000	2.3487	-0.1674	0.0000	-0.0293	0.0048
700	-27.6627	0.0000	13.2484	-0.3977	0.0000	-0.0696	0.0113
496	-183.9840	-0.0900	88.2047	-1.0256	-0.2936	-0.1710	-0.0221
351	-367.4748	-2.5300	177.2031	-1.4494	0.1234	-0.2570	0.0629
248	-573.3505	-13.8000	279.8822	-1.8105	1.4489	-0.3580	0.3051
175	-652.1098	-111.6900	365.6021	-1.9308	0.8551	-0.3621	0.2047
124	-251.1534	-976.0500	701.0938	-1.1983	-7.1879	-0.0045	-1.2231
88	-148.3520	-1101.4900	595.4596	-0.9209	2.7866	-0.2406	0.5137
58	-16.6714	-1200.3200	623.0244	-0.3087	-0.6730	-0.0348	-0.1089
37	-2226.0508	-3405.9700	2846.2527	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SUMA	2226.0508	3405.9700	2846.2527				

a	1.979
a=	5.873
b=	0.958

TABLA 5.1.5: MUESTREO N° 10 - DATO AJUSTADOS POR LAGRANGE

Malla	Abertura	A. Fresca	Descarga	A. Compuesta	Overflow	Underflow	CC
+ 1/2 m							
+3/8 m							
+3 m							
10	1975	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
14	1389	99.108	100.003	99.553	99.999	100.007	0.979
20	986	96.829	100.009	98.409	99.995	100.024	0.979
28	700	92.470	100.022	96.223	99.989	100.057	0.979
35	496	80.271	99.956	89.975	100.022	99.889	0.979
48	351	70.257	98.925	83.925	99.937	97.890	0.979
65	248	59.458	96.604	76.421	99.395	93.752	0.979
100	175	47.262	91.505	65.411	98.895	83.954	0.979
150	124	34.005	78.580	45.924	98.623	58.102	0.979
200	88	26.541	67.816	34.995	91.486	43.633	0.979
325	58	16.035	46.485	19.005	70.409	22.041	0.979
-325	37						

Promedio 0.979

DATO AJUSTADOS POR LAGRANGE - MUESTREO N° 10

	Descarga		wf		af	
	%p	F(x)	%p	F(x)	%p	F(x)
+ 1/2 m						
+3/8 m						
+3 m						
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	-0.003	-0.003	-0.007	-0.007	0.001	0.001
20	-0.007	-0.009	-0.017	-0.024	0.003	0.005
28	-0.013	-0.022	-0.033	-0.057	0.007	0.011
35	0.066	0.044	0.168	0.111	-0.033	-0.022
48	1.032	1.075	1.999	2.110	0.085	0.063
65	2.321	3.396	4.138	6.248	0.542	0.605
100	5.099	8.495	9.798	16.046	0.500	1.105
150	12.925	21.420	25.853	41.898	0.272	1.377
200	10.763	32.184	14.469	56.367	7.137	8.514
325	21.332	53.515	21.592	77.959	21.077	29.591
-325	46.485	#####	22.041	100.000	70.409	100.000
	100.000		100.000		#####	

TABLA 5.1.6: MUESTREO N° 11 - DATOS DE ANALISIS GRANULOMETRICOS OBSERVADOS - CIRCUITO DIRECTO LINEA N°6

Malla	Abertura	ALIMENTACION FRESCA			DESCARGA BMI			OVER FLOW			UNDER FLOW			CC	A. Comp.
		%P	AC(+)	AC(-)	%P	AC(+)	AC(-)	O/F	AC(+)	AC(-)	U/F	AC(+)	AC(-)		
+ 1/2 m		0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000		100.000
+3/8 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000		100.000
+3 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000		100.000
10	1975	0.300	0.30	99.700	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		99.847
14	1389	1.300	1.60	98.400	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		99.184
20	986	3.700	5.30	94.700	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		97.298
28	700	5.600	10.90	89.100	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.20	0.20	99.800		94.345
35	496	11.000	21.90	78.100	0.20	0.20	99.800	0.00	0.00	100.000	0.60	0.80	99.200	0.333	88.442
48	351	10.700	32.60	67.400	0.90	1.10	98.900	0.00	0.00	100.000	1.30	2.10	97.900	1.100	82.350
65	248	11.600	44.20	55.800	2.30	3.40	96.600	0.30	0.30	99.700	3.30	5.40	94.600	1.550	74.818
100	175	9.300	53.50	46.500	4.60	8.00	92.000	1.10	1.40	98.600	9.00	14.40	85.600	1.031	65.665
150	124	10.400	63.90	36.100	9.70	17.70	82.300	2.20	3.60	96.400	21.20	35.60	64.400	0.788	49.971
200	88	9.200	73.10	26.900	15.10	32.80	67.200	5.20	8.80	91.200	23.00	58.60	41.400	0.930	34.007
325	58	11.100	84.20	15.800	21.50	54.30	45.700	22.90	31.70	68.300	19.30	77.90	22.100	0.958	18.888
-325	37	15.800	100.00	0.000	45.70	100.00	0.000	68.30	100.00	0.000	22.10	100.00	0.000	0.000	0.000
TOTAL		100.00			100.00			100.00			100.00				

AJUSTANDO DATOS - MUESTREO N° 11

CC	0.961
ALFA	1.961

Abertura	(a-u)*(u-r)	(o-u)*(u-d)	(u-r)^2+(u-d)^2	Error 1	Error 2	I1	I2
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1975	-0.0459	0.0000	0.0234	-0.0037	0.0000	-0.0007	0.0001
1389	-1.3052	0.0000	0.6655	-0.0196	0.0000	-0.0036	0.0006
986	-14.3217	0.0000	7.3019	-0.0651	0.0000	-0.0118	0.0018
700	-58.3726	-0.0400	29.8013	-0.1314	-0.1875	-0.0186	-0.0304
496	-226.9900	-0.4800	116.0907	-0.2590	-0.3624	-0.0369	-0.0586
351	-474.2873	-2.1000	242.8151	-0.3744	0.1627	-0.0728	0.0402
248	-767.5475	-10.2000	395.3336	-0.4763	1.2254	-0.1215	0.2365
175	-779.4627	-83.2000	438.3685	-0.4800	0.6014	-0.1044	0.1231
124	-408.3332	-572.8000	528.5984	-0.3474	-2.6774	0.0128	-0.4774
88	-107.1958	-1284.8400	720.2937	-0.1780	-0.1820	-0.0272	-0.0281
58	-20.2359	-1090.3200	567.2773	-0.0773	0.4800	-0.0277	0.0896
37	-2858.0980	-3043.9800	3046.5693	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SUMA	2858.0980	3043.9800	3046.5693				

a	1.937
a=	5.632
b=	0.879

TABLA 5.1.6: MUESTREO N° 11- DATO AJUSTADOS POR LAGRANGE

Malla	Abertura	A. Fresca	Descarga	A. Compuesta	Overflow	Underflow	CC
+ 1/2 m							
+3/8 m							
+3 m							
10	1975	99.701	100.000	99.846	100.000	100.001	0.937
14	1389	98.404	100.001	99.177	99.999	100.003	0.937
20	986	94.712	100.004	97.275	99.998	100.009	0.937
28	700	89.119	99.941	94.309	100.030	99.846	0.937
35	496	78.137	99.686	88.371	100.059	99.289	0.937
48	351	67.473	98.978	82.209	99.960	97.930	0.937
65	248	55.921	97.058	74.583	99.463	94.942	0.937
100	175	46.604	92.238	65.463	98.477	85.583	0.937
150	124	36.087	81.375	49.996	96.877	64.835	0.937
200	88	26.927	67.146	33.954	91.228	41.452	0.937
325	58	15.828	45.874	18.834	68.210	22.042	0.937
-325	37						

Promedio 0.937

DATO AJUSTADOS POR LAGRANGE - MUESTREO N°11

	Descarga		uf		of	
	%p	F(x)	%p	F(x)	%p	F(x)
+ 1/2 m						
+3/8 m						
+3 m						
10	0.000	0.000	-0.001	-0.001	0.000	0.000
14	-0.001	-0.001	-0.002	-0.003	0.000	0.001
20	-0.002	-0.004	-0.007	-0.009	0.001	0.002
28	0.062	0.059	0.163	0.154	-0.032	-0.030
35	0.255	0.314	0.556	0.711	-0.028	-0.059
48	0.709	1.022	1.359	2.070	0.099	0.040
65	1.920	2.942	3.438	5.508	0.496	0.537
100	4.820	7.762	8.910	14.417	0.987	1.523
150	10.863	18.625	20.747	35.165	1.599	3.123
200	14.229	32.854	23.384	58.548	5.649	8.772
325	21.272	54.126	19.410	77.958	23.018	31.790
-325	45.874	100.000	22.042	100.000	68.210	100.000
	100.000		100.000		#####	

TABLA 5.1.7: MUESTREO N° 13 - DATOS DE ANALISIS GRANULOMETRICOS OBSERVADOS - CIRCUITO DIRECTO LINEA N° 6

Malla	Abertura	ALIMENTACION FRESCA			DESCARGA BM1			OVER FLOW			UNDER FLOW			CC	A. Comp.
		%P	AC(+)	AC(-)	%P	AC(+)	AC(-)	O/F	AC(+)	AC(-)	UF	AC(+)	AC(-)		
+ 1/2 m		0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000		100.000
+3/8 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000		100.000
+3 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000		100.000
10	1975	0.000	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		100.000
14	1389	0.800	0.80	99.200	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		99.555
20	986	1.800	2.60	97.400	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		98.555
28	700	3.100	5.70	94.300	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		96.831
35	496	9.300	15.00	85.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.20	0.20	99.800		91.572
48	351	10.100	25.10	74.900	0.60	0.60	99.400	0.00	0.00	100.000	1.20	1.40	98.600	0.750	85.425
65	248	13.100	38.20	61.800	1.30	1.90	98.100	0.30	0.30	99.700	3.80	5.20	94.800	0.485	76.454
100	175	11.000	49.20	50.800	3.90	5.80	94.200	0.70	1.00	99.000	7.00	12.20	87.800	0.750	67.231
150	124	11.200	60.40	39.600	9.20	15.00	85.000	1.50	2.50	97.500	16.40	28.60	71.400	0.919	53.722
200	88	10.600	71.00	29.000	9.20	24.20	75.800	2.50	5.00	95.000	27.30	55.90	44.100	0.606	35.706
325	58	12.500	83.50	16.500	26.20	50.40	49.600	20.20	25.20	74.800	20.50	76.40	23.600	0.969	19.653
-325	37	16.500	100.00	0.000	49.60	100.00	0.000	74.80	100.00	0.000	23.60	100.00	0.000	0.000	0.000
TOTAL		100.00			100.00			100.00			100.00				

AJUSTANDO DATOS - MUESTREO N° 13

CC	0.799
ALFA	1.799

Abertura	(a-u)*(u-r)	(o-u)*(u-d)	(u-r)^2+(u-d)^2	Error 1	Error 2	I1	I2
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1975	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1389	-0.3558	0.0000	0.1978	-0.0083	0.0000	-0.0018	0.0002
986	-3.7580	0.0000	2.0892	-0.0269	0.0000	-0.0057	0.0007
700	-18.0620	0.0000	10.0411	-0.0591	0.0000	-0.0126	0.0016
496	-121.7697	-0.0400	67.7348	-0.1534	-0.1560	-0.0284	-0.0290
351	-312.2572	-1.1200	174.2315	-0.2457	-0.0241	-0.0516	0.0015
248	-605.4018	-16.1700	347.4477	-0.3421	-0.9745	-0.0464	-0.1981
175	-761.0607	-71.6800	464.0523	-0.3835	-0.1930	-0.0764	-0.0307
124	-562.1731	-354.9600	497.4858	-0.3296	1.8898	-0.1214	0.4110
88	-126.7564	-1613.5300	1075.3570	-0.1565	-5.5311	0.1166	-1.1726
58	-28.0242	-1331.2000	691.5793	-0.0736	4.9158	-0.1489	1.0479
37	-2539.6189	-3388.7000	3330.2164	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SUMA	2539.6189	3388.7000	3330.2164				

a	1.780
a=	4.778
b=	0.609

TABLA 5.1.7: MUESTREO N° 13 DATO AJUSTADOS POR LAGRANGE

Malla	Abertura	A. Fresca	Descarga	A. Compuesta	Overflow	Underflow	CC
+ 1/2 m							
+3/8 m							
+3 m							
10	1975	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
14	1389	99.202	100.000	99.552	100.000	100.001	0.780
20	986	97.406	100.001	98.544	99.999	100.004	0.780
28	700	94.313	100.003	96.809	99.998	100.009	0.780
35	496	85.028	99.948	91.522	100.029	99.845	0.780
48	351	74.952	99.403	85.333	99.998	98.639	0.780
65	248	61.846	97.747	76.372	99.898	94.991	0.780
100	175	50.876	94.145	67.095	99.031	87.884	0.780
150	124	39.721	85.732	53.506	97.089	71.174	0.780
200	88	28.883	73.713	35.913	96.173	44.924	0.780
325	58	16.649	51.465	19.388	73.752	22.899	0.780
-325	37						

Promedio 0.780

DATOS AJUSTADOS POR LAGRANGE - MUESTREO N° 13

	Descarga		uff		off	
	%p	F(x)	%p	F(x)	%p	F(x)
+ 1/2 m						
+3/8 m						
+3 m						
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	-0.001	-0.001	0.000	0.000
20	-0.001	-0.001	-0.003	-0.004	0.001	0.001
28	-0.002	-0.003	-0.005	-0.009	0.001	0.002
35	0.055	0.052	0.164	0.155	-0.031	-0.029
48	0.546	0.597	1.206	1.361	0.031	0.002
65	1.655	2.253	3.648	5.009	0.100	0.102
100	3.602	5.855	7.107	12.116	0.867	0.969
150	8.414	14.268	16.709	28.826	1.942	2.911
200	12.019	26.287	26.250	55.076	0.916	3.827
325	22.247	48.535	22.025	77.101	22.420	26.248
-325	51.465	100.000	22.899	100.000	73.752	100.000

TABLA 5.1.7: MUESTREO N° 14 - DATOS DE ANALISIS GRANULOMETRICOS OBSERVADOS - CIRCUITO DIRECTO LINEA N° 6

Malla	Abertura	ALIMENTACION FRESCA			DESCARGA BMI			OVER FLOW			UNDER FLOW			CC	A. Comp.
		%P	AC(+)	AC(-)	%P	AC(+)	AC(-)	O/F	AC(+)	AC(-)	U/F	AC(+)	AC(-)		
+ 1/2 m		0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	100.000		100.000
+3/8 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000		100.000
+3 m		0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000	0.000	0.00	100.000		100.000
10	1975	0.000	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		100.000
14	1389	0.600	0.60	99.400	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		99.644
20	986	2.300	2.90	97.100	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		98.278
28	700	5.100	8.00	92.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000		95.250
35	496	9.800	17.80	82.200	0.00	0.00	100.000	0.00	0.00	100.000	0.10	0.10	99.900		89.390
48	351	8.600	26.40	73.600	0.50	0.50	99.500	0.00	0.00	100.000	1.90	2.00	98.000	0.333	83.512
65	248	12.100	38.50	61.500	1.20	1.70	98.300	0.20	0.20	99.800	3.80	5.80	94.200	0.366	74.783
100	175	10.100	48.60	51.400	3.90	5.60	94.400	0.70	0.90	99.100	8.20	14.00	86.000	0.560	65.455
150	124	11.000	59.60	40.400	9.30	14.90	85.100	2.00	2.90	97.100	20.70	34.70	65.300	0.606	50.515
200	88	10.200	69.80	30.200	11.20	26.10	73.900	3.90	6.80	93.200	19.10	53.80	46.200	0.697	36.699
325	58	11.600	81.40	18.600	23.30	49.40	50.600	19.70	26.50	73.500	21.80	75.60	24.400	0.874	20.956
-325	37	18.600	100.00	0.000	50.60	100.00	0.000	73.50	100.00	0.000	24.40	100.00	0.000	0.000	0.000
TOTAL		100.00			100.00			100.00			100.00				

CC	0.684
ALFA	1.684

AJUSTANDO DATOS - MUESTREO N° 14

Abertura	(a-u)*(u-r)	(o-u)*(u-a)	(u-r)^2+(u-a)^2	Error 1	Error 2	T1	T2
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1975	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1389	-0.2138	0.0000	0.1269	0.0099	0.0000	0.0023	-0.0003
986	-4.9938	0.0000	2.9653	0.0479	0.0000	0.0109	-0.0012
700	-38.0026	0.0000	22.5656	0.1321	0.0000	0.0302	-0.0034
496	-186.0287	-0.0100	110.4721	0.2922	-0.0712	0.0686	-0.0239
351	-353.5192	-3.0000	212.1664	0.4028	-0.5679	0.1068	-0.1402
248	-634.9344	-22.9600	393.8281	0.5399	-1.4188	0.1603	-0.3380
175	-710.8624	-110.0400	492.6634	0.5713	-1.2800	0.1638	-0.3072
124	-368.1561	-629.6400	610.6477	0.4111	-2.0956	0.1485	-0.4892
88	-152.0104	#####	857.5524	0.2642	-0.4196	0.0713	-0.1027
58	-19.9751	-1286.4200	698.3010	0.0958	4.2482	-0.0889	0.9675
37	-2468.6964	-3353.9700	3401.2888	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SUMA	2468.6964	3353.9700	3401.2888				

a	1.712
a=	4.437
b=	0.507

TABLA 5.1.7: MUESTREO N° 14 - DATOS AJUSTADOS POR LAGRANGE

Malla	Abertura	A. Fresca	Descarga	A. Compuesta	Overflow	Underflow	CC
10	1975	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	
14	1389	99.400	100.000	100.000	100.000	100.000	
20	986	97.098	100.000	99.648	100.000	99.999	0.712
28	700	91.989	99.998	98.297	100.001	99.993	0.712
35	496	82.170	99.994	95.301	100.003	99.981	0.712
48	351	73.531	99.959	89.507	100.024	99.868	0.712
65	248	61.393	99.260	83.694	100.140	98.024	0.712
100	175	51.240	97.721	75.057	100.138	94.327	0.712
150	124	40.236	93.874	65.735	99.407	86.102	0.712
200	88	30.051	84.262	50.769	97.589	65.543	0.712
325	58	18.529	73.724	36.821	93.303	46.222	0.712
-325	37	0.089	52.256	20.804	72.532	23.775	0.712

Promedio 0.712

DATOS AJUSTADOS POR LAGRANGE - MUESTREO N° 14

	Descarga		wf		af	
	%p	F(x)	%p	F(x)	%p	F(x)
+ 1/2 m						
+3/8 m						
+3 m						
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000
20	0.002	0.002	0.005	0.007	-0.001	-0.001
28	0.004	0.006	0.012	0.019	-0.002	-0.003
35	0.035	0.041	0.113	0.132	-0.020	-0.024
48	0.699	0.740	1.844	1.976	-0.116	-0.140
65	1.539	2.279	3.697	5.673	0.002	-0.138
100	3.847	6.126	8.225	13.898	0.731	0.593
150	9.612	15.738	20.559	34.457	1.818	2.411
200	10.538	26.276	19.320	53.778	4.287	6.697
325	21.468	47.744	22.448	76.225	20.770	27.468
-325	52.256	100.000	23.775	100.000	72.532	100.000
	100.000		100.000		100.000	

***5.2 TABLA DE AJUSTE DE DATOS POR EL METODO
DE PONDERACIÓN.***

TABLA 5.2.1: DATOS AJUSTADO POR PONDERACION - MUESTREO N° 1

ANALISIS GRANULOMETRICO (VALORES AJUSTADOS)											
Malla Tyler	Abertura Micrones	% PASSING									C.C.
		A. Fresca	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Descarga	Underflow	Underflow	Overflow	Overflow	
		FI 1	FI 1	FI 2	FI 3	FI 3	FI 6	FI 6	FI 7	FI 7	
10m	1975	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
14m	1389	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
20m	986	99.30	99.30	99.63	100.00		100.00		100.00	100.00	
28m	700	96.70	96.70	98.28	100.00		100.00		100.00	100.00	
35m	496	90.50	90.50	94.85	100.00	100.00	99.60	100.00	100.00	100.00	
48m	351	81.40	81.40	89.62	99.50	99.44	98.60	98.83	100.00	100.00	0.916
65m	248	71.10	71.10	82.96	98.00	97.99	95.90	95.91	99.90	99.90	0.916
100m	175	59.60	59.60	73.47	94.80	94.51	88.60	89.18	99.40	99.40	0.916
150m	124	50.30	50.30	60.05	87.10	85.87	70.70	72.71	97.90	97.92	0.916
200m	88	39.30	39.30	42.46	71.60	71.50	45.90	45.97	94.90	94.90	0.916
325m	58	27.90	27.90	25.51	48.60	49.77	22.90	22.62	75.00	74.65	0.916
-325m	37										

	% ERROR	FACTOR DE CALIDAD
FI3	DESCARGA MOLI NO	1
FI7	OVERFLOW	1
FI6	UNDERFLOW	1

	% U/F	% O/F	CC.
100	0.4781	0.5219	0.916

CALCULO DEL F(80) ,P(80) ,RADIO DE REDUCCION DEL MOLINO - MUESTREO N°1 (COMO MOLINO)

Malla	Abertura(um)	A. COMPUESTA		DESCARGA		LOG(X)	A. COMPUESTA		DESCARGA	
		AC(+)	AC(-)	AC(+)	AC(-)		LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))	LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))
10	1975	0.00	100.00			3.30	2.00	0.00		
14m	1389	0.00	100.00			3.14	2.00	0.00		
20m	986	0.37	99.63			2.99	2.00	0.75		
28m	700	1.72	98.28			2.85	1.99	0.61		
35m	496	5.15	94.85			2.70	1.98	0.47		
48m	351	10.38	89.62	0.00	100.00	2.54	1.95	0.36	2.00	
65m	248	17.04	82.96	0.56	99.44	2.39	1.92	0.25	2.00	0.71
100m	175	26.53	73.47	2.01	97.99	2.24	1.87	0.12	1.99	0.59
150m	124	39.95	60.05	5.49	94.51	2.09	1.78	-0.04	1.98	0.46
200m	88	57.54	42.46	14.13	85.87	1.94	1.63	-0.26	1.93	0.29
325m	58	74.49	25.51	28.50	71.50	1.76	1.41	-0.53	1.85	0.10
-325m	37	100.00	0.00	50.23	49.77	1.57			1.70	-0.16

ALIMENTO			
G-G-S	F(x)=100(x/k)^m		R-R
Salida de la Regresión:			Salida de la Regresión:
Coefficiente de X:	m=	0.435	m=
R cuadrado	R2=	0.816	R2=
Coefficiente ind' b=	b=	0.796	b=
	k	587.457	Xr
	F(80)=	351.6	F(80)=
			254.1

PRODUCTO			
G-G-S			R-R
Salida de la Regresión:			Salida de la Regresión:
	m=	0.528	m=
	R2=	0.950	R2=
	b=	0.893	b=
	k	124.909	Xr
F(80)=	81.9	um	F(80)=
			74.1

TABLA 5.2.2: DATOS AJUSTADO POR PONDERACION - MUESTREO N° 2

		ANALISIS GRANULOMETRICO (VALORES AJUSTADOS)									
Malla Tyler	Abertura Micrones	% PASSING									C.C.
		A. Fresca	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Descarga	Underflow	Underflow	Overflow	Overflow	
		Fi 1	Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 3	Fi 6	Fi 6	Fi 7	Fi 7	
		100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
10m	1680	98.80	98.80	99.34	100.00		100.00		100.00	100.00	
14m	1190	94.70	94.70	97.08	100.00		100.00		100.00	100.00	
20m	840	87.10	87.10	92.89	100.00		100.00		100.00	100.00	
28m	595	78.20	78.20	87.89	100.00		99.80		100.00	100.00	
35m	420	67.70	67.70	81.75	100.00	100.00	99.00	100.00	100.00	100.00	
48m	297	59.10	59.10	76.24	98.90	98.80	97.30	97.57	99.80	100.00	
65m	210	49.20	49.20	67.83	97.00	96.44	90.70	92.80	99.40	99.41	0.814
100m	149	41.00	41.00	58.77	91.20	90.76	80.60	81.36	98.40	98.41	0.814
150m	105	31.60	31.60	43.49	78.50	78.50	58.10	58.10	95.10	95.10	0.814
200m	74	23.20	23.20	29.12	64.10	64.16	36.40	36.37	86.80	86.79	0.814
325m	53	13.30	13.30	16.53	44.20	44.61	20.50	20.42	64.50	64.31	0.814
-325m	37										
							% ERROR	FACTOR DE CALIDAD			
		FI3	DESCARGA MOLINO		1	100	% U/F	0.4488			
		FI7	OVERFLOW		1	100	% O/F	0.5512			
		FI6	UNDERFLOW		1	100	CC.	0.814			

CALCULO DEL F(80) .P(80) .RADIO DE REDUCCION DEL MOLINO - MUESTREO N°2 (COMO MOLINO)

Malla	Abertura(um)	A. COMPUESTA		DESCARGA		LOG(X)	A. COMPUESTA		DESCARGA	
		AC(+)	AC(-)	AC(+)	AC(-)		LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))	LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))
10m	1680	0.66	99.34			3.23	2.00	0.00		
14m	1190	2.92	97.08			3.08	1.99	0.00		
20m	840	7.11	92.89			2.92	1.97	0.42		
28m	595	12.11	87.89			2.77	1.94	0.32		
35m	420	18.25	81.75			2.62	1.91	0.23		
48m	297	23.76	76.24	0.00	100.00	2.47	1.88	0.16	2.00	
65m	210	32.17	67.83	1.20	98.80	2.32	1.83	0.05	1.99	0.65
100m	149	41.23	58.77	3.56	96.44	2.17	1.77	-0.05	1.98	0.52
150m	105	56.51	43.49	9.24	90.76	2.02	1.64	-0.24	1.96	0.38
200m	74	70.88	29.12	21.50	78.50	1.87	1.46	-0.46	1.89	0.19
325m	53	83.47	16.53	35.84	64.16	1.72	1.22	-0.74	1.81	0.01
-325m	37	100.00	0.00	55.39	44.61	1.57			1.65	-0.23

ALIMENTO			
G-G-S	$F(x)=100(x/k)^m$		R-R
Salida de la Regresión:			
Coefficiente de X:	m=	0.565	m=
R cuadrado	R2=	0.846	R2=
Coefficiente ind' b=	b=	0.424	b=
	k	615.599	Xr
	F(80)=	414.7	F(80)=
			388.1

PRODUCTO			
G-G-S			R-R
Salida de la Regresión:			
	m=	0.441	m=
	R2=	0.868	R2=
	b=	1.024	b=
	k	164.225	Xr
F(80)=	99.0	um	F(80)=
			80.7

TABLA 5.2.3: DATOS AJUSTADO POR PONDERACION - MUESTREO N° 3

ANALISIS GRANULOMETRICO (VALORES AJUSTADOS)											
Malla Tyler	Abertura Micrones	% PASSING									
		A. Fresca	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Descarga	Underflow	Underflow	Overflow	Overflow	C.C.
		Fi 1	Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 3	Fi 6	Fi 6	Fi 7	Fi 7	
10m	1975	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
14m	1389	99.20	99.20	99.54	100.00		100.00		100.00	100.00	
20m	986	96.70	96.70	98.11	100.00		100.00		100.00	100.00	
28m	700	91.40	91.40	95.08	100.00		100.00		100.00	100.00	
35m	496	81.00	81.00	89.14	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
48m	351	70.80	70.80	82.66	99.20	99.30	98.50	98.36	100.00	100.00	0.749
65m	248	60.20	60.20	74.55	97.60	97.38	93.70	94.29	99.70	99.70	0.749
100m	175	48.40	48.40	64.16	92.90	92.98	85.20	85.08	98.90	98.90	0.749
150m	124	35.40	35.40	47.86	82.40	82.71	64.50	64.17	96.60	96.59	0.749
200m	88	26.70	26.70	31.97	68.00	67.90	39.00	39.05	89.50	89.51	0.749
325m	58	16.50	16.50	18.73	47.50	47.45	21.70	21.71	66.70	66.72	0.749
-325m	37										

		% ERROR	FACTOR DE CALIDAD		
Fi3	DESCARGA MOLINO	1	100	% U/F	0.4282
Fi7	OVERFLOW	1	100	% O/F	0.5718
Fi6	UNDERFLOW	1	100	CC.	0.749

CALCULO DEL F(80), P(80), RADIO DE REDUCCIÓN DEL MOLINO - MUESTREO N°3 (COMO MOLINO)

Malla	Abertura(um)	A. COMPUESTA		DESCARGA		LOG(X)	A. COMPUESTA		DESCARGA	
		AC(+)	AC(-)	AC(+)	AC(-)		LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))	LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))
10	1975	0.00	100.00			3.30	2.00	0.00		0.00
14m	1389	0.46	99.54			3.14	2.00	0.00		0.00
20m	986	1.89	98.11			2.99	1.99	0.60		0.00
28m	700	4.92	95.08			2.85	1.98	0.48		0.00
35m	496	10.86	89.14			2.70	1.95	0.35		0.00
48m	351	17.34	82.66	0.00	100.00	2.54	1.92	0.24	2.00	0.00
65m	248	25.45	74.55	0.70	99.30	2.39	1.87	0.14	2.00	0.70
100m	175	35.84	64.16	2.62	97.38	2.24	1.81	0.01	1.99	0.56
150m	124	52.14	47.86	7.02	92.98	2.09	1.68	-0.19	1.97	0.42
200m	88	68.03	31.97	17.29	82.71	1.94	1.50	-0.41	1.92	0.24
325m	58	81.27	18.73	32.10	67.90	1.76	1.27	-0.68	1.83	0.06
-325m	37	100.00	0.00	52.55	47.45	1.57				

ALIMENTO					
G-G-S	$F(x)=100(x/k)^m$		R-R		
Salida de la Regresión:					
Coefficiente de X:	m=	0.545	m=	0.998	
R cuadrado	R2=	0.854	R2=	0.973	
Coefficiente ind'	b=	0.473	b=	-2.327	
	k	636.318	Xr	214.374	
	F(80)=	422.4	F(80)=	345.3	

PRODUCTO					
G-G-S			R-R		
Salida de la Regresión:					
	m=	0.259	m=	1.021	
	R2=	0.888	R2=	0.997	
	b=	1.399	b=	-1.735	
	k	206.762	Xr	49.968	
	F(80)=	87.5	F(80)=	79.6	

TABLA 5.2.4: DATOS AJUSTADO POR PONDERACION - MUESTREO N° 8

		ANALISIS GRANULOMETRICO (VALORES AJUSTADOS)									
Malla Tyler	Abertura Micrones	% PASSING									
		A. Fresca	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Descarga	Underflow	Underflow	Overflow	Overflow	C.C.
		Fi 1	Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 3	Fi 6	Fi 6	Fi 7	Fi 7	
8m	2380	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
10m	1680	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
14m	1190	99.60	99.60	99.79	100.00		100.00		100.00	100.00	
20m	840	98.00	98.00	98.93	100.00		100.00		100.00	100.00	
28m	595	94.10	94.10	96.84	100.00		100.00		100.00	100.00	
35m	420	85.70	85.70	92.33	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
48m	297	75.20	75.20	86.28	99.60	99.59	99.10	99.12	100.00	100.00	0.865
65m	210	64.90	64.90	79.92	98.50	98.52	97.30	97.27	99.60	99.60	0.865
100m	149	52.20	52.20	70.24	95.00	95.11	91.10	90.96	98.70	98.70	0.865
150m	105	39.40	39.40	55.72	86.30	86.43	74.60	74.44	96.80	96.80	0.865
200m	74	30.90	30.90	39.71	73.00	72.97	49.90	49.92	92.90	92.90	0.865
325m	53	17.20	17.20	21.19	49.60	49.53	25.80	25.82	70.00	70.03	0.865
-325m											

		% ERROR	FACTOR DE CALIDAD
FI3	DESCARGA MOLINO	1	100
FI7	OVERFLOW	1	100
FI6	UNDERFLOW	1	100

CALCULO DEL F(80), P(80), RADIO DE REDUCCION DEL MOLINO - MUESTREO N°8 (COMO MOLINO)

Malla	Abertura(um)	A. COMPUESTA		DESCARGA		LOG(X)	A. COMPUESTA		DESCARGA	
		AC(+)	AC(-)	AC(+)	AC(-)		LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))	LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))
10m	1680	0.00	100.00			3.23	2.00	0.00		0.00
14m	1190	0.21	99.79			3.08	2.00	0.00		0.00
20m	840	1.07	98.93			2.92	2.00	0.66		0.00
28m	595	3.16	96.84			2.77	1.99	0.54		0.00
35m	420	7.67	92.33			2.62	1.97	0.41		0.00
48m	297	13.72	86.28	0.00	100.00	2.47	1.94	0.30	2.00	0.00
65m	210	20.08	79.92	0.41	99.59	2.32	1.90	0.21	2.00	0.74
100m	149	29.76	70.24	1.48	98.52	2.17	1.85	0.08	1.99	0.62
150m	105	44.28	55.72	4.89	95.11	2.02	1.75	-0.09	1.98	0.48
200m	74	60.29	39.71	13.57	86.43	1.87	1.60	-0.30	1.94	0.30
325m	53	78.81	21.19	27.03	72.97	1.72	1.33	-0.62	1.86	0.12
-325m	37	100.00	0.00	50.47	49.53	1.57			1.69	-0.17

ALIMENTO			
G-G-S	$F(x)=100(x/k)^m$		
Salida de la Regresión:			
Coefficiente de X:	m=	0.484	
R cuadrado	R2=	0.797	
Coefficiente ind' b=	b=	0.688	
	k	516.062	
	F(80)=	325.3	
R-R			
Salida de la Regresión:			
	m=	0.979	
	R2=	0.959	
	b=	-2.142	
	Xr	154.321	
	F(80)=	250.9	

PRODUCTO			
G-G-S			
Salida de la Regresión:			
	m=	0.370	
	R2=	0.793	
	b=	1.190	
	k	153.905	
F(80)=	84.3	um	
R-R			
Salida de la Regresión:			
	m=	1.183	
	R2=	0.979	
	b=	-1.953	
	Xr	44.770	
	F(80)=	66.9	

TABLA 5.2.5: DATOS AJUSTADO POR PONDERACION - MUESTREO N° 10

ANALISIS GRANULOMETRICO (VALORES AJUSTADOS)											
Malla Tyler	Abertura Micrones	% PASSING									C.C.
		A. Fresca	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Descarga	Underflow	Underflow	Overflow	Overflow	
		Fi 1	Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 3	Fi 6	Fi 6	Fi 7	Fi 7	
10m	1975	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
14m	1389	99.10	99.10	99.53	100.00		100.00		100.00	100.00	
20m	986	96.80	96.80	98.34	100.00		100.00		100.00	100.00	
28m	700	92.40	92.40	96.06	100.00		100.00		100.00	100.00	
35m	496	80.10	80.10	89.54	100.00	100.00	99.70	100.00	100.00	100.00	
48m	351	70.00	70.00	83.34	98.80	98.85	97.70	97.61	100.00	100.00	0.930
65m	248	59.10	59.10	75.77	96.00	96.52	93.70	93.11	99.70	99.70	0.930
100m	175	46.90	46.90	64.68	91.10	91.48	83.80	83.29	99.10	99.10	0.930
150m	124	34.00	34.00	45.03	81.00	79.05	56.90	59.28	97.40	97.43	0.930
200m	88	26.30	26.30	34.78	66.80	68.34	43.90	42.98	92.00	91.91	0.930
325m	58	16.00	16.00	18.84	46.70	46.92	21.90	21.85	70.30	70.22	0.930
-325m	37										

		% ERROR	FACTOR DE CALIDAD		
FI3	DESCARGA MOLINO	1	100	% U/F	0.4817
FI7	OVERFLOW	1	100	% O/F	0.5183
FI6	UNDERFLOW	1	100	CC.	0.930

CALCULO DEL F(80), P(80), RADIO DE REDUCCIÓN DEL MOLINO - MUESTREO N°10 (COMO MOLINO)

Malla	Abertura(um)	A. COMPUESTA		DESCARGA		LOG(X)	A. COMPUESTA		DESCARGA	
		AC(+)	AC(-)	AC(+)	AC(-)		LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))	LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))
10m	1975	0.00	100.00	100.00	0.00	3.30	2.00	0.00		
14m	1389	0.47	99.53	100.00	0.00	3.14	2.00	0.00		
20m	986	1.66	98.34	100.00	0.00	2.99	1.99	0.61		
28m	700	3.94	96.06	100.00	0.00	2.85	1.98	0.51		
35m	496	10.46	89.54	100.00	0.00	2.70	1.95	0.35		
48m	351	16.66	83.34	0.00	100.00	2.54	1.92	0.25	2.00	0.00
65m	248	24.23	75.77	1.15	98.85	2.39	1.88	0.15	1.99	0.65
100m	175	35.32	64.68	3.48	96.52	2.24	1.81	0.02	1.98	0.53
150m	124	54.97	45.03	8.52	91.48	2.09	1.65	-0.22	1.96	0.39
200m	88	65.22	34.78	20.95	79.05	1.94	1.54	-0.37	1.90	0.19
325m	58	81.16	18.84	31.66	68.34	1.76	1.28	-0.68	1.83	0.06
-325m	37	100.00	0.00	53.08	46.92	1.57			1.67	-0.20

ALIMENTO			
G-G-S	$F(x)=100(x/k)^m$		R-R
Salida de la Regresión:			
Coefficiente de X:	m=	0.540	
R cuadrado	R2=	0.856	
Coefficiente ind ² b=	b=	0.489	
	k	631.493	
	F(80)=	417.6	
			Salida de la Regresión:
	m=	1.008	
	R2=	0.976	
	b=	-2.341	
	Xr	209.569	
	F(80)=	336.0	

PRODUCTO			
G-G-S			R-R
Salida de la Regresión:			
	m=	0.379	
	R2=	0.889	
	b=	1.132	
	k	194.081	
F(80)=	107.8	um	
			Salida de la Regresión:
	m=	1.022	
	R2=	0.993	
	b=	-1.773	
	Xr	54.371	
	F(80)=	86.6	

TABLA 5.2.6: DATOS AJUSTADO POR PONDERACION - MUESTREO N° 11

ANALISIS GRANULOMETRICO (VALORES AJUSTADOS)											
Malla Tyler	Abertura Micrones	% PASSING									C.C.
		A. Fresca	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Descarga	Underflow	Underflow	Overflow	Overflow	
		Fi 1	Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 3	Fi 6	Fi 6	Fi 7	Fi 7	
10m	1975	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
14m	1389	99.70	99.70	99.84	100.00		100.00		100.00	100.00	
20m	986	98.40	98.40	99.17	100.00		100.00		100.00	100.00	
28m	700	94.70	94.70	97.24	100.00		100.00		100.00	100.00	
28m	700	89.10	89.10	94.22	100.00		99.80		100.00	100.00	
35m	496	78.10	78.10	88.20	99.80	100.00	99.20	100.00	100.00	100.00	
48m	351	67.40	67.40	82.00	98.90	98.95	97.90	97.81	100.00	100.00	0.918
65m	248	55.80	55.80	74.37	96.60	97.02	94.60	94.11	99.70	99.70	0.918
100m	175	46.50	46.50	65.21	92.00	92.23	85.60	85.29	98.60	98.60	0.918
150m	124	36.10	36.10	49.65	82.30	81.53	64.40	65.31	96.40	96.42	0.918
200m	88	26.90	26.90	33.84	67.20	67.32	41.40	41.33	91.20	91.19	0.918
325m	58	15.80	15.80	18.82	45.70	46.07	22.10	22.01	68.30	68.15	0.918
-325m	37										

		% ERROR	FACTOR DE CALIDAD		
Fi3	DESCARGA MOLINO	1	100	% U/F	0.4786
Fi7	OVERFLOW	1	100	% O/F	0.5214
Fi6	UNDERFLOW	1	100	CC.	0.918

CALCULO DEL F(80), P(80), RADIO DE REDUCCION DEL MOLINO - MUESTREO N°11 (COMO MOLINO)

Malla	Abertura(um)	A. COMPUESTA		DESCARGA		LOG(X)	A. COMPUESTA		DESCARGA	
		AC(+)	AC(-)	AC(+)	AC(-)		LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))	LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))
10m	1975	0.16	99.84	100.00	0.00	3.30	2.00	0.00		
14m	1389	0.83	99.17	100.00	0.00	3.14	2.00	0.00		
20m	986	2.76	97.24	100.00	0.00	2.99	1.99	0.55		
28m	700	5.78	94.22	100.00	0.00	2.85	1.97	0.46		
35m	496	11.80	88.20	100.00	0.00	2.70	1.95	0.33		
48m	351	18.00	82.00	0.00	100.00	2.54	1.91	0.23	2.00	
65m	248	25.63	74.37	1.05	98.95	2.39	1.87	0.13	2.00	0.66
100m	175	34.79	65.21	2.98	97.02	2.24	1.81	0.02	1.99	0.55
150m	124	50.35	49.65	7.77	92.23	2.09	1.70	-0.16	1.96	0.41
200m	88	66.16	33.84	18.47	81.53	1.94	1.53	-0.38	1.91	0.23
325m	58	81.18	18.82	32.68	67.32	1.76	1.27	-0.68	1.83	0.05
-325m	37	100.00	0.00	53.93	46.07	1.57			1.66	-0.21

ALIMENTO			
G-G-S	$F(x)=100(x/k)^m$		R-R
Salida de la Regresión:			
Coefficiente de X:	m=	0.527	m=
R cuadrado	R2=	0.841	R2=
Coefficiente ind' b=	b=	0.518	b=
	k	646.218	Xr
	F(80)=	423.2	F(80)=
			354.0

PRODUCTO			
G-G-S			R-R
Salida de la Regresión:			
	m=	0.391	m=
	R2=	0.877	R2=
	b=	1.110	b=
	k	189.453	Xr
F(80)=	107.0	um	F(80)=
			85.3

TABLA 5.2.7: DATOS AJUSTADO POR PONDERACION - MUESTREO N° 13

ANALISIS GRANULOMETRICO (VALORES AJUSTADOS)												
Malla Tyler	Abertura Micrones	% PASSING									C.C.	
		A. Fresca	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Descarga	Underflow	Underflow	Overflow	Overflow		
		Fi 1	Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 3	Fi 6	Fi 6	Fi 7	Fi 7		
		100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00		
10m	1975	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00		
14m	1389	99.20	99.20	99.55	100.00		100.00		100.00	100.00		
20m	986	97.40	97.40	98.54	100.00		100.00		100.00	100.00		
28m	700	94.30	94.30	96.80	100.00		100.00		100.00	100.00		
35m	496	85.00	85.00	91.50	100.00	100.00	99.80	100.00	100.00	100.00		
48m	351	74.90	74.90	85.31	99.40	99.39	98.60	98.62	100.00	100.00	0.784	
65m	248	61.80	61.80	76.30	98.10	97.87	94.80	95.52	99.70	99.70	0.784	
100m	175	50.80	50.80	67.06	94.20	94.13	87.80	87.92	99.00	99.00	0.784	
150m	124	39.60	39.60	53.57	85.00	85.68	71.40	70.63	97.50	97.49	0.784	
200m	88	29.00	29.00	35.64	75.80	73.49	44.10	45.93	95.00	95.09	0.784	
325m	58	16.50	16.50	19.62	49.60	51.71	23.60	23.12	74.80	74.13	0.784	
-325m	37											
							% ERROR	FACTOR DE CALIDAD				
							Fi3	DESCARGA MOLINO	1	100	% U/F	0.4394
							Fi7	OVERFLOW	1	100	% O/F	0.5606
							Fi6	UNDERFLOW	1	100	CC.	0.784

CALCULO DEL F(80) ,P(80) ,RADIO DE REDUCCIÓN DEL MOLINO - MUESTREO N°13 (COMO MOLINO)

Malla	Abertura(um)	A. COMPUESTA		DESCARGA		LOG(X)	A. COMPUESTA		DESCARGA	
		AC(+)	AC(-)	AC(+)	AC(-)		LOG(AC(-))	OG(LN(100/AC(+)))	LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))
10m	1975	0.00	100.00			3.30	2.00	0.00		
14m	1389	0.45	99.55			3.14	2.00	0.00		
20m	986	1.46	98.54			2.99	1.99	0.63		
28m	700	3.20	96.80			2.85	1.99	0.54		
35m	496	8.50	91.50			2.70	1.96	0.39		
48m	351	14.69	85.31	0.00	100.00	2.54	1.93	0.28	2.00	
65m	248	23.70	76.30	0.61	99.39	2.39	1.88	0.16	2.00	0.71
100m	175	32.94	67.06	2.13	97.87	2.24	1.83	0.05	1.99	0.59
150m	124	46.43	53.57	5.87	94.13	2.09	1.73	-0.12	1.97	0.45
200m	88	64.36	35.64	14.32	85.68	1.94	1.55	-0.36	1.93	0.29
325m	58	80.38	19.62	26.51	73.49	1.76	1.29	-0.66	1.87	0.12
-325m	37	100.00	0.00	48.29	51.71	1.57			1.71	-0.14

ALIMENTO			
G-G-S	$F(x)=100(x/k)^m$		R-R
Salida de la Regresión:			
Coefficiente de X:	m=	0.515	m=
R cuadrado	R2=	0.829	R2=
Coefficiente ind' b=	b=	0.563	b=
	k	614.190	Xr
	F(80)=	398.3	F(80)=
			313.6

PRODUCTO			
G-G-S			R-R
Salida de la Regresión:			
	m=	0.328	m=
	R2=	0.852	R2=
	b=	1.257	b=
	k	185.133	Xr
F(80)=	93.7	um	F(80)=
			74.5

TABLA 5.2.8: DATOS AJUSTADO POR PONDERACION - MUESTREO N° 14

ANALISIS GRANULOMETRICO (VALORES AJUSTADOS)											
Malla Tyler	Abertura Micrones	% PASSING									C.C.
		A. Fresca	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Descarga	Underflow	Underflow	Overflow	Overflow	
		Fi 1	Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 3	Fi 6	Fi 6	Fi 7	Fi 7	
8m		100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
10m	1975	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	100.00	
14m	1389	99.40	99.40	99.66	100.00		100.00		100.00	100.00	
20m	986	97.10	97.10	98.33	100.00		100.00		100.00	100.00	
28m	700	92.00	92.00	95.40	100.00		100.00		100.00	100.00	
35m	496	82.20	82.20	89.73	100.00	100.00	99.90	100.00	100.00	100.00	
48m	351	73.60	73.60	83.98	99.50	99.41	98.00	98.61	100.00	100.00	0.741
65m	248	61.50	61.50	75.41	98.30	98.00	94.20	95.57	99.80	99.80	0.741
100m	175	51.40	51.40	66.12	94.40	93.95	86.00	86.99	99.10	99.11	0.741
150m	124	40.40	40.40	50.99	85.10	84.14	65.30	66.60	97.10	97.13	0.741
200m	88	30.20	30.20	37.01	73.90	73.38	48.20	46.57	93.20	93.23	0.741
325m	58	18.60	18.60	21.07	50.60	52.15	24.40	24.04	73.50	72.96	0.741
-325m	37										

		% ERROR	FACTOR DE CALIDAD		
FI3	DESCARGA MOLINO	1	100	% U/F	0.4255
FI7	OVERFLOW	1	100	% O/F	0.5745
FI6	UNDERFLOW	1	100	CC.	0.741

CALCULO DEL F(80) ,P(80) ,RADIO DE REDUCCIÓN DEL MOLINO - MUESTREO N°14 (COMO MOLINO)

Malla	Abertura(um)	A. COMPUESTA		DESCARGA		LOG(X)	A. COMPUESTA		DESCARGA	
		AC(+)	AC(-)	AC(+)	AC(-)		LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))	LOG(AC(-))	LOG(LN(100/AC(+)))
10m	1975	0.00	100.00	100.00	0.00	3.30	2.00	0.00		0.00
14m	1389	0.34	99.66	100.00	0.00	3.14	2.00	0.00		0.00
20m	986	1.67	98.33	100.00	0.00	2.99	1.99	0.61		0.00
28m	700	4.60	95.40	100.00	0.00	2.85	1.98	0.49		0.00
35m	496	10.27	89.73	100.00	0.00	2.70	1.95	0.36		0.00
48m	351	16.02	83.98	0.00	100.00	2.54	1.92	0.26	2.00	0.00
65m	248	24.59	75.41	0.59	99.41	2.39	1.88	0.15	2.00	0.71
100m	175	33.88	66.12	2.00	98.00	2.24	1.82	0.03	1.99	0.59
150m	124	49.01	50.99	6.05	93.95	2.09	1.71	-0.15	1.97	0.45
200m	88	62.99	37.01	15.86	84.14	1.94	1.57	-0.34	1.93	0.27
325m	58	78.93	21.07	26.62	73.38	1.76	1.32	-0.63	1.87	0.12
-325m	37	100.00	0.00	47.85	52.15	1.57			1.72	-0.13

ALIMENTO			
G-G-S	$F(x)=100(x/k)^m$		R-R
Salida de la Regresión:			
Coefficiente de X:	m=	0.496	m=
R cuadrado	R2=	0.851	R2=
Coefficiente ind' b=	b=	0.608	b=
	k	638.795	Xr
	F(80)=	407.4	F(80)=
			327.4

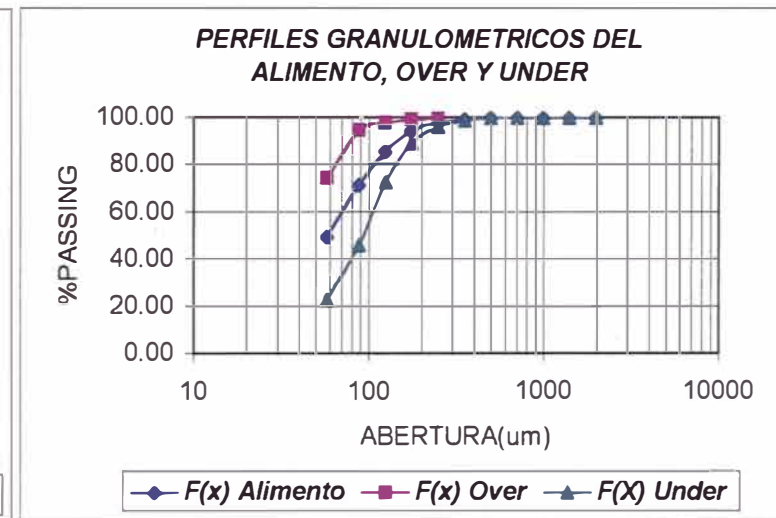
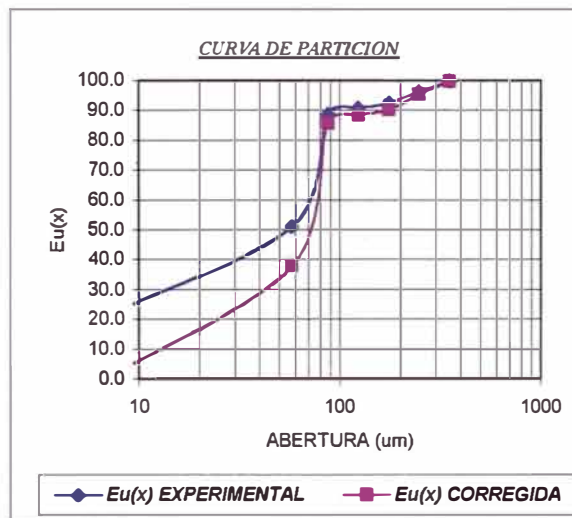
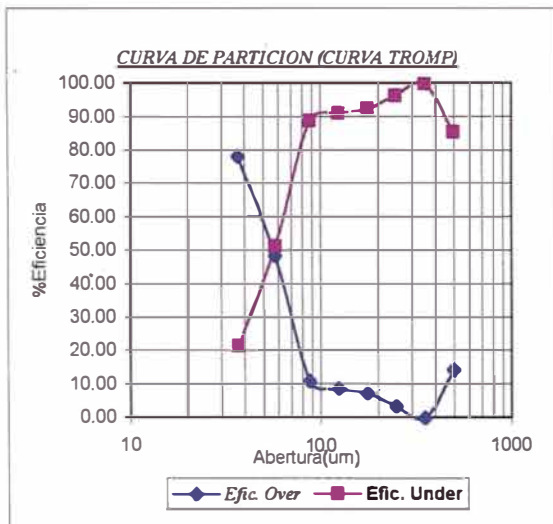
PRODUCTO			
G-G-S			R-R
Salida de la Regresión:			
	m=	0.326	m=
	R2=	0.866	R2=
	b=	1.260	b=
	k	186.896	Xr
F(80)=	94.2	um	F(80)=
			75.0

5.3 TABLAS DE RESULTADOS DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACIÓN.

TABLA 5.3.1: CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACION, D50 Y PARTICION DEL MUESTREO N°1

MALLA	Abertura (um)	F	G(x)f	F(x)f	O	G(x)o	F(x)o	U	G(x)u	F(x)u	CC
10	1975	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
14	1389	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
20	986	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
28	700	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
35	496	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
48	351	0.56	0.56	99.44	0.00	0.00	100.00	1.17	1.17	98.83	0.916
65	248	1.45	2.01	97.99	0.10	0.10	99.90	2.91	4.09	95.91	0.916
100	175	3.48	5.49	94.51	0.50	0.60	99.40	6.74	10.82	89.18	0.916
150	124	8.65	14.13	85.87	1.48	2.08	97.92	16.47	27.29	72.71	0.916
200	88	14.36	28.50	71.50	3.02	5.10	94.90	26.74	54.03	45.97	0.916
325	58	21.73	50.23	49.77	20.25	25.35	74.65	23.35	77.38	22.62	0.916
-325	37	49.77	100.00	0.00	74.65	100.00	0.00	22.62	100.00	0.00	0.916
TOTAL		100.00			100.00			100.00			

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS CICLONES - MUESTREO N°1



En el gráfico anterior se tiene determinado el D50 = 56 um, para este valor corresponde

Ff(d50)	49.74
Fu(d50)	22.63
Fo(d50)	74.66

E(o)	78.3
E(u)	73.6
Ettotal	57.7

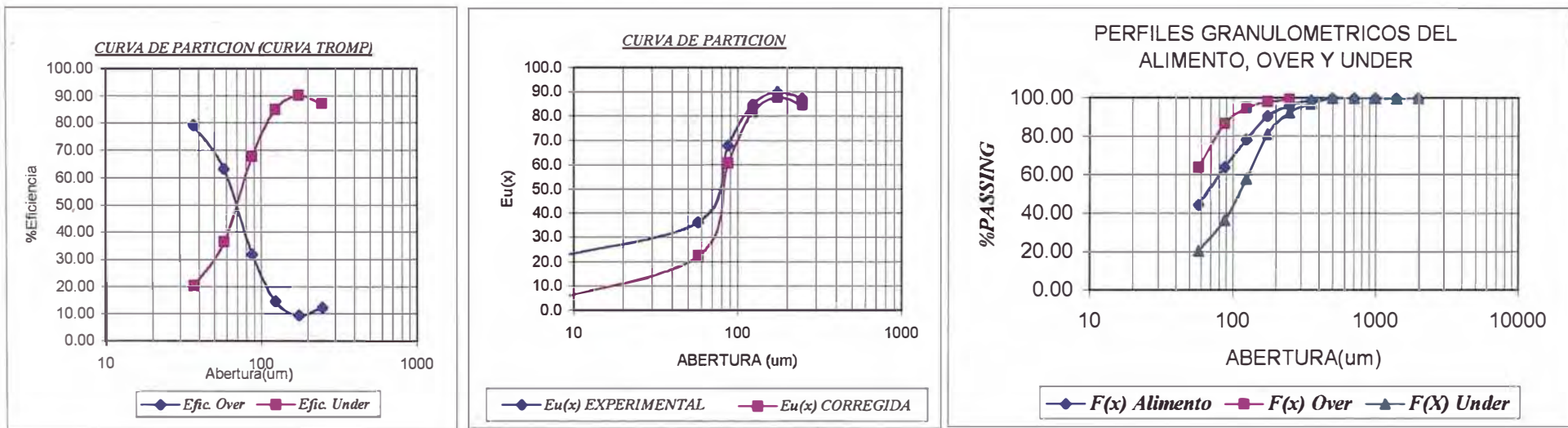
% solidos:	
%F	52.22
%U	71
%O	42
p	0.213
by nass	0.213

O:	0.522
U:	0.478
f _{cc}	0.916

TABLA 5.3.2: CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACION, D50 Y PARTICION DEL MUESTREO N° 2

MALLA	Abertura (um)	F	G(x)f	F(x)f	O	G(x)o	F(x)o	U	G(x)u	F(x)u	CC
10	1975	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
14	1389	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
20	986	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
28	700	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
35	496	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
48	351	1.13	1.13	98.87	0.04	0.04	99.96	2.47	2.47	97.53	0.814
65	248	2.43	3.56	96.44	0.55	0.59	99.41	4.74	7.20	92.80	0.814
100	175	5.69	9.24	90.76	1.00	1.59	98.41	11.44	18.64	81.36	0.814
150	124	12.26	21.50	78.50	3.31	4.90	95.10	23.25	41.90	58.10	0.814
200	88	14.33	35.83	64.17	8.31	13.21	86.79	21.73	63.63	36.37	0.814
325	58	19.55	55.39	44.61	22.49	35.70	64.30	15.95	79.58	20.42	0.814
-325	37	44.61	100.00	0.00	64.30	100.00	0.00	20.42	100.00	0.00	0.814
TOTAL		100.00			100.00			100.00			

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS CICLONES - MUESTREO N°2



En el gráfico anterior se tiene determinado el D50= 80 um, para este valor corresponde

Ff(d50)	58.95
Fu(d50)	32.12
Fo(d50)	80.79

E(o)	75.6
E(u)	74.2
Ettotal	56.1

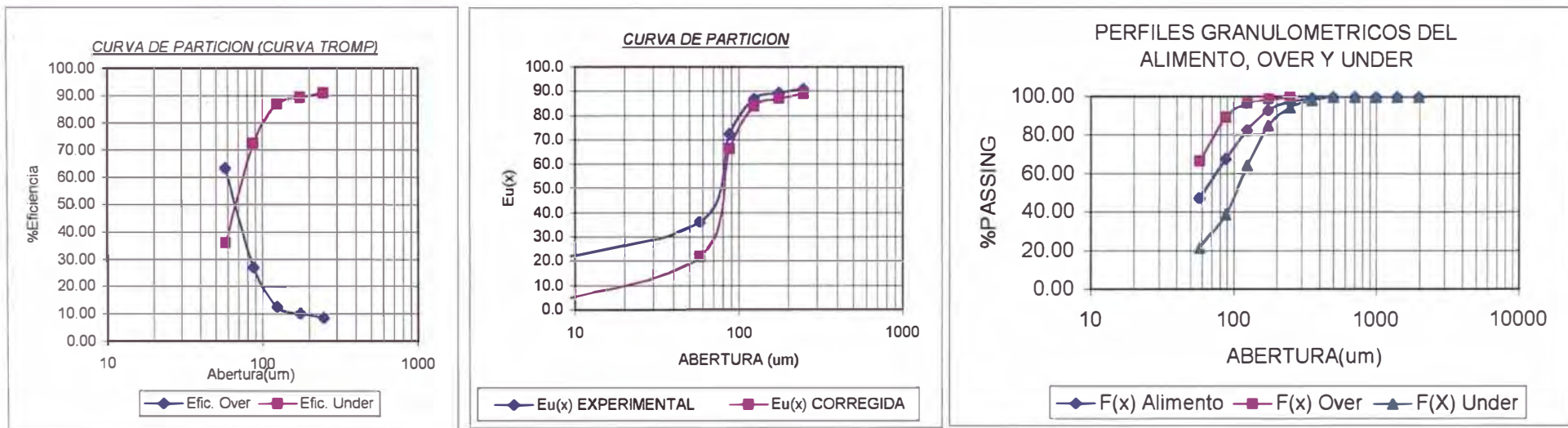
% solidos:	
%F	52.2
%U	73
%O	42.5
p	0.181
by pass	0.182

O:	0.551
U:	0.449
f _{c.c}	0.814

TABLA 5.3.3: CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACION, D50 Y PARTICION DEL MUESTREO N°3

MAILLA	Abertura (um)	F	G(x)f	F(x)f	O	G(x)o	F(x)o	U	G(x)u	F(x)u	CC
10	1975	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
14	1389	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
20	986	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
28	700	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
35	496	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
48	351	0.70	0.70	99.30	0.00	0.00	100.00	1.64	1.64	98.36	0.749
65	248	1.91	2.62	97.38	0.30	0.30	99.70	4.07	5.71	94.29	0.749
100	175	4.40	7.02	92.98	0.80	1.10	98.90	9.21	14.92	85.08	0.749
150	124	10.27	17.29	82.71	2.31	3.41	96.59	20.90	35.83	64.17	0.749
200	88	14.81	32.10	67.90	7.08	10.49	89.51	25.12	60.95	39.05	0.749
325	58	20.45	52.55	47.45	22.79	33.28	66.72	17.34	78.29	21.71	0.749
-325	37	47.45	100.00	0.00	66.72	100.00	0.00	21.71	100.00	0.00	0.749
TOTAL		100.00			100.00			100.00			

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS CICLONES - MUESTREO N°3



En el gráfico anterior se tiene determinado el D50= 76 um, para este valor corresponde

Ff(d50)	59.69
Fu(d50)	32.13
Fo(d50)	80.39

E(o)	77.0
E(u)	72.1
Ettotal	55.5

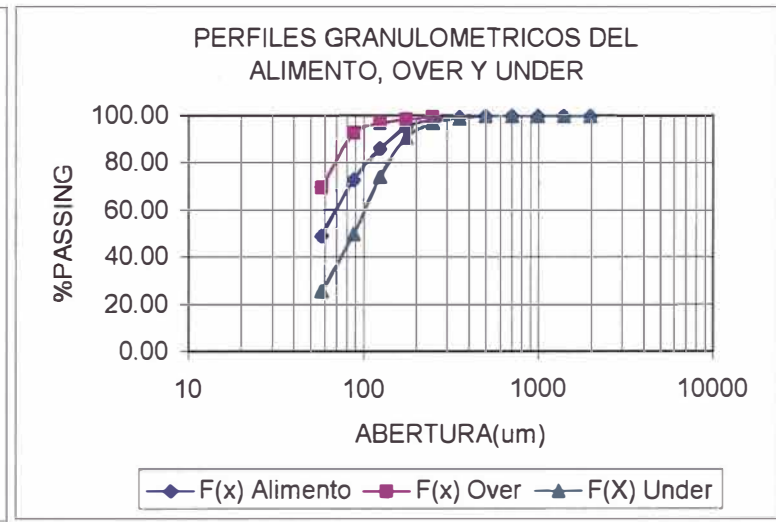
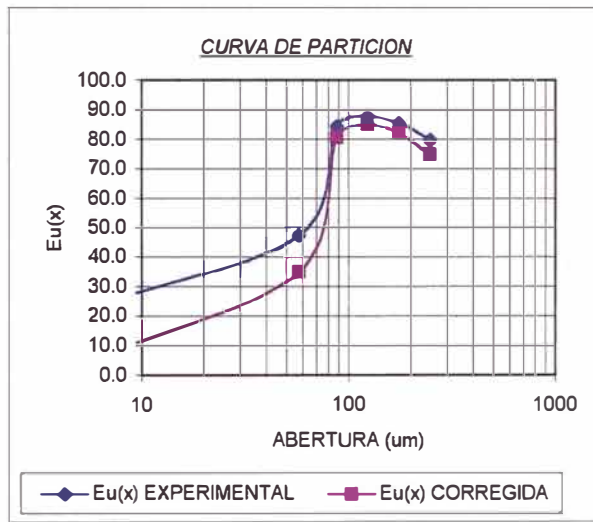
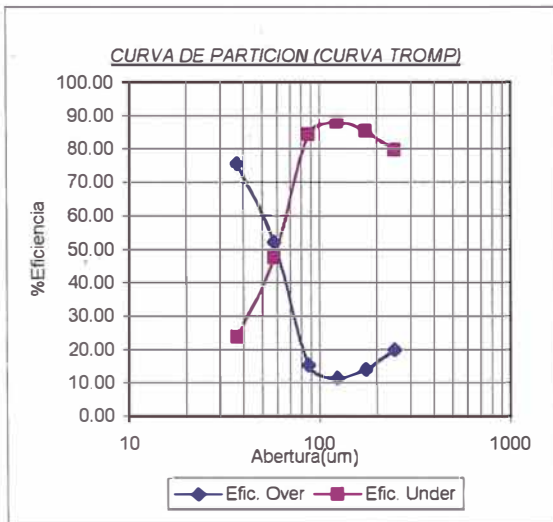
% solidos:	
%F	51
%U	71
%O	42
p	0.182
by pass	0.181

O:	0.572
U:	0.428
f.c.c	0.749

TABLA 5.3.4: CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACION, D50 Y PARTICION DEL MUESTREO N° 8

MAILLA	Abertura (um)	F	G(x)f	F(x)f	O	G(x)o	F(x)o	U	G(x)u	F(x)u	CC
10	1975	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
14	1389	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
20	986	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
28	700	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
35	496	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
48	351	0.41	0.41	99.59	0.00	0.00	100.00	0.88	0.88	99.12	0.865
65	248	1.07	1.48	98.52	0.40	0.40	99.60	1.85	2.73	97.27	0.865
100	175	3.41	4.89	95.11	0.90	1.30	98.70	6.32	9.04	90.96	0.865
150	124	8.68	13.57	86.43	1.90	3.20	96.80	16.51	25.56	74.44	0.865
200	88	13.46	27.03	72.97	3.89	7.10	92.90	24.52	50.08	49.92	0.865
325	58	23.44	50.47	49.53	22.87	29.97	70.03	24.10	74.18	25.82	0.865
-325	37	49.53	100.00	0.00	70.03	100.00	0.00	25.82	100.00	0.00	0.865
TOTAL		100.00			100.00			100.00			

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS CICLONES - MUESTREO N°8



En el gráfico anterior se tiene determinado el D50= 60 um, para este valor corresponde

Ff(d50)	51.09
Fu(d50)	27.43
Fo(d50)	71.55

E(o)	75.1
E(u)	68.8
Ettotal	51.7

% solidos:

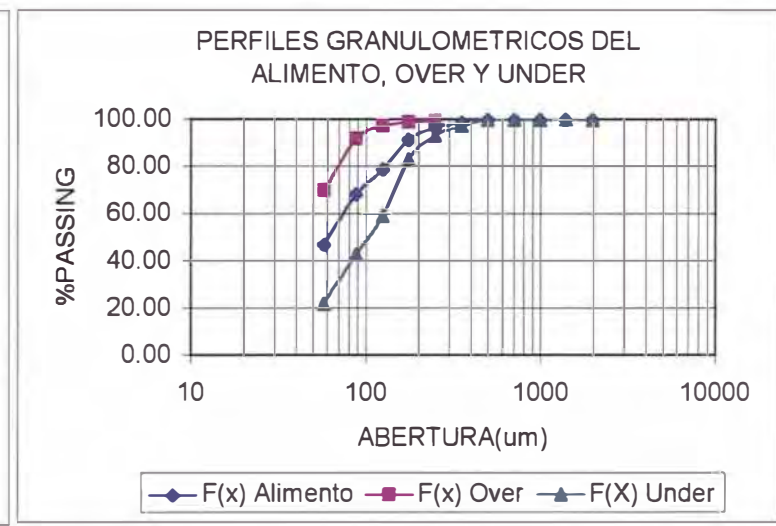
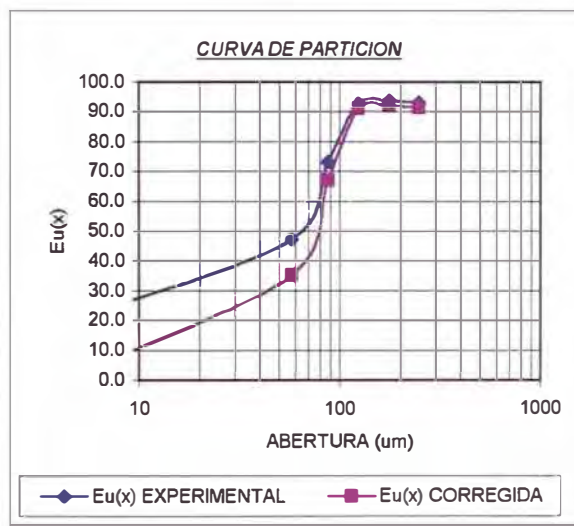
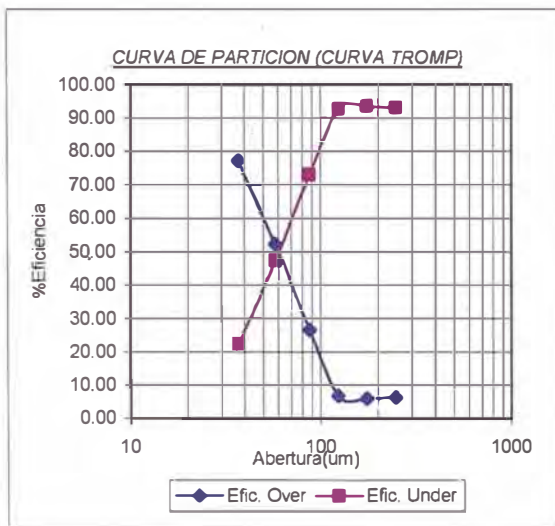
%F	55.4
%U	75
%O	45
p	0.192
h _v .n _o s _s	0.191

O:	0.536
U:	0.464
f _{c.c}	0.865

TABLA 5.3.5: CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACION, D50 Y PARTICION DEL MUESTREO N° 10

MALLA	Abertura (um)	F	G(x)f	F(x)f	O	G(x)o	F(x)o	U	G(x)u	F(x)u	CC
10	1975	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
14	1389	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
20	986	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
28	700	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
35	496	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
48	351	1.15	1.15	98.85	0.00	0.00	100.00	2.39	2.39	97.61	0.930
65	248	2.33	3.48	96.52	0.30	0.30	99.70	4.51	6.89	93.11	0.930
100	175	5.04	8.52	91.48	0.60	0.90	99.10	9.82	16.71	83.29	0.930
150	124	12.43	20.95	79.05	1.67	2.57	97.43	24.00	40.72	59.28	0.930
200	88	10.71	31.66	68.34	5.52	8.09	91.91	16.30	57.02	42.98	0.930
325	58	21.42	53.08	46.92	21.69	29.78	70.22	21.13	78.15	21.85	0.930
-325	37	46.92	100.00	0.00	70.22	100.00	0.00	21.85	100.00	0.00	0.930
TOTAL		100.00			100.00			100.00			

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS CICLONES - MUESTREO N°10



En el gráfico anterior se tiene determinado el D50= 60 um, para este valor corresponde

Ff(d50)	48.35
Fu(d50)	23.26
Fo(d50)	71.67

E(o)	76.8
E(u)	71.6
Ettotal	55.0

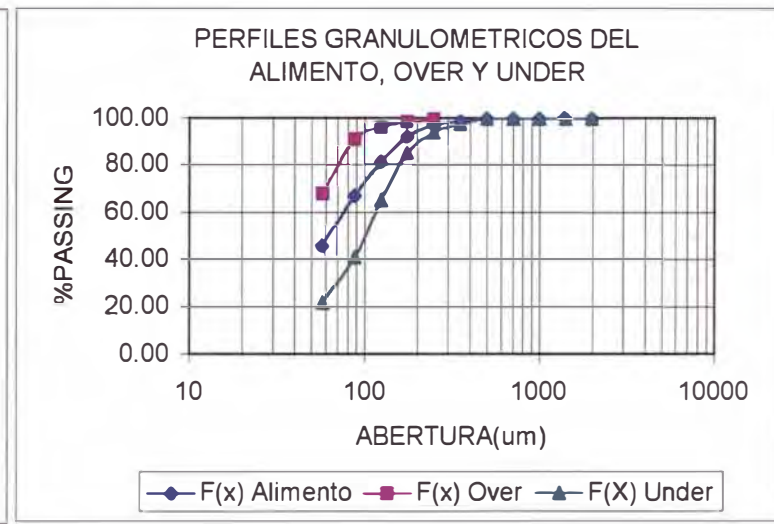
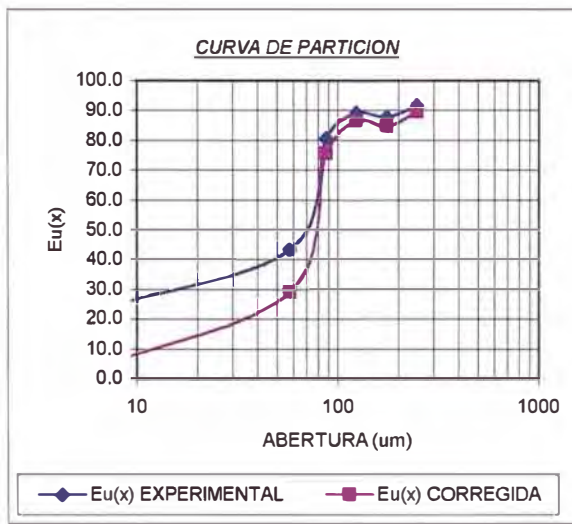
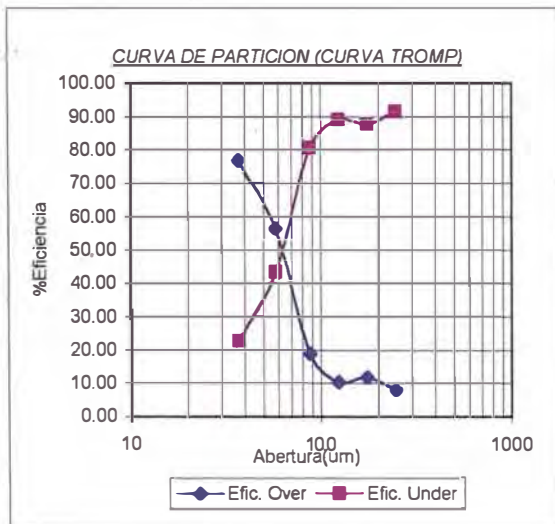
% solidos:	
%F	53.3
%U	74.8
%O	42
p	0.185
hv pass	0.185

O:	0.518
U:	0.482
f _{c.c}	0.930

TABLA 5.3.6: CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACION, D50 Y PARTICION DEL MUESTREO N° 11

MALLA	Abertura (um)	F	G(x)f	F(x)f	O	G(x)o	F(x)o	U	G(x)u	F(x)u	CC
10	1975	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
14	1389	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
20	986	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
28	700	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
35	496	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
48	351	1.05	1.05	98.95	0.00	0.00	100.00	2.19	2.19	97.81	0.918
65	248	1.93	2.98	97.02	0.30	0.30	99.70	3.70	5.89	94.11	0.918
100	175	4.79	7.77	92.23	1.10	1.40	98.60	8.82	14.71	85.29	0.918
150	124	10.70	18.47	81.53	2.17	3.58	96.42	19.98	34.69	65.31	0.918
200	88	14.21	32.68	67.32	5.23	8.81	91.19	23.98	58.67	41.33	0.918
325	58	21.26	53.93	46.07	23.04	31.85	68.15	19.31	77.99	22.01	0.918
-325	37	46.07	100.00	0.00	68.15	100.00	0.00	22.01	100.00	0.00	0.918
TOTAL		100.00			100.00			100.00			

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS CICLONES - MUESTREO N°11



En el gráfico anterior se tiene determinado el D50 = 65 um, para este valor corresponde

Ff(d50)	51
Fu(d50)	26.52
Fo(d50)	73.53

E(o)	75.2
E(u)	71.8
Etotal	54.0

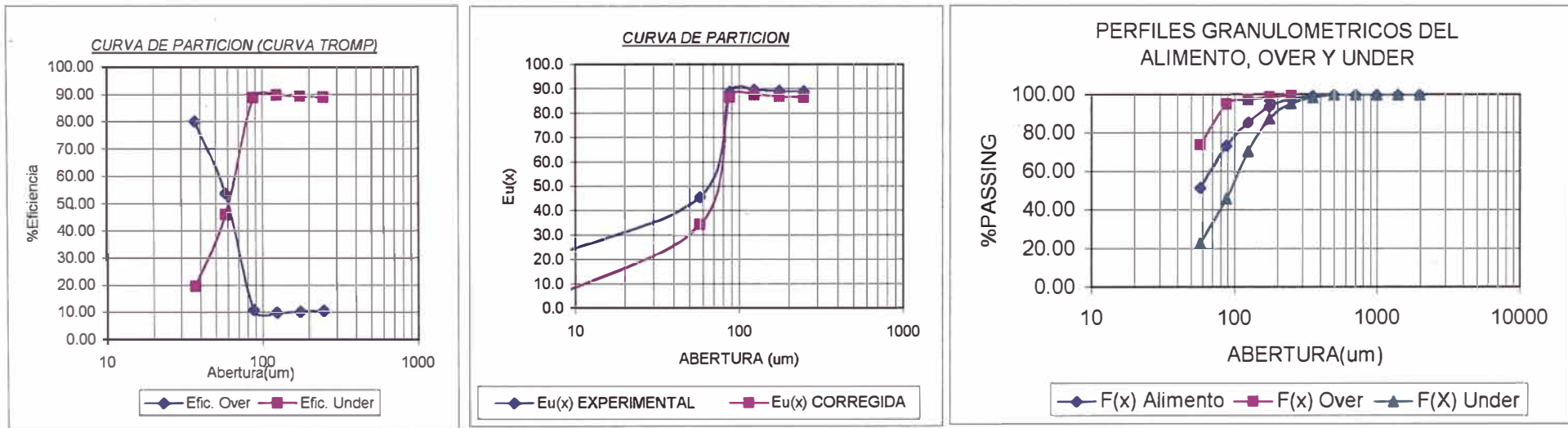
% solidos:	
%F	55.6
%U	75
%O	45
p	0.200
hv pass	0.200

O:	0.521
U:	0.479
$f_{c.c}$	0.918

TABLA 5.3.7: CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACION, D50 Y PARTICION DEL MUESTREO N° 13

MALLA	Abertura (um)	F	G(x)f	F(x)f	O	G(x)o	F(x)o	U	G(x)u	F(x)u	CC
10	1975	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
14	1389	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
20	986	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
28	700	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
35	496	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
48	351	0.61	0.61	99.39	0.00	0.00	100.00	1.38	1.38	98.62	0.784
65	248	1.53	2.13	97.87	0.30	0.30	99.70	3.10	4.48	95.52	0.784
100	175	3.73	5.87	94.13	0.70	1.00	99.00	7.60	12.08	87.92	0.784
150	124	8.45	14.32	85.68	1.52	2.51	97.49	17.29	29.37	70.63	0.784
200	88	12.20	26.51	73.49	2.40	4.91	95.09	24.69	54.07	45.93	0.784
325	58	21.78	48.29	51.71	20.96	25.87	74.13	22.82	76.88	23.12	0.784
-325	37	51.71	100.00	0.00	74.13	100.00	0.00	23.12	100.00	0.00	0.784
TOTAL		100.00			100.00			100.00			

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS CICLONES - MUESTREO N°13



En el gráfico anterior se tiene determinado el D50= 62 um, para este valor corresponde

Ff(d50)	54.61
Fu(d50)	26.16
Fo(d50)	76.92

E(o)	79.0
E(u)	71.5
Ettotal	56.4

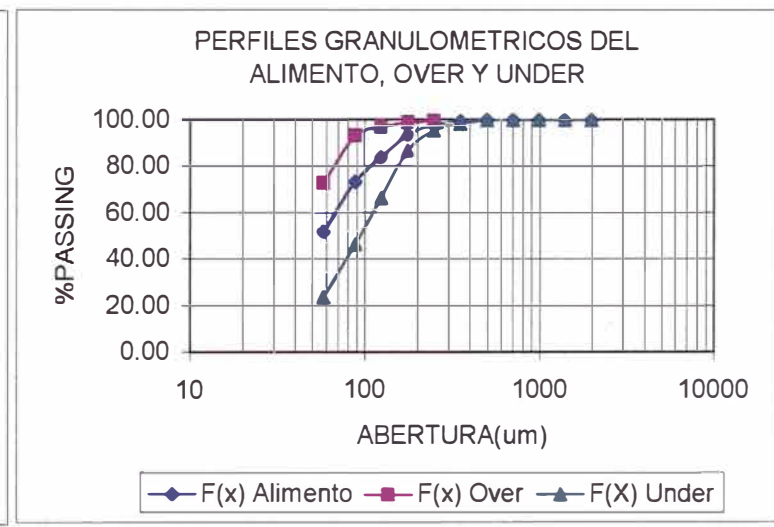
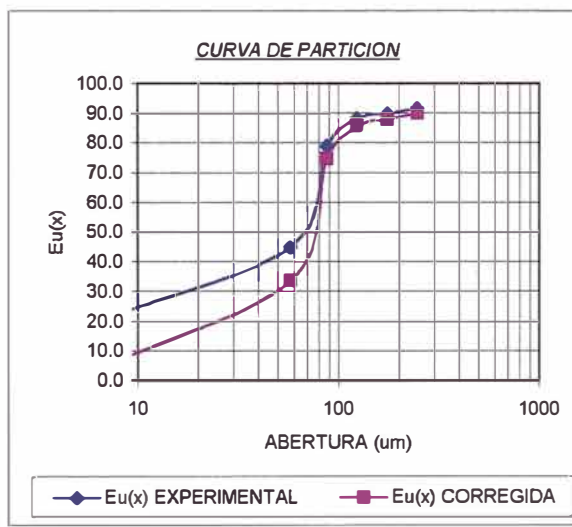
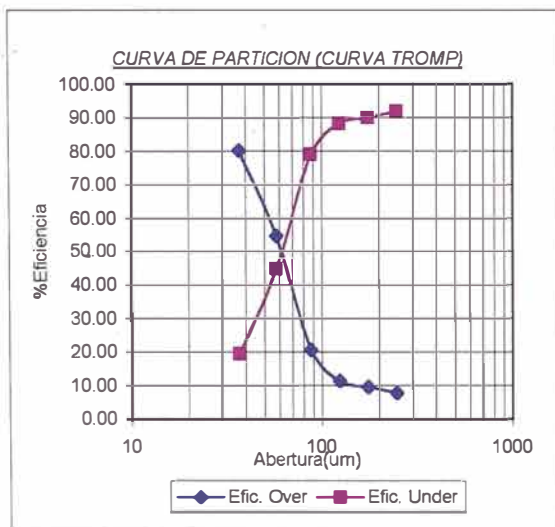
% solidos:	
%F	54.5
%U	75
%O	45
p	0.175
by nass	0.176

O:	0.561
U:	0.439
f _{c.c}	0.784

TABLA 5.3.8: CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CLASIFICACION, D50 Y PARTICION DEL MUESTREO N° 14

MALLA	Abertura (um)	F	G(x)f	F(x)f	O	G(x)o	F(x)o	U	G(x)u	F(x)u	CC
10	1975	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
14	1389	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
20	986	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
28	700	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
35	496	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	
48	351	0.59	0.59	99.41	0.00	0.00	100.00	1.39	1.39	98.61	0.741
65	248	1.41	2.00	98.00	0.20	0.20	99.80	3.04	4.43	95.57	0.741
100	175	4.05	6.05	93.95	0.70	0.89	99.11	8.58	13.01	86.99	0.741
150	124	9.81	15.86	84.14	1.98	2.87	97.13	20.39	33.40	66.60	0.741
200	88	10.76	26.62	73.38	3.89	6.77	93.23	20.04	53.43	46.57	0.741
325	58	21.23	47.85	52.15	20.27	27.04	72.96	22.53	75.96	24.04	0.741
-325	37	52.15	100.00	0.00	72.96	100.00	0.00	24.04	100.00	0.00	0.741
TOTAL		100.00			100.00			100.00			

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS CICLONES - MUESTREO N°14



En el gráfico anterior se tiene determinado el D50= 60 um, para este valor corresponde

Ff(d50)	53.56
Fu(d50)	25.54
Fo(d50)	74.13

E(o)	79.5
E(u)	68.2
Etotal	54.2

% solidos:	
%F	54.3
%U	75
%O	45
p	0.169
hv nass	0.168

O:	0.575
U:	0.425
f _{c.c}	0.741

***5.4 TABLAS DE RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN
DE CADA MUESTREO.***

TABLA 5.4.3 SIMULACION DEL MUESTREO N°2

ALIM. MOLINO			MOTOR		CONSUMO	N	MOLINO	
TLSH	CC.	TCSH	HP	Kw	Kw-h/TCS		LARGO	ANCHO
136.0	0.814	247	3000	2238	9.070	2.929	41	14

Tvler	Micrones	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	C.C.
		Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7	
		100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000
10m	1975	98.80	99.34	0.00	0.00	100.00	0.000
14m	1389	94.70	97.08	0.00	0.00	100.00	0.000
20m	986	87.10	92.89	0.00	0.00	100.00	0.000
28m	700	78.20	87.89	0.00	0.00	100.00	0.000
35m	496	67.70	81.75	100.00	100.00	100.00	0.000
48m	351	59.10	76.24	98.80	97.57	100.00	0.000
65m	248	49.20	67.83	96.44	92.80	99.41	0.814
100m	175	41.00	58.77	90.76	81.36	98.41	0.814
150m	124	31.60	43.49	78.50	58.10	95.10	0.814
200m	88	23.20	29.12	64.16	36.37	86.79	0.814
325m	58	13.30	16.53	44.61	20.42	64.31	0.814
-325m	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
							0.814

Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	SIE	Bpf
Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7		
1.000	0.000	0.000	1.000		
0.993	0.000	0.000	1.000		
0.971	0.000	0.000	1.000		
0.929	0.000	0.000	1.000		
0.879	0.000	0.000	1.000		
0.817	1.000	1.000	1.000		0.44880
0.762	0.988	0.976	1.000	0.57148	0.44272
0.678	0.964	0.928	0.994	0.36206	0.43183
0.588	0.908	0.814	0.984	0.21509	0.40232
0.435	0.785	0.581	0.951	0.12618	0.33221
0.291	0.642	0.364	0.868	0.08466	0.25441
0.165	0.446	0.204	0.643	0.04853	0.20544

SIMULACION DE UN CIRCUITO CERRADO DE MOLIENDA CLASIFICACION

MALLA	Micrones	ALIM.	Bpf	SIE	MALLA	1era. ITERACION					S ₁	2da. ITERACION					S ₂	3era. ITERACION					S ₃	4ta. ITERACION					
						F _{10,1}	F _{12,1}	F _{13,1}	F _{17,1}	F _{16,1}		F _{10,2}	F _{12,2}	F _{13,2}	F _{17,2}	F _{16,2}		F _{10,3}	F _{12,3}	F _{13,3}	F _{17,3}	F _{16,3}		F _{10,4}	F _{12,4}	F _{13,4}	F _{17,4}	F _{16,4}	
10	1975	98.80	0.988	0.00000	0.00000	10	0.050	0.567	0.567	1.029	0.000	0.000	0.545	0.545	0.988	0.000	0.000	0.000	0.545	0.545	0.988	0.000	0.000	0.545	0.545	0.988	0.000		
14	1389	94.70	0.947	0.00000	0.00000	14	0.050	0.544	0.544	0.988	0.000	0.000	0.522	0.522	0.947	0.000	0.000	0.000	0.522	0.522	0.947	0.000	0.000	0.522	0.522	0.947	0.000		
20	986	87.10	0.871	0.00000	0.00000	20	0.050	0.503	0.503	0.912	0.000	0.000	0.480	0.480	0.871	0.000	0.000	0.000	0.480	0.480	0.871	0.000	0.000	0.480	0.480	0.871	0.000		
28	700	78.20	0.782	0.00000	0.00000	28	0.050	0.453	0.453	0.823	0.000	0.000	0.431	0.431	0.782	0.000	0.000	0.000	0.431	0.431	0.782	0.000	0.000	0.431	0.431	0.782	0.000		
35	496	67.70	0.677	0.44880	0.00000	35	0.050	0.396	0.396	0.396	0.396	0.000	0.396	0.551	0.551	0.551	0.551	0.449	0.677	0.677	0.677	0.677	0.449	0.677	0.677	0.677	0.877		
48	351	59.10	0.591	0.44272	0.57148	48	0.050	0.348	0.967	0.978	0.954	0.000	0.954	0.754	0.988	0.998	0.974	0.022	0.975	0.763	0.988	0.999	0.975	0.022	0.975	0.763	0.988	0.999	0.975
65	248	49.20	0.492	0.43183	0.36206	65	0.050	0.294	0.922	0.950	0.887	0.000	0.887	0.669	0.963	0.993	0.927	0.048	0.929	0.688	0.966	0.995	0.929	0.048	0.929	0.688	0.966	0.995	0.929
100	175	41.00	0.41	0.40232	0.21509	100	0.050	0.248	0.831	0.902	0.745	0.000	0.745	0.561	0.901	0.977	0.808	0.090	0.814	0.591	0.908	0.985	0.814	0.090	0.814	0.591	0.908	0.985	0.814
150	124	31.60	0.316	0.33221	0.12618	150	0.050	0.197	0.694	0.841	0.514	0.000	0.514	0.405	0.774	0.937	0.573	0.126	0.581	0.435	0.785	0.951	0.581	0.126	0.581	0.435	0.785	0.951	0.581
200	88	23.20	0.232	0.25441	0.08466	200	0.050	0.150	0.570	0.772	0.323	0.000	0.323	0.273	0.632	0.855	0.358	0.129	0.364	0.291	0.642	0.868	0.364	0.129	0.364	0.291	0.642	0.868	0.364
325	58	13.30	0.133	0.20544	0.04853	325	0.050	0.096	0.400	0.577	0.183	0.000	0.183	0.155	0.440	0.634	0.201	0.136	0.204	0.165	0.446	0.643	0.204	0.136	0.204	0.165	0.446	0.643	0.204
-325m	37					-325m																							

TABLA 5.4.5 SIMULACION DEL MUESTREO N°3

ALIM. MOLINO			MOTOR		CONSUMO	N	MOLINO	
TLSH	CC.	TCSH	HP	Kw	Kw-h/TCS		LARGO	ANCHO
130.2	0.749	228	3000	2238	9.828	2.929	41	14

Tyler	Micrones	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	C.C.
		Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7	
10m	1975	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000
14m	1389	99.20	99.54	0.00	0.00	100.00	0.000
20m	986	96.70	98.11	0.00	0.00	100.00	0.000
28m	700	91.40	95.08	0.00	0.00	100.00	0.000
35m	496	81.00	89.14	100.00	100.00	100.00	0.000
48m	351	70.80	82.68	99.30	98.36	100.00	0.749
65m	248	60.20	74.55	97.38	94.29	99.70	0.749
100m	175	48.40	64.16	92.98	85.08	98.90	0.749
150m	124	35.40	47.86	82.71	64.17	96.59	0.749
200m	88	26.70	31.97	67.90	39.05	89.51	0.749
270m	58	16.50	18.73	47.45	21.71	66.72	0.749
325m	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
-325m							0.749

Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	SiE	Bpf
Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7		
1.000	0.000	0.000	1.000		
0.995	0.000	0.000	1.000		
0.981	0.000	0.000	1.000		
0.951	0.000	0.000	1.000		
0.891	1.000	1.000	1.000		0.42823
0.827	0.993	0.984	1.000	0.59202	0.42418
0.745	0.974	0.943	0.997	0.35002	0.41462
0.642	0.930	0.851	0.989	0.22195	0.39183
0.479	0.827	0.642	0.966	0.13638	0.33226
0.320	0.679	0.391	0.895	0.08713	0.24628
0.187	0.474	0.217	0.667	0.04784	0.19595

SIMULACION DE UN CIRCUITO CERRADO DE MOLIENDA CLASIFICACION

MALLA	Micrones	ALIM.	Bpf	SIE	MALLA	1era. ITERACION					2da. ITERACION					3era. ITERACION					4ta. ITERACION									
						F _{18,1}	F _{12,1}	F _{13,1}	F _{17,1}	F _{16,1}	S ₁	F _{18,2}	F _{12,2}	F _{13,2}	F _{17,2}	F _{16,2}	S ₂	F _{18,3}	F _{12,3}	F _{13,3}	F _{17,3}	F _{16,3}	S ₃	F _{18,4}	F _{12,4}	F _{13,4}	F _{17,4}	F _{16,4}		
10	1975	100.00	1		10	0.050	0.593	0.593	1.037	0.000	0.000	0.572	0.572	1.000	0.000	0.000	0.000	0.572	0.572	1.000	0.000	0.000	0.572	0.572	1.000	0.000				
14	1389	99.20	0.992		14	0.050	0.589	0.589	1.029	0.000	0.000	0.567	0.567	0.992	0.000	0.000	0.000	0.567	0.567	0.992	0.000	0.000	0.567	0.567	0.992	0.000				
20	986	96.70	0.967		20	0.050	0.574	0.574	1.004	0.000	0.000	0.553	0.553	0.967	0.000	0.000	0.000	0.553	0.553	0.967	0.000	0.000	0.553	0.553	0.967	0.000				
28	700	91.40	0.914		28	0.050	0.544	0.544	0.951	0.000	0.000	0.523	0.523	0.914	0.000	0.000	0.000	0.523	0.523	0.914	0.000	0.000	0.523	0.523	0.914	0.000				
35	496	81.00	0.81	0.42823	0.00000	35	0.050	0.485	0.485	0.485	0.485	0.000	0.485	0.671	0.671	0.671	0.671	0.428	0.810	0.810	0.810	0.810	0.810	0.428	0.810	0.810	0.810	0.810		
48	351	70.80	0.708	0.42418	0.59202	48	0.050	0.428	0.977	0.984	0.967	0.000	0.967	0.819	0.993	1.000	0.983	0.017	0.984	0.826	0.993	1.000	0.984	0.017	0.984	0.826	0.993	1.000	0.984	
65	248	60.20	0.602	0.41462	0.35002	65	0.050	0.366	0.935	0.957	0.905	0.000	0.905	0.732	0.972	0.996	0.942	0.043	0.943	0.748	0.974	0.997	0.943	0.043	0.943	0.748	0.974	0.997	0.943	
100	175	48.40	0.484	0.39183	0.22195	100	0.050	0.298	0.863	0.917	0.789	0.000	0.789	0.615	0.925	0.983	0.846	0.077	0.851	0.641	0.930	0.989	0.851	0.077	0.851	0.641	0.930	0.989	0.851	
150	124	35.40	0.354	0.33226	0.13638	150	0.050	0.224	0.743	0.867	0.576	0.000	0.576	0.449	0.817	0.954	0.634	0.110	0.641	0.477	0.827	0.965	0.641	0.110	0.641	0.477	0.827	0.965	0.641	
200	88	26.70	0.267	0.24628	0.08713	200	0.050	0.174	0.610	0.805	0.351	0.000	0.351	0.303	0.671	0.885	0.388	0.116	0.391	0.320	0.679	0.895	0.391	0.116	0.391	0.320	0.679	0.895	0.391	
325	58	16.50	0.165	0.19595	0.04784	325	0.050	0.116	0.428	0.602	0.198	0.000	0.196	0.178	0.469	0.659	0.214	0.127	0.217	0.187	0.475	0.667	0.217	0.127	0.217	0.187	0.475	0.667	0.217	
-325m	37				-325m																									

TABLA 5.4.6: RESULTADOS DE LA SIMULACION N°3

MALLA	Micrones	A. Fresca	Feed Comp.		Descarga		Underflow		Overflow		C.C.		
		Real	Calc.	Simulado	Real	Simulado	Real	Simulado	Real	Simulado	Real	Simulada	
		Fi 1	Fi 2	Fi 2	Fi 3	Fi 3	Fi 6	Fi 6	Fi 7	Fi 7			
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
10	1975	100.0	100.0	57.2	0.0	57.2	0.0	0.0	100.0	100.0			
14	1389	99.2	99.5	56.7	0.0	56.7	0.0	0.0	100.0	99.2			
20	986	96.7	98.1	55.3	0.0	55.3	0.0	0.0	100.0	96.7			
28	700	91.4	95.1	52.3	0.0	52.3	0.0	0.0	100.0	91.4			
35	496	81.0	89.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0			
48	351	70.8	82.7	82.6	99.3	99.3	98.4	98.4	100.0	100.0	0.749	0.749	
65	248	60.2	74.5	74.8	97.4	97.4	94.3	94.3	99.7	99.7	0.749	0.749	
100	175	48.4	64.2	64.1	93.0	93.0	85.1	85.1	98.9	98.9	0.749	0.749	
150	124	35.4	47.9	47.7	82.7	82.7	64.2	64.1	96.6	96.5	0.749	0.749	
200	88	26.7	32.0	32.0	67.9	67.9	39.1	39.1	89.5	89.5	0.749	0.749	
325	58	16.5	18.7	18.7	47.4	47.5	21.7	21.7	66.7	66.7	0.749	0.749	
-325m	37												
											PROM.	0.749	0.749

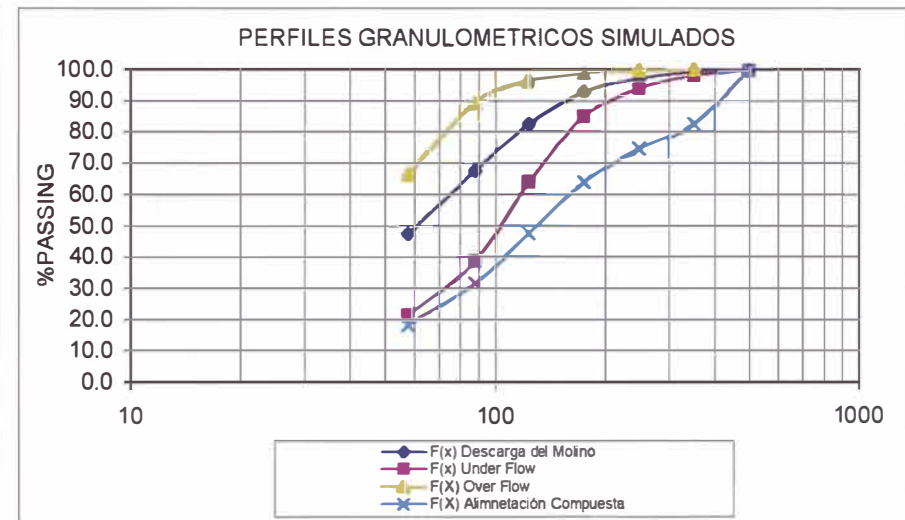
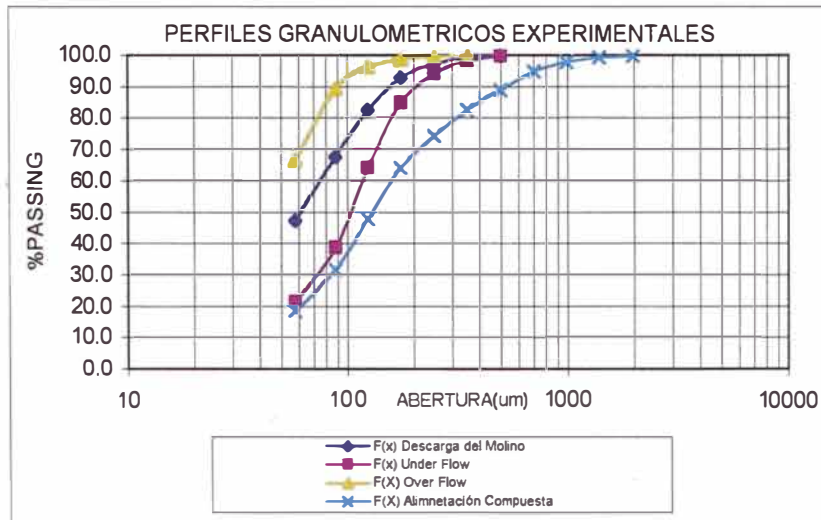


TABLA 5.4.7 SIMULACION DEL MUESTREO N°8

ALIM. MOLINO			MOTOR		CONSUMO	N	MOLINO	
TLSH	CC.	TCSH	HP	Kw	Kw-l/TCS		LARGO	ANCHO
123.5	0.865	230	3000	2238	9.718	2.929	41	14

Tyler	Micrones	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	C.C.
		Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7	
10m	1975	100.00	100.00				
14m	1389	99.60	99.79				
20m	986	98.00	98.93				
28m	700	94.10	96.84				
35m	496	85.70	92.33	100.00	100.00		
48m	351	75.20	86.28	99.59	99.12	100.00	0.865
65m	248	64.90	79.92	98.52	97.27	99.60	0.865
100m	175	52.20	70.24	95.11	90.96	98.70	0.865
150m	124	39.40	55.72	86.43	74.44	96.80	0.865
200m	88	30.90	39.71	72.97	49.92	92.90	0.865
325m	58	17.20	21.19	49.53	25.82	70.03	0.865
-325m	37						0.865

Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	SiE	Bpf
Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7		
0.000	0.000	0.000	0.000		
1.000	0.000	0.000	0.000		
0.998	0.000	0.000	0.000		
0.989	0.000	0.000	0.000		
0.968	0.000	0.000	0.000		
0.923	1.000	1.000	0.000		
0.863	0.996	0.991	1.000	0.69916	0.46152
0.799	0.985	0.973	0.996	0.43268	0.45784
0.702	0.951	0.910	0.987	0.25686	0.44348
0.557	0.864	0.744	0.968	0.14994	0.39941
0.397	0.730	0.499	0.929	0.09497	0.31724
0.212	0.495	0.258	0.700	0.04953	0.24174

SIMULACION DE UN CIRCUITO CERRADO DE MOLINERA CLASIFICACION

MALLA	Micrones	ALIM.	Bpf	SIE	MALLA	1era. ITERACION					2da. ITERACION					3era. ITERACION					4ta. ITERACION														
						F _{18,1}	F _{12,1}	F _{13,1}	F _{17,1}	F _{16,1}	S ₁	F _{18,2}	F _{12,2}	F _{13,2}	F _{17,2}	F _{16,2}	S ₂	F _{18,3}	F _{12,3}	F _{13,3}	F _{17,3}	F _{16,3}	S ₃	F _{18,4}	F _{12,4}	F _{13,4}	F _{17,4}	F _{16,4}							
10	1975	100.00	1		10	0.050	0.559	0.559	1.043	0.000	0.000	0.000	0.536	0.536	1.000	0.000	0.000	0.000	0.536	0.536	1.000	0.000	0.000	0.536	0.536	1.000	0.000	0.000	0.536	0.536	1.000	0.000	0.000		
14	1389	99.60	0.996		14	0.050	0.557	0.557	1.039	0.000	0.000	0.000	0.534	0.534	0.996	0.000	0.000	0.000	0.526	0.526	0.980	0.000	0.000	0.526	0.526	0.980	0.000	0.000	0.526	0.526	0.980	0.000	0.000		
20	986	98.00	0.98		20	0.050	0.549	0.549	1.023	0.000	0.000	0.000	0.526	0.526	0.980	0.000	0.000	0.000	0.526	0.526	0.980	0.000	0.000	0.526	0.526	0.980	0.000	0.000	0.526	0.526	0.980	0.000	0.000		
28	700	94.10	0.941		28	0.050	0.528	0.528	0.984	0.000	0.000	0.000	0.505	0.505	0.941	0.000	0.000	0.000	0.505	0.505	0.941	0.000	0.000	0.505	0.505	0.941	0.000	0.000	0.505	0.505	0.941	0.000	0.000		
35	496	85.70	0.857	0.00000	35	0.050	0.483	0.483	0.900	0.000	0.000	0.000	0.460	0.460	0.857	0.000	0.000	0.000	0.460	0.460	0.857	0.000	0.000	0.460	0.460	0.857	0.000	0.000	0.460	0.460	0.857	0.000	0.000		
48	351	75.20	0.752	0.46152	48	0.050	0.426	0.983	0.987	0.978	0.000	0.978	0.857	0.996	1.000	0.991	0.014	0.991	0.863	0.996	1.000	0.991	0.014	0.991	0.863	0.996	1.000	0.991	0.014	0.991	0.863	0.996	1.000	0.991	
65	248	64.90	0.649	0.45784	65	0.050	0.371	0.954	0.964	0.942	0.000	0.942	0.785	0.984	0.995	0.972	0.034	0.973	0.799	0.985	0.996	0.973	0.034	0.973	0.799	0.985	0.996	0.973	0.034	0.973	0.799	0.985	0.996	0.973	
100	175	52.20	0.522	0.44348	100	0.050	0.303	0.885	0.919	0.847	0.000	0.847	0.673	0.946	0.982	0.905	0.073	0.909	0.702	0.951	0.987	0.909	0.073	0.909	0.702	0.951	0.987	0.909	0.073	0.909	0.702	0.951	0.987	0.909	
150	124	39.40	0.394	0.39941	150	0.050	0.234	0.765	0.857	0.659	0.000	0.659	0.517	0.852	0.954	0.734	0.122	0.744	0.556	0.864	0.968	0.744	0.122	0.744	0.556	0.864	0.968	0.744	0.122	0.744	0.556	0.864	0.968	0.744	
200	88	30.90	0.309	0.31724	200	0.050	0.189	0.636	0.810	0.435	0.000	0.435	0.368	0.716	0.912	0.490	0.142	0.499	0.397	0.730	0.929	0.499	0.142	0.499	0.397	0.730	0.929	0.499	0.142	0.499	0.397	0.730	0.929	0.499	
325	58	17.20	0.172	0.24174	325	0.050	0.115	0.434	0.613	0.226	0.000	0.226	0.197	0.486	0.687	0.253	0.155	0.258	0.212	0.495	0.700	0.258	0.155	0.258	0.212	0.495	0.700	0.258	0.155	0.258	0.212	0.495	0.700	0.258	
-325m	37				-325m																														

TABLA 5.4.8: RESULTADOS DE LA SIMULACION N°8

MALLA	Micrones	A. Fresca	Feed Comp.		Descarga		Underflow		Overflow		C.C.	
		Real Fi 1	Calc. Fi 2	Simulado Fi 2	Real Fi 3	Simulado Fi 3	Real Fi 6	Simulado Fi 6	Real Fi 7	Simulado Fi 7	Real	Simulada
10	1975	100.0	100.0									
14	1389	99.6	99.8									
20	986	98.0	98.9									
28	700	94.1	96.8									
35	496	85.7	92.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0				
48	351	75.2	86.3	86.3	99.6	99.6	99.1	99.1	100.0	100.0	0.865	0.865
65	248	64.9	79.9	79.9	98.5	98.5	97.3	97.3	99.6	99.6	0.865	0.865
100	175	52.2	70.2	70.2	95.1	95.1	91.0	90.9	98.7	98.7	0.865	0.865
150	124	39.4	55.7	55.6	86.4	86.4	74.4	74.4	96.8	96.8	0.865	0.865
200	88	30.9	39.7	39.7	73.0	73.0	49.9	49.9	92.9	92.9	0.865	0.865
325	58	17.2	21.2	21.2	49.5	49.5	25.8	25.8	70.0	70.0	0.865	0.865
-325m	37											
										PROM.	0.865	0.865

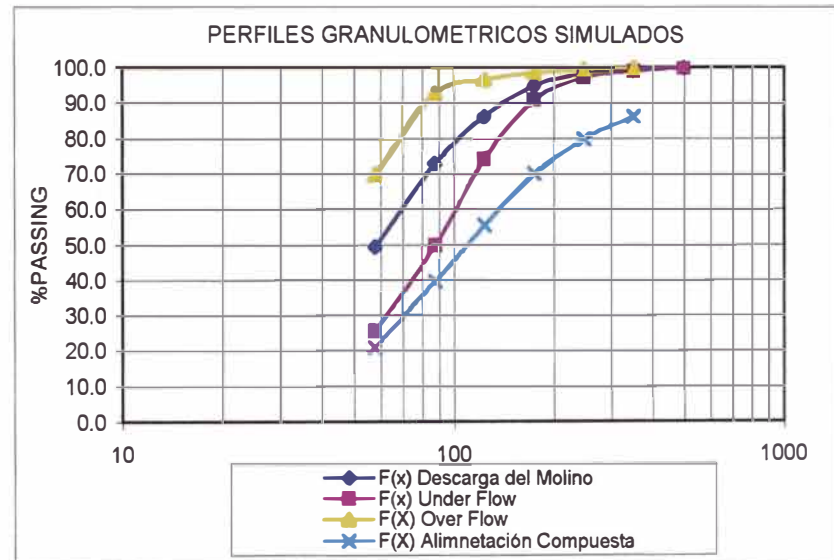
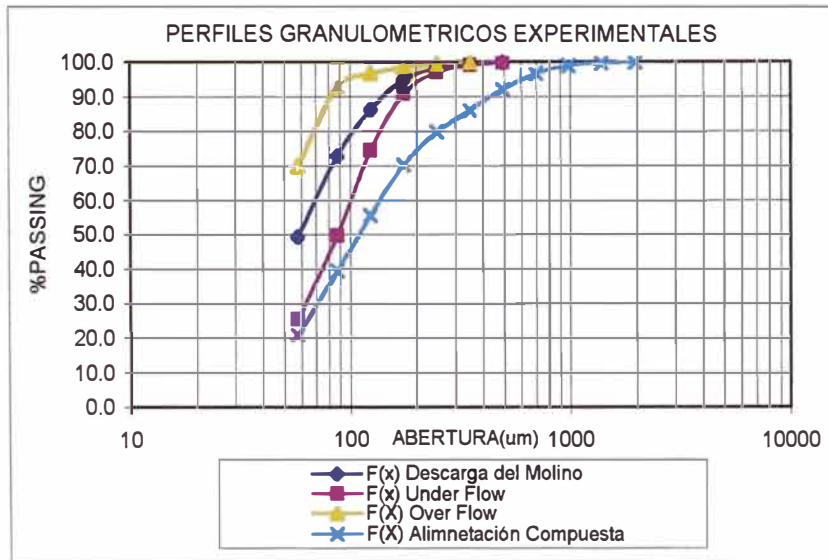


TABLA 5.4.9 SIMULACION DEL MUESTREO N° 10

ALIM. MOLINO			MOTOR		CONSUMO	N	MOLINO	
TLSH	CC.	TCSH	HP	Kw	Kw- \sqrt{VCS}		LARGO	ANCHO
134.9	0.930	260	3000	2238	8.598	2.929	41	14

Tyler	Micrones	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	C.C.
		Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7	
		100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000
10m	1975	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000
14m	1389	99.10	99.53	0.00	0.00	100.00	0.000
20m	986	96.80	98.34	0.00	0.00	100.00	0.000
28m	700	92.40	96.06	0.00	0.00	100.00	0.000
35m	496	80.10	89.54	100.00	100.00	100.00	0.000
48m	351	70.00	83.34	98.85	97.61	100.00	0.930
65m	248	59.10	75.77	96.52	93.11	99.70	0.930
100m	175	46.90	64.68	91.48	83.29	99.10	0.930
150m	124	34.00	45.03	79.05	59.26	97.43	0.930
200m	88	26.30	34.78	68.34	42.98	91.91	0.930
325m	58	16.00	18.84	46.92	21.65	70.22	0.930
-325m	37						0.930

Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	SiE	Bpf
Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7		
1.000	0.000	0.000	1.000		
1.000	0.000	0.000	1.000		
0.995	0.000	0.000	1.000		
0.983	0.000	0.000	1.000		
0.961	0.000	0.000	1.000		
0.695	1.000	1.000	1.000		0.48174
0.833	0.989	0.976	1.000	0.50793	0.47571
0.758	0.965	0.931	0.997	0.32030	0.46468
0.647	0.915	0.833	0.991	0.21295	0.43858
0.450	0.791	0.593	0.974	0.13289	0.36127
0.346	0.683	0.430	0.919	0.09535	0.30299
0.188	0.469	0.219	0.702	0.05314	0.22435

SIMULACION DE UN CIRCUITO CERRADO DE MOLIENDA CLASIFICACION

MALLA	Micrones	ALIM.	Bpf	SIE	MALLA	1era. ITERACION					2da. ITERACION					3era. ITERACION					4ta. ITERACION							
						F _{10,1}	F _{12,1}	F _{13,1}	F _{17,1}	F _{16,1}	S ₁	F _{10,2}	F _{12,2}	F _{13,2}	F _{17,2}	F _{16,2}	S ₂	F _{10,3}	F _{12,3}	F _{13,3}	F _{17,3}	F _{16,3}	S ₃	F _{10,4}	F _{12,4}	F _{13,4}	F _{17,4}	F _{16,4}
10m	1975	100.00	1		10	0.050	0.542	0.542	1.046	0.000	0.000	0.000	0.518	0.516	1.000	0.000	0.000	0.000	0.518	0.518	1.000	0.000	0.000	0.000	0.518	0.516	1.000	0.000
14m	1389	99.10	0.991		14	0.050	0.538	0.536	1.037	0.000	0.000	0.000	0.514	0.514	0.991	0.000	0.000	0.000	0.514	0.514	0.991	0.000	0.000	0.000	0.514	0.514	0.991	0.000
20m	986	96.60	0.968		20	0.050	0.526	0.526	1.014	0.000	0.000	0.000	0.502	0.502	0.968	0.000	0.000	0.000	0.502	0.502	0.968	0.000	0.000	0.000	0.502	0.502	0.968	0.000
28m	700	92.40	0.924		28	0.050	0.503	0.503	0.970	0.000	0.000	0.000	0.479	0.479	0.924	0.000	0.000	0.000	0.479	0.479	0.924	0.000	0.000	0.000	0.479	0.479	0.924	0.000
35m	496	80.10	0.801	0.48174	35	0.050	0.439	0.439	0.439	0.439	0.000	0.439	0.627	0.627	0.627	0.627	0.482	0.801	0.801	0.801	0.801	0.482	0.801	0.601	0.801	0.801	0.801	0.801
48m	351	70.00	0.7	0.47571	48	0.050	0.367	0.958	0.969	0.946	0.000	0.946	0.618	0.987	0.999	0.975	0.033	0.976	0.833	0.988	1.000	0.876	0.033	0.876	0.833	0.988	1.000	0.976
65m	248	59.10	0.591	0.46468	65	0.050	0.330	0.904	0.934	0.872	0.000	0.872	0.726	0.981	0.992	0.927	0.067	0.931	0.755	0.965	0.997	0.931	0.067	0.831	0.755	0.965	0.997	0.931
100m	175	46.90	0.469	0.43858	100	0.050	0.267	0.623	0.892	0.750	0.000	0.750	0.604	0.905	0.980	0.623	0.106	0.832	0.644	0.914	0.990	0.832	0.106	0.832	0.644	0.914	0.990	0.832
150m	124	34.00	0.34	0.36127	150	0.050	0.200	0.695	0.857	0.521	0.000	0.521	0.427	0.782	0.963	0.586	0.138	0.597	0.464	0.796	0.981	0.597	0.138	0.597	0.464	0.796	0.981	0.597
200m	88	26.30	0.263	0.30299	200	0.050	0.160	0.592	0.797	0.373	0.000	0.373	0.316	0.668	0.898	0.420	0.147	0.428	0.343	0.681	0.916	0.428	0.147	0.428	0.343	0.681	0.916	0.428
325m	58	16.00	0.16	0.22435	325	0.050	0.107	0.416	0.623	0.194	0.000	0.194	0.176	0.461	0.690	0.215	0.147	0.218	0.188	0.469	0.702	0.218	0.147	0.218	0.188	0.469	0.702	0.218
-325m	37				-325m																							

TABLA 5.4.11 SIMULACION DEL MUESTREO N° 11

ALIM. MOLINO			MOTOR		CONSUMO Kw-h/TCS	N	MOLINO	
TLSH	CC.	TCSH	HP	Kw			LARGO	ANCHO
135.3	0.918	260	3000	2238	8.624	2,929	41	14

Tyler	Micrones	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	C.C.
		Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7	
		100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000
10m	1975	99.70	99.84	0.00	0.00	100.00	0.000
14m	1389	98.40	99.17	0.00	0.00	100.00	0.000
20m	986	94.70	97.24	0.00	0.00	100.00	0.000
28m	700	89.10	94.22	0.00	0.00	100.00	0.000
35m	496	78.10	88.20	100.00	100.00	100.00	0.000
48m	351	67.40	82.00	98.95	97.81	100.00	0.918
65m	248	55.80	74.37	97.02	94.11	99.70	0.918
100m	175	46.50	65.21	92.23	85.29	98.60	0.918
150m	124	36.10	49.65	81.53	85.31	96.42	0.918
200m	88	26.90	33.84	67.32	41.33	91.19	0.918
270m	58	15.80	18.82	46.07	22.01	68.15	0.918
325m	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
-325m							0.918

Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	SiE	Bpf
Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7		
1.000	0.000	0.000	1.000		
0.998	0.000	0.000	1.000		
0.992	0.000	0.000	1.000		
0.972	0.000	0.000	1.000		
0.942	0.000	0.000	1.000		
0.882	1.000	1.000	1.000		0.479
0.820	0.990	0.978	1.000	0.557	0.473
0.744	0.970	0.941	0.997	0.369	0.464
0.652	0.922	0.853	0.986	0.227	0.443
0.496	0.815	0.653	0.984	0.139	0.383
0.338	0.673	0.413	0.912	0.092	0.294
0.188	0.461	0.220	0.682	0.051	0.229

SIMULACION DE UN CIRCUITO CERRADO DE MOLIENDA CLASIFICACION

MALLA	Micrones	ALIM.	Bpf	SIF	MALLA	1era. ITERACION					2da. ITERACION					3era. ITERACION					4ta. ITERACION								
						F _{18,1}	F _{12,1}	F _{13,1}	F _{17,1}	F _{16,1}	S ₁	F _{18,2}	F _{12,2}	F _{13,2}	F _{17,2}	F _{16,2}	S ₂	F _{18,3}	F _{12,3}	F _{13,3}	F _{17,3}	F _{16,3}	S ₃	F _{18,4}	F _{12,4}	F _{13,4}	F _{17,4}	F _{16,4}	
10	1975	99.70	0.997		10	0.05	0.544	0.5437	1.0429	0.0000	0	0	0.52	0.5198	0.997	0.0000	0.0000	0	0.5198	0.5198	0.997	0	0	0.520	0.520	0.997	0		
14	1389	98.40	0.984		14	0.05	0.537	0.5369	1.0299	0.0000	0	0	0.513	0.5130	0.984	0.0000	0.0000	0	0.5130	0.5130	0.984	0	0	0.513	0.513	0.984	0		
20	986	94.70	0.947		20	0.05	0.518	0.5177	0.9929	0.0000	0	0	0.494	0.4937	0.947	0.0000	0.0000	0	0.4937	0.4937	0.947	0	0	0.494	0.494	0.947	0		
28	700	89.10	0.891		28	0.05	0.488	0.4885	0.9369	0.0000	0	0	0.465	0.4645	0.891	0.0000	0.0000	0	0.4645	0.4645	0.891	0	0	0.465	0.465	0.891	0		
35	496	78.10	0.781	0.47864	35	0.05	0.431	0.4311	0.4311	0	0.431	0.614	0.8135	0.614	0.6135	0.4786	0.781	0.7810	0.7810	0.781	0.781	0.4786	0.781	0.781	0.781	0.781			
48	351	67.40	0.674	0.47312	0.55716	48	0.05	0.375	0.9636	0.9738	0.9525	0	0.953	0.807	0.9888	0.999	0.9774	0.0275	0.8781	0.8195	0.9895	1.000	0.878	0.0275	0.978	0.820	0.989	1.000	0.978
65	248	55.80	0.558	0.46427	0.36872	65	0.05	0.315	0.9204	0.9458	0.8928	0	0.893	0.718	0.9673	0.994	0.9382	0.0539	0.8408	0.7412	0.9699	0.997	0.841	0.0539	0.841	0.741	0.970	0.997	0.841
100	175	46.50	0.465	0.44265	0.22693	100	0.05	0.266	0.8361	0.8938	0.7732	0	0.773	0.613	0.9134	0.976	0.8447	0.0989	0.8526	0.6505	0.9219	0.986	0.853	0.0989	0.853	0.651	0.922	0.986	0.853
150	124	36.10	0.361	0.38342	0.13871	150	0.05	0.212	0.7110	0.8409	0.5696	0	0.57	0.461	0.8022	0.949	0.6426	0.1406	0.6546	0.5015	0.8172	0.966	0.655	0.1406	0.655	0.502	0.817	0.966	0.655
200	88	26.90	0.269	0.29382	0.09250	200	0.05	0.164	0.5872	0.7954	0.3605	0	0.36	0.313	0.6606	0.895	0.4055	0.1451	0.4132	0.3380	0.6730	0.912	0.413	0.1451	0.413	0.338	0.673	0.912	0.413
325	58	15.80	0.158	0.22873	0.05090	325	0.05	0.106	0.4063	0.6011	0.1942	0	0.194	0.175	0.4522	0.669	0.2161	0.1519	0.22	0.1877	0.4604	0.681	0.22	0.1519	0.22	0.188	0.460	0.681	0.22
-325m	37				-325m																								

TABLA 5.4.13 SIMULACION DEL MUESTREO N° 13

ALIM. MOLINO			MOTOR		CONSUMO Kw-h/TCS	N	MOLINO	
ILSH	CC.	TCSH	HP	Kw			LARGO	ANCHO
120.9	0.784	216	3000	2238	10.377	2.929	41	14

Tuler	Micrones	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	C.C.
		Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7	
10m	1975	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000
14m	1389	99.20	99.55	0.00	0.00	100.00	0.000
20m	986	97.40	98.54	0.00	0.00	100.00	0.000
28m	700	94.30	96.80	0.00	0.00	100.00	0.000
35m	496	85.00	91.50	100.00	100.00	100.00	0.000
48m	351	74.90	85.31	99.39	98.62	100.00	0.784
65m	248	61.80	78.30	97.87	95.52	99.70	0.784
100m	175	50.80	67.06	94.13	87.92	99.00	0.784
150m	124	39.60	53.57	85.68	70.63	97.49	0.784
200m	88	29.00	35.64	73.49	45.93	95.09	0.784
270m	58	16.50	19.62	51.71	23.12	74.13	0.784
325m	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
-325m							0.784

Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	SiE	Bpf
Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7		
1.000	0.000	0.000	1.000		
0.996	0.000	0.000	1.000		
0.985	0.000	0.000	1.000		
0.968	0.000	0.000	1.000		
0.915	1.000	1.000	1.000		0.43941
0.853	0.994	0.986	1.000	0.55523	0.43599
0.763	0.979	0.955	0.997	0.35982	0.42888
0.671	0.941	0.879	0.990	0.22640	0.41041
0.536	0.857	0.706	0.975	0.13953	0.36220
0.356	0.735	0.459	0.951	0.09983	0.27466
0.196	0.517	0.231	0.741	0.05364	0.19643

SIMULACION DE UN CIRCUITO CERRADO DE MOLIENDA CLASIFICACION

MALLA	Micrones	ALIM.	Bpf	SiE	MALLA	1era. ITERACION					2da. ITERACION					3era. ITERACION					4ta. ITERACION							
						F _{18,1}	F _{12,1}	F _{13,1}	F _{17,1}	F _{16,1}	S ₁	F _{18,2}	F _{12,2}	F _{13,2}	F _{17,2}	F _{16,2}	S ₂	F _{18,3}	F _{12,3}	F _{13,3}	F _{17,3}	F _{16,3}	S ₃	F _{18,4}	F _{12,4}	F _{13,4}	F _{17,4}	F _{16,4}
10	1975	100.00	1	0.00000	0.00000	10	0.050	0.583	0.583	1.039	0.000	0.000	0.000	0.561	0.561	1.000	0.000	0.000	0.000	0.561	0.561	1.000	0.000	0.000	0.561	0.561	1.000	0.000
14	1389	99.20	0.992	0.00000	0.00000	14	0.050	0.578	0.578	1.031	0.000	0.000	0.000	0.556	0.556	0.992	0.000	0.000	0.000	0.556	0.558	0.992	0.000	0.000	0.556	0.556	0.992	0.000
20	986	97.40	0.974	0.00000	0.00000	20	0.050	0.568	0.568	1.013	0.000	0.000	0.000	0.546	0.546	0.974	0.000	0.000	0.000	0.546	0.546	0.974	0.000	0.000	0.546	0.546	0.974	0.000
28	700	94.30	0.943	0.00000	0.00000	28	0.050	0.551	0.551	0.982	0.000	0.000	0.000	0.529	0.529	0.943	0.000	0.000	0.000	0.529	0.529	0.943	0.000	0.000	0.529	0.529	0.943	0.000
35	496	85.00	0.85	0.43941	0.00000	35	0.050	0.498	0.498	0.498	0.498	0.000	0.498	0.696	0.696	0.696	0.696	0.439	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.439	0.850	0.850	0.850	0.850
48	351	74.90	0.749	0.43599	0.55523	48	0.050	0.442	0.977	0.983	0.969	0.000	0.969	0.846	0.994	1.000	0.986	0.018	0.986	0.853	0.994	1.000	0.986	0.018	0.986	0.853	0.994	1.000
65	248	61.80	0.618	0.42888	0.35982	65	0.050	0.368	0.943	0.961	0.921	0.000	0.921	0.751	0.978	0.996	0.954	0.039	0.955	0.766	0.979	0.997	0.955	0.039	0.955	0.766	0.979	0.997
100	175	50.80	0.508	0.41041	0.22640	100	0.050	0.307	0.876	0.922	0.819	0.000	0.819	0.644	0.937	0.985	0.875	0.073	0.879	0.671	0.941	0.990	0.879	0.073	0.879	0.671	0.941	0.990
150	124	39.60	0.396	0.36220	0.13953	150	0.050	0.244	0.767	0.873	0.632	0.000	0.632	0.500	0.846	0.962	0.697	0.112	0.705	0.532	0.856	0.974	0.705	0.112	0.705	0.532	0.856	0.974
200	88	29.00	0.29	0.27466	0.09983	200	0.050	0.185	0.664	0.859	0.415	0.000	0.415	0.345	0.730	0.945	0.456	0.113	0.482	0.365	0.739	0.956	0.482	0.113	0.462	0.365	0.739	0.956
325	58	16.50	0.165	0.19643	0.05364	325	0.050	0.114	0.468	0.671	0.209	0.000	0.209	0.184	0.510	0.731	0.228	0.118	0.231	0.194	0.516	0.739	0.231	0.118	0.231	0.194	0.516	0.739
-325m	37					-325m																						

TABLA 54.15 SIMULACION DEL MUESTREO N° 14

ALIM. MOLINO			MOTOR		CONSUMO	N	MOLINO	
TLSh	CC.	TCSH	HP	Kw	Kw-h/ TCS		LARGO	ANCHO
138.3	0.741	241	3000	2238	9.297	2.929	41	14

Tyler	Micrones	A. Fresca	Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	C.C.
		Fi 1	Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7	
8m		100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000
10m	1975	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000
14m	1389	99.40	99.66	0.00	0.00	100.00	0.000
20m	986	97.10	98.33	0.00	0.00	100.00	0.000
28m	700	92.00	95.40	0.00	0.00	100.00	0.000
35m	496	82.20	89.73	100.00	100.00	100.00	0.000
48m	351	73.60	83.98	99.41	98.61	100.00	0.741
65m	248	61.50	75.41	98.00	95.57	99.80	0.741
100m	175	51.40	66.12	93.95	86.99	99.11	0.741
150m	124	40.40	50.99	84.14	66.60	97.13	0.741
200m	88	30.20	37.01	73.38	46.57	93.23	0.741
325m	58	18.60	21.07	52.15	24.04	72.96	0.741
-325m	37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
							0.741

Feed Comp.	Descarga	Underflow	Overflow	SiE	Bpf
Fi 2	Fi 3	Fi 6	Fi 7		
1.000	0.000	0.000	1.000		
1.000	0.000	0.000	1.000		
0.997	0.000	0.000	1.000		
0.983	0.000	0.000	1.000		
0.954	0.000	0.000	1.000		
0.697	1.000	1.000	1.000		0.425
0.840	0.994	0.986	1.000	0.656	0.422
0.754	0.980	0.956	0.998	0.427	0.415
0.661	0.940	0.870	0.991	0.252	0.394
0.510	0.841	0.666	0.971	0.148	0.337
0.370	0.734	0.466	0.932	0.108	0.270
0.211	0.521	0.240	0.730	0.059	0.198

SIMULACION DE UN CIRCUITO CERRADO DE MOLIENDA CLASIFICACION

MALLA	Micrones	ALIM.	Bpf	SIE	MALLA	1era. ITERACION					2da. ITERACION					3era. ITERACION					4ta. ITERACION								
						F _{10,1}	F _{12,1}	F _{13,1}	F _{17,1}	F _{16,1}	S ₁	F _{10,2}	F _{12,2}	F _{13,2}	F _{17,2}	F _{16,2}	S ₂	F _{10,3}	F _{12,3}	F _{13,3}	F _{17,3}	F _{16,3}	S ₃	F _{10,4}	F _{12,4}	F _{13,4}	F _{17,4}	F _{16,4}	
10m	1975	100.00	1		10	0.050	0.596	0.596	1.037	0.000	0.000	0.000	0.575	0.575	1.000	0.000	0.000	0.575	0.575	1.000	0.000	0.000	0.575	0.575	1.000	0.000			
14m	1389	99.40	0.994		14	0.050	0.592	0.592	1.031	0.000	0.000	0.000	0.571	0.571	0.994	0.000	0.000	0.571	0.571	0.994	0.000	0.000	0.571	0.571	0.994	0.000			
20m	986	97.10	0.971		20	0.050	0.579	0.579	1.008	0.000	0.000	0.000	0.558	0.558	0.971	0.000	0.000	0.558	0.558	0.971	0.000	0.000	0.558	0.558	0.971	0.000			
28m	700	92.00	0.92		28	0.050	0.550	0.550	0.957	0.000	0.000	0.000	0.529	0.529	0.920	0.000	0.000	0.529	0.529	0.920	0.000	0.000	0.529	0.529	0.920	0.000			
35m	496	82.20	0.822	0.42550	35	0.050	0.494	0.494	0.494	0.000	0.494	0.682	0.682	0.682	0.682	0.425	0.822	0.822	0.822	0.822	0.822	0.425	0.822	0.822	0.822	0.822			
48m	351	73.60	0.736	0.42207	48	0.050	0.444	0.444	0.979	0.985	0.972	0.000	0.972	0.836	0.994	1.000	0.986	0.016	0.986	0.842	0.994	1.000	0.986	0.016	0.986	0.842	0.994	1.000	0.986
65m	248	61.50	0.615	0.41493	65	0.050	0.375	0.949	0.967	0.926	0.000	0.926	0.747	0.979	0.997	0.955	0.034	0.956	0.760	0.980	0.999	0.956	0.034	0.956	0.760	0.980	0.999	0.956	
100m	175	51.40	0.514	0.39397	100	0.050	0.317	0.878	0.926	0.813	0.000	0.813	0.641	0.936	0.987	0.867	0.070	0.871	0.666	0.940	0.992	0.871	0.070	0.871	0.666	0.940	0.992	0.871	
150m	124	40.40	0.404	0.33882	150	0.050	0.253	0.758	0.875	0.600	0.000	0.600	0.488	0.834	0.963	0.660	0.109	0.668	0.516	0.843	0.974	0.668	0.109	0.668	0.516	0.843	0.974	0.668	
200m	88	30.20	0.302	0.27004	200	0.050	0.195	0.660	0.838	0.419	0.000	0.419	0.352	0.726	0.922	0.461	0.114	0.466	0.372	0.735	0.933	0.466	0.114	0.466	0.372	0.735	0.933	0.466	
325m	58	18.60	0.186	0.19617	325	0.050	0.128	0.471	0.660	0.217	0.000	0.217	0.199	0.515	0.720	0.237	0.119	0.240	0.209	0.520	0.728	0.240	0.119	0.240	0.209	0.520	0.728	0.240	
-325m	37				-325m																								

5.5 GRÁFICOS DE BALANCE DE MASA DE CADA MUESTREO.

BALANCE DE MASA - MUESTREO N°1

MALLA	micras	Alim. Fresca % W	Alim. Ciclon % W	O/F % W	U/F % W
10	1975	0.0	0.00	0.00	0.00
14	1389	0.0	0.00	0.00	0.00
20	986	0.7	0.00	0.00	0.00
28	700	2.6	0.00	0.00	0.00
35	496	6.2	0.00	0.00	0.40
48	351	9.1	0.50	0.00	1.00
65	248	10.3	1.50	0.10	2.70
100	175	11.5	3.20	0.50	7.30
150	124	9.3	7.70	1.50	17.90
200	88	11.0	15.50	3.00	24.80
325	58	11.4	23.00	19.90	23.00
-325	37	27.9	48.60	75.00	22.90
Total		100.0	100.00	100.00	100.00

CC	0.916
Bpw	0.213

Ciclón	Apex	Vortex	Presion alim.
D15	2.5	5.125	10.5

135	42	4.9
322.0	187	1037
Dp	1.503	

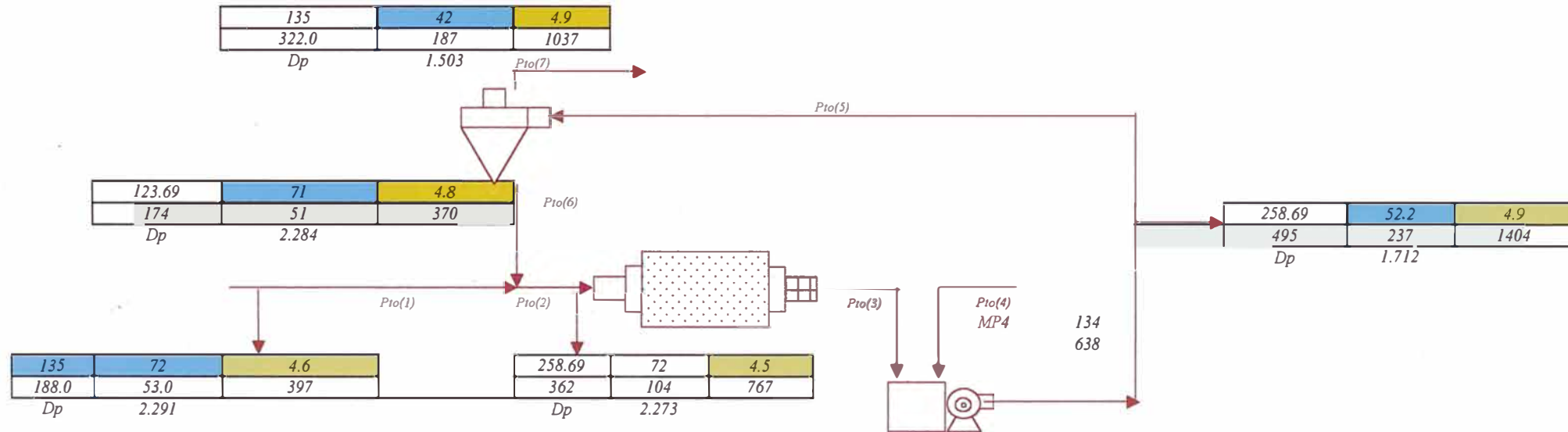
123.69	71	4.8
174	51	370
Dp	2.284	

135	72	4.6
188.0	53.0	397
Dp	2.291	

258.69	72	4.5
362	104	767
Dp	2.273	

258.69	72	4.5
362	104	767
Dp	2.273	

258.69	52.2	4.9
495	237	1404
Dp	1.712	



LEYENDA		
TLH SOLID.	%SOLIDO	G.E. SOLIDO
TLH PULPA	TLH H2O	GPM PULPA

BALANCE DE MASA - MUESTREO N°2

MALLA	micras	Alim. Fresca	Alim. Ciclon	O/F	U/F
		% W	% W	% W	% W
10	1975	1.2	0.00	0.00	0.00
14	1389	4.1	0.00	0.00	0.00
20	986	7.6	0.00	0.00	0.00
28	700	8.9	0.00	0.00	0.20
35	496	10.5	0.00	0.00	0.80
48	351	8.6	1.10	0.20	1.70
65	248	9.9	1.90	0.40	6.60
100	175	8.2	5.80	1.00	10.10
150	124	9.4	12.70	3.30	22.50
200	88	8.4	14.40	8.30	21.70
325	58	9.9	19.90	22.30	15.90
-325	37	13.3	44.20	64.50	20.50
Total		100.0	100.00	100.00	100.00

cc	0.814
Bpw	0.182
Verif- Bpw	0.182

Ciclón	Apex	Vortex	Presión Alim.
D15	2.5	5.125	10.5

135.9	42.5	4.8
320.0	185	1029
Dp	1.508	Pto(7)

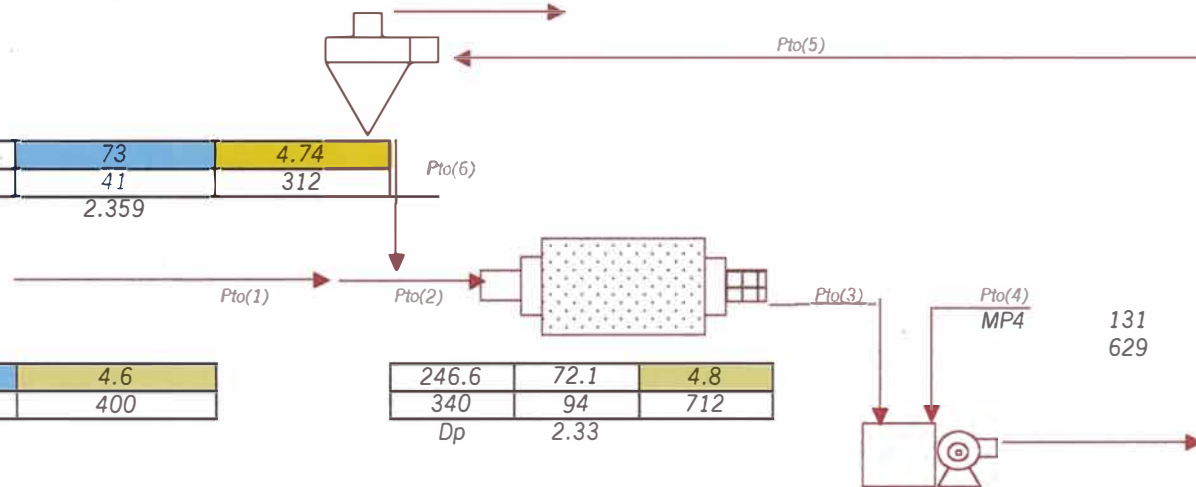
110.7	73	4.74
151	41	312
Dp	2.359	Pto(6)

246.6	52.20	4.85
472	226	1341
Dp	1.708	

135.9	72	4.6
189.0	53.1	400
Dp	2.291	

246.6	72.1	4.8
340	94	712
Dp	2.33	

246.6	72.1	4.8
340	94	712
Dp	2.33	



LEYENDA		
TLH SOLID.	%SOLIDO	G.E. SOLIDO
TLH PULPA	TLH H2O	GPM PULPA

11

BALANCE DE MASA - MUESTREO N°3

MALLA	micras	Alim. Fresca	Alim. Ciclon	O/F	U/F
		% W	% W	% W	% W
10	1975	0.00	0.000	0.0	0.000
14	1389	0.80	0.000	0.0	0.000
20	986	2.50	0.000	0.0	0.000
28	700	5.30	0.000	0.0	0.000
35	496	10.40	0.000	0.0	0.000
48	351	10.20	0.800	0.0	1.500
65	248	10.60	1.600	0.3	4.800
100	175	11.80	4.700	0.8	8.500
150	124	13.00	10.500	2.3	20.700
200	88	8.70	14.400	7.1	25.500
325	58	10.20	20.500	22.8	17.300
325	37	16.50	47.500	66.7	21.700
Total		100.00	100.00	100.0	100.00

CC	0.749
Bpw	0.181
Verifi- Bpw	0.181

Ciclón	Apex	Vortex	Presion alim.
D15	2.5	5.125	10.5

130	42	5
310.0	180	998
Dp	1.507	

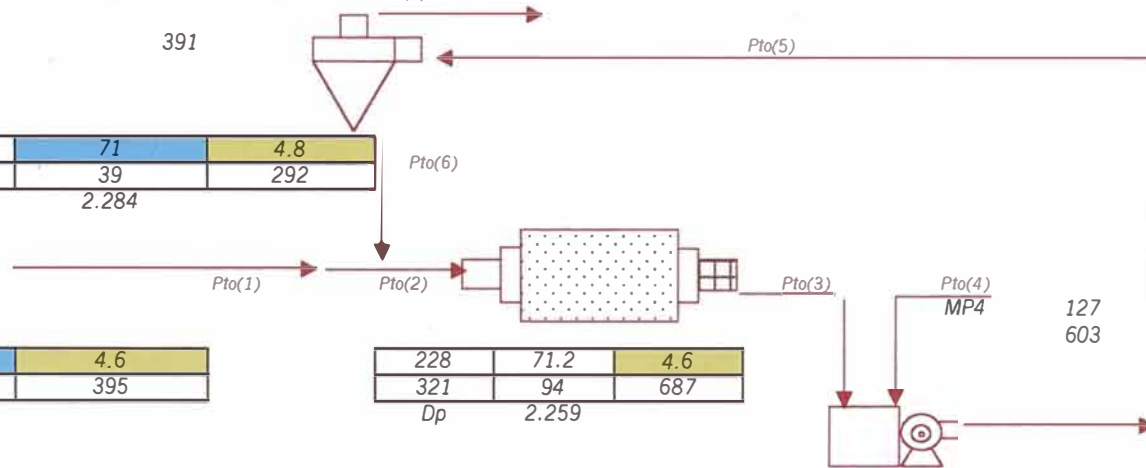
98	71	4.8
137	39	292
Dp	2.284	

130.2	71	4.6
184.0	53.8	395
Dp	2.251	

228	71.2	4.6
321	94	687
Dp	2.259	

228	71.2	4.6
321	94	687
Dp	2.259	

228	51	4.83
447.0	220	1289
Dp	1.68	



LEYENDA		
TLH SOLID.	%SOLIDO	G.E. SOLIDO
TLH PULPA	TLH H2O	GPM PULPA

BALANCE DE MASA - MUESTREO N°8

MALLA	micras	Alim. Fresca	Alim. Ciclon	O/F	U/F
		% W	% W	% W	% W
10	1975	0.0	0.00	0.00	0.00
14	1389	0.4	0.00	0.00	0.00
20	986	1.6	0.00	0.00	0.00
28	700	3.9	0.00	0.00	0.00
35	496	8.4	0.00	0.00	0.00
48	351	10.5	0.40	0.00	0.90
65	248	10.3	1.10	0.40	1.80
100	175	12.7	3.50	0.90	6.20
150	124	12.8	8.70	1.90	16.50
200	88	8.5	13.30	3.90	24.70
325	58	13.7	23.40	22.90	24.10
-325	37	17.2	49.60	70.00	25.80
Total		100.0	100.00	100.00	100.00

CC	0.865
Bpw	0.192
Verificación- Bpw	0.191

Ciclón	Apex	Vortex	Presion alim.
D15	2.5	5.125	10.5

123.5	45	4.9
274.0	151	854
Dp	1.559	Pto(7)

106.8	75	4.8
142	35	281
Dp	2.462	Pto(6)

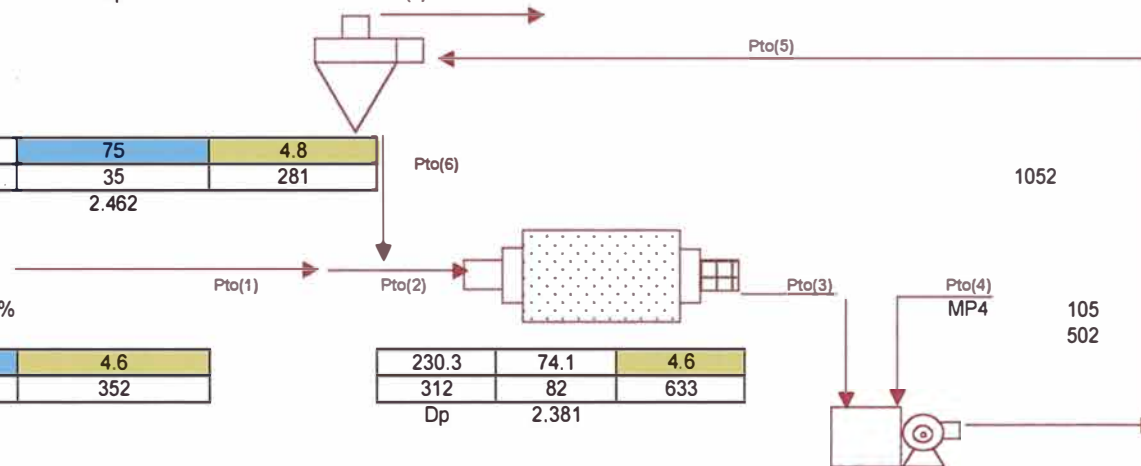
Nota: Verificar G.e TO 100%

123.5	73	4.6
170.0	47	352
Dp	2.333	

230.3	74.1	4.6
312	82	633
Dp	2.381	

230.29	74.1	4.6
312	82	633
Dp	2.381	

230.3	55.4	4.74
416.0	186	1135
Dp	1.777	



LEYENDA		
TLH SOLID.	%SOLIDO	G.E. SOLIDO
TLH PULPA	TLH H2O	GPM PULPA

BALANCE DE MASA - MUESTREI N°10

MALLA	micras	Alim. Fresca	Alim. Ciclon	O/F	U/F
		% W	% W	% W	% W
10	1975	0.0	0.00	0.00	0.00
14	1389	0.9	0.00	0.00	0.00
20	986	2.3	0.00	0.00	0.00
28	700	4.4	0.00	0.00	0.00
35	496	12.3	0.00	0.00	0.30
48	351	10.1	1.20	0.00	2.00
65	248	10.9	2.80	0.30	4.00
100	175	12.2	4.90	0.60	9.90
150	124	12.9	10.10	1.70	26.90
200	88	7.7	14.20	5.40	13.00
325	58	10.3	20.10	21.70	22.00
-325	37	16.0	46.70	70.30	21.90
Total		100.0	100.00	100.00	100.00

CC	0.930
Bpw	0.185
Verif. Bpw	0.185

Ciclón	Apex	Vortex	Presion alim.
D15	2.5	5.125	10.5

134.9	42	5
321.0	187	1034
Dp	1.507	Pto(7)

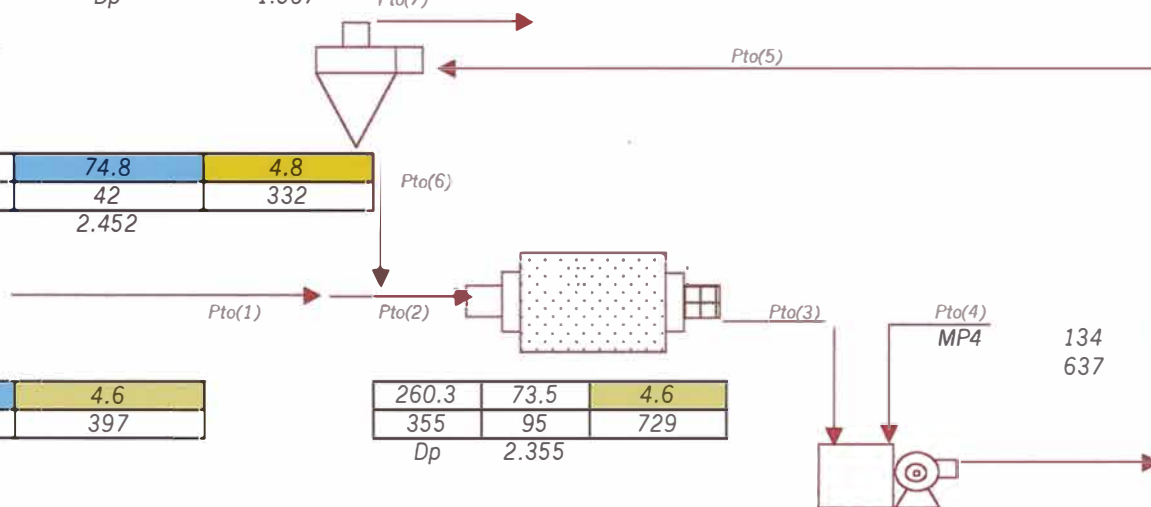
125.4	74.8	4.8
167	42	332
Dp	2.452	Pto(6)

134.9	72	4.6
188.0	53	397
Dp	2.291	

260.3	73.5	4.6
355	95	729
Dp	2.355	

260.3	73.5	4.6
355	95	729
Dp	2.355	

260.3	53.3	4.85
488	229	1366
Dp	1.734	



LEYENDA		
TLH SOLID.	%SOLIDO	G.E. SOLIDO
TLH PULPA	TLH H2O	GPM PULPA

BALANCE DE MASA - MUESTREO N° 11

MALLA	micras	Alim. Fresca	Alim. Cyclon	O/F	U/F
		% W	% W	% W	% W
10	1975	0.3	0.00	0.00	0.00
14	1389	1.3	0.00	0.00	0.00
20	986	3.7	0.00	0.00	0.00
28	700	5.6	0.00	0.00	0.20
35	496	11.0	0.20	0.00	0.60
48	351	10.7	0.90	0.00	1.30
65	248	11.6	2.30	0.30	3.30
100	175	9.3	4.60	1.10	9.00
150	124	10.4	9.70	2.20	21.20
200	88	9.2	15.10	5.20	23.00
325	58	11.1	21.50	22.90	19.30
-325	37	15.8	45.70	68.30	22.10
Total.		100.0	100.00	100.00	100.00

CC	0.918
Bpw	0.200
Verif- Bpw	0.200

Ciclón	Apex	Vortex	Presion alim.
D15	2.5	5.125	10.5

135.3	45	5
301.0	166	933
Dp	1.563	Pto(7)

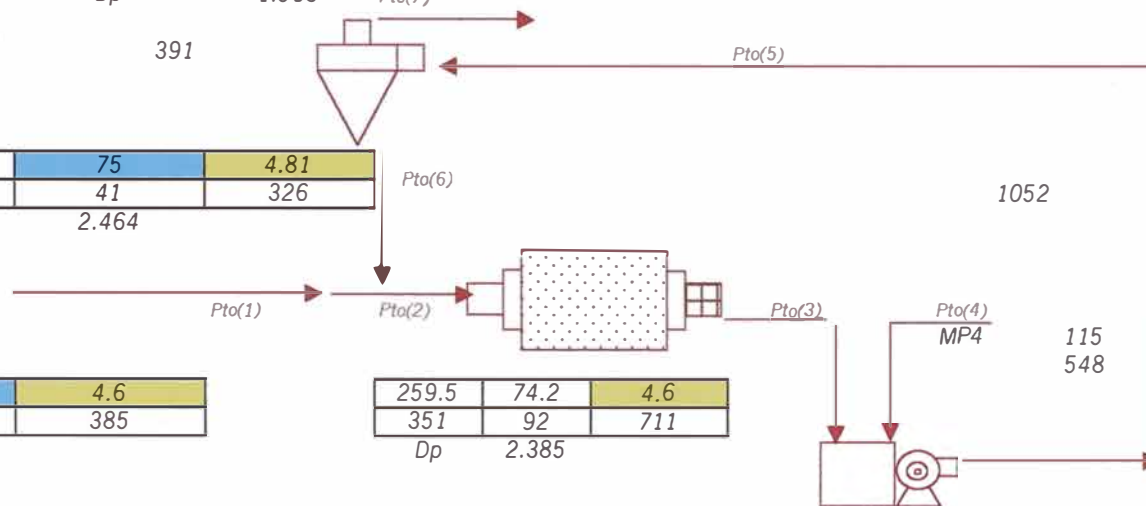
124.22	75	4.81
165.0	41	326
Dp	2.464	Pto(6)

135.3	73	4.6
186.0	51	385
Dp	2.333	Pto(1)

259.5	74.2	4.6
351	92	711
Dp	2.385	Pto(2)

259.5	74.2	4.6
351	92	711
Dp	2.385	Pto(3)

259.5	55.6	4.95
467	207	1259
Dp	1.798	Pto(5)



LEYENDA		
TLH SOLID.	%SOLIDO	G.E. SOLIDO
TLH PULPA	TLH H2O	GPM PULPA

BALANCE DE MATERIA - MUESTREO N° 13

MALLA	micras	Alim. Fresca	Alim. Ciclon	O/F	U/F
		% W	% W	% W	% W
10	1975	0.0	0.00	0.00	0.00
14	1389	0.8	0.00	0.00	0.00
20	986	1.8	0.00	0.00	0.00
28	700	3.1	0.00	0.00	0.00
35	496	9.3	0.00	0.00	0.20
48	351	10.1	0.60	0.00	1.20
65	248	13.1	1.30	0.30	3.80
100	175	11.0	3.90	0.70	7.00
150	124	11.2	9.20	1.50	16.40
200	88	10.6	9.20	2.50	27.30
325	58	12.5	26.20	20.20	20.50
-325	37	16.5	49.60	74.80	23.60
Total		100.0	100.00	100.00	100.00

CC	0.784
Bpw	0.176
Verif- Bpw	0.176

Ciclón	Apex	Vortex	Presion alim.
D15	2.5	5.125	10.5

120.9	45	5
269.0	149	834
Dp	1.563	

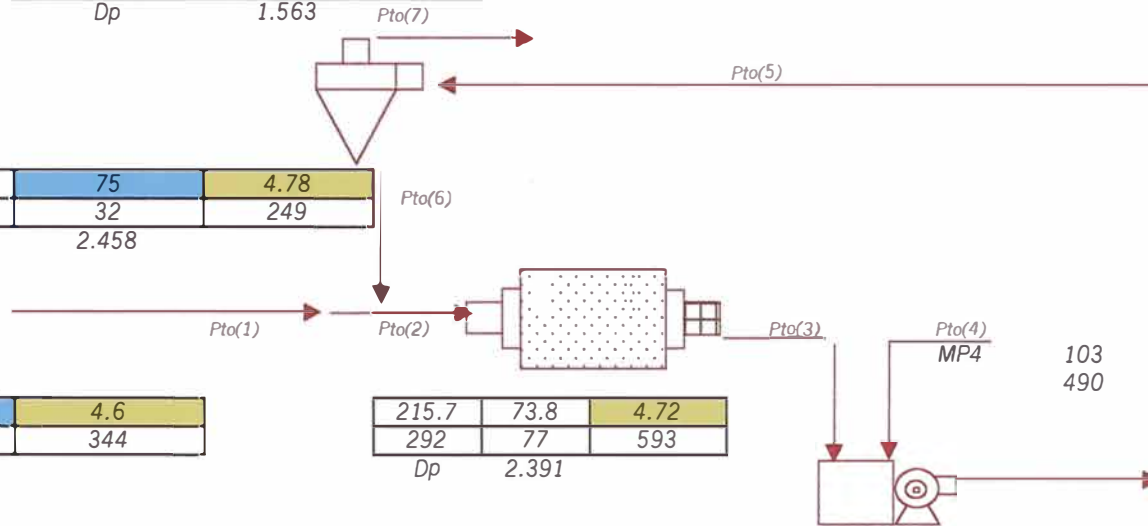
94.8	75	4.78
126.0	32	249
Dp	2.458	

120.9	73	4.6
166.0	45	344
Dp	2.333	

215.7	73.8	4.72
292	77	593
Dp	2.391	

215.7	73.8	4.72
292	77	593
Dp	2.391	

215.7	54.5	4.98
396.0	181	1083
Dp	1.772	



LEYENDA		
TLH SOLID.	%SOLIDO	G.E. SOLIDO
TLH PULPA	TLH H2O	GPM PULPA

BALANCE DE MATERIA - MUESTREO N° 14

MALLA	micras	Alim. Fresca	Alim. Ciclon	O/F	U/F
		% W	% W	% W	% W
10	1975	0.00	0.00	0.00	0.00
14	1389	0.60	0.00	0.00	0.00
20	986	2.30	0.00	0.00	0.00
28	700	5.10	0.00	0.00	0.00
35	496	9.80	0.00	0.00	0.10
48	351	8.60	0.50	0.00	1.90
65	248	12.10	1.20	0.20	3.80
100	175	10.10	3.90	0.70	8.20
150	124	11.00	9.30	2.00	20.70
200	88	10.20	11.20	3.90	19.10
325	58	11.60	23.30	19.70	21.80
-325	37	18.60	50.60	73.50	24.40
Total		100.00	100.00	100.00	100.00

CC	0.741
Bpw	0.168
Verif- Bpw	0.168

Ciclón	Apex	Vortex	Presion alim.
D15	2.5	5.125	10.5

138.3	45	4.84
307.0	169	958
Dp	1.556	Pto(7)

102.4	75	4.86
136	34	268
Dp	2.474	Pto(6)

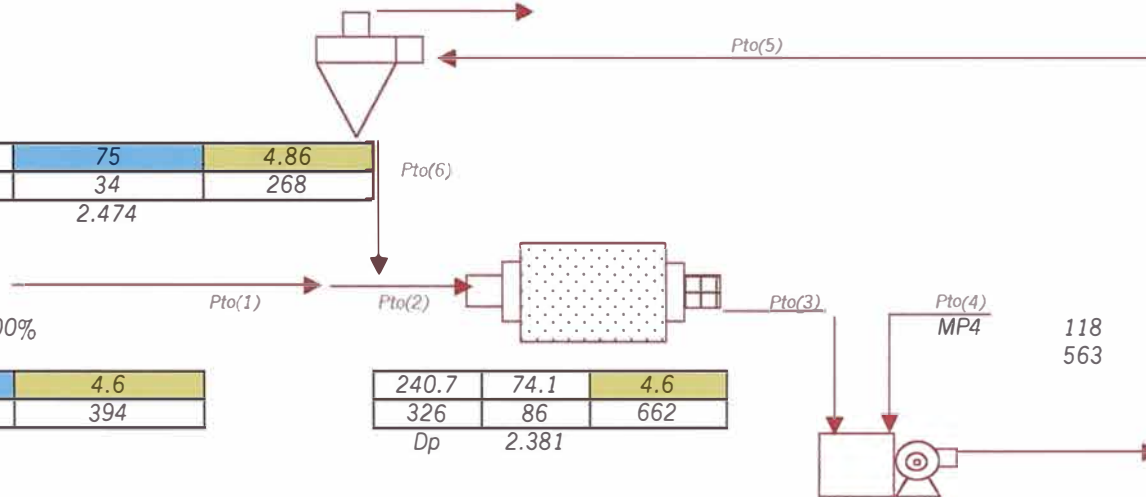
240.7	54.3	4.79
443	203	1226
Dp	1.754	

Nota: Verificar G.e TO 100%

138.3	73	4.6
190.0	52	394
Dp	2.333	

240.7	74.1	4.6
326	86	662
Dp	2.381	

240.7	74.1	4.6
326	86	662
Dp	2.381	



LEYENDA		
TLH SOLID.	%SOLIDO	G.E. SOLIDO
TLH PULPA	TLH H2O	GPM PULPA

**“ TÉCNICAS MATEMÁTICAS APLICADAS A CÁLCULOS EN UNA PLANTA
CONCENTRADORA ”**

SIMBOLOGÍA

\underline{S}:	<i>Indica un arreglo unidimensional o vector.</i>
\underline{b}:	<i>Denota el Símbolo de una Matriz.</i>
\underline{J}:	<i>Matriz diagonal.</i>
\underline{T}:	<i>Matriz Triangular.</i>
\underline{f}^0:	<i>Granulometría de los Sólidos inicial tiempo cero.</i>
F_i:	<i>Passing de la Malla i.</i>
B_{ij}:	<i>Passing de la Malla i provenientes de la fractura de Partículas retenidas en La malla “j”.</i>
τ:	<i>Tiempo medio de Residencia de la pulpa en el molino.</i>
N:	<i>Parámetro de la distribución.</i>
\underline{f}^{out}:	<i>Vector granulometría de descarga del molino</i>
F^{batch}:	<i>Vector granulometría del producto de un proceso batch de molienda al tiempo t.</i>
\underline{f}^{INPUT}:	<i>Vector Granulometría de alimentación al molino.</i>
\underline{J}^c:	<i>Matriz diagonal de elementos J_{ij}^c.</i>
P:	<i>Potencia neta demandada por el molino</i>
H:	<i>Cantidad de Sólidos en la carga.</i>
S_i^E:	<i>Función Selección Específica.</i>

F_i^{inp}	<i>Passing en la Alimentación.</i>
F_i^{out}	<i>Passing en la descarga.</i>
E_i	<i>Eficiencia de real de Clasificación.</i>
E_i^c	<i>Eficiencia de Clasificación corregida.</i>
B_{pf}	<i>By pass de finos.</i>
Q	<i>Caudal Volumétrico de Pulpa alimentada al hidrociclon, M^3/hr.</i>
D_u	<i>Diámetro del Apex.</i>
DO	<i>Diámetro de la Boquilla de rebalse (Vortex), Plg.</i>
P	<i>Presión de alimentación, psi.</i>
Ps	<i>Porcentajes de sólidos en peso de la alimentación</i>
W_{OF}	<i>Caudal de Agua en el Rebose (m^3/hr.)</i>
W_F	<i>Caudal de Agua en la alimentación (m^3/hr.)</i>
a_1, a_2, a_3	<i>Constantes empírica características del mineral.</i>
d'_{50}	<i>Tamaño de corte corregido, micrones.</i>
b_{pf}	<i>By pass de Finos.</i>
B_{pw}	<i>By pass de Agua.</i>
S	<i>Suma de cuadrados de los errores (Valores medios).</i>
L	<i>Función Objetivo de Lagrange.</i>
λ_i	<i>Multiplicador de Lagrange.</i>
Sa	<i>Primera función Objetivo.</i>
L	<i>Segunda función Objetivo.</i>
r	<i>Alimentación Compuesta.</i>
F_{ik}	<i>Passing Real.</i>

f_{ik}:	<i>Passing Calculado.</i>
C.C:	<i>Carga Circulante.</i>
W_{ik}:	<i>Factor de Ponderación.</i>
MS1:	<i>Alimentación Fresca.</i>
MS2:	<i>Alimentación Compuesta.</i>
MS3:	<i>Descarga del Molino.</i>
MS5:	<i>Alimentación a los Ciclones.</i>
MS6:	<i>UnderFlow.</i>
MS7:	<i>OverFlow.</i>
$k(d_p)$:	<i>Función Selección Específica.</i>
k_o:	<i>Valor de intersección de la Recta con la Ordenada.</i>
d_p:	<i>Diámetro de partícula.</i>
d_{max}:	<i>Diámetro de partícula máximo.</i>
α:	<i>Pendiente de la Recta $k_o d_p$.</i>
A:	<i>Pendiente de la Recta $k_o d_p^\alpha / k(d_p)$.</i>
S:	<i>Desviación estándar.</i>
r:	<i>Grados de Libertad.</i>

BIBLIOGRAFÍA

- *Un Análisis Crítico del Proceso del Molienda y Clasificación.*
Dr. Jaime E. Sepulveda. C.I.M.M
- *Diseño y Simulación de Circuitos de Molienda y Clasificación.*
Leonard A. , Fernando Concha. CYTED.
- *Topicos Especiles de Conminución de Minerales.*
Jorge Menacho Ll. , Yadranka Zivkovic . CITED 1995
- *Apuntes del Curso Ingeniería Metalúrgica I*
Ing Edwin Yoplac.
- *Diseño y Optimización de Sistemas Industriales de Molienda*
Convencional y Semiautogena.
Dr. Jorge M. Menacho.
- *Dynamic modelling, Simulation and control of a grinding circuit*
Deparment of Metallurgy of Toronto – Smith and Guerin.
- *Technical Notes of Grinding – R.P King 2000.*
- *Circuitos de Trituración y Molienda de Minerales.*
J. Lynch.
- *Procesamiento de Minerales*
Ing Ivan Quiroz Nuñez
- *II Simposio Internacional de Mineralurgía.*
Optimización y Simulación de Circuitos de Molienda y Clasificación Mediante
Software de Sistema Integrad. TECSUP OCTUBRE 1996.

- *III Simposio Internacional de Mineralurgia.*
Un Modelo Fenomológico de la Molienda Semi Autogena.
TECSUP AGOSTO 2000.
- *IV Simposio Internacional de Mineralurgia.*
Quebrando Paradigmas en la Molienda Clasificación.
TECSUP AGOSTO 2002.
- *Matemáticas Avanzada Aplicada a la Ingeniería de Procesos.*
Master Federico Callsaya M.
- *Segundo Congreso Nacional de Metalurgia.*
Evaluación, Modelación y Simulación de la Molienda Clasificación en
Codelco Chile Estudio de un Balance Másico en el Circuito de Molienda
en el Salvador. CONAMET 1981
- *A Review Introduction to the Solution of the Grinding Equations by digital*
Computation.
P. T. Luckie M. S, Ph D. Austin – The Pennsylvania State University USA.
- *Consideration of Ball size effects in the population Balance approach*
to mill Scale Up Departament of Metallurgy and Metallurgical Engineering
Utah Comminution Center. University of Utah Salt lake City, Utah
Y.C. Lo and J. A. Herbst.
- *The Zero Order Production of Fine sizes in Comminution and Its Implications*
in Simulation. By J.A Herbst and D.W. Fuerstenau.