



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA METALÚRGICA

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDIARIO
BENEFICIO DE MINERALES
(clave 1530)

Noviembre / 2024



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO Beneficio de minerales (clave 1530)



Al estudiante:

En esta guía para el examen extraordinario de la asignatura beneficio de minerales, clave 1530, encontrarás ejercicios numéricos y de conceptos correspondientes a los contenidos temáticos del programa de estudios vigente. Es importante mencionar que esta guía no pretende sustituir los cursos formales de la asignatura ni mucho menos la literatura que se recomienda en el programa de la asignatura, ya que aquí no se profundiza en los conceptos, modelos matemáticos y los fundamentos elementales correspondientes a cada proceso y operación unitaria que forma parte de esta asignatura. En cambio, te muestra cuáles son los temas que se consideran fundamentales, ilustra como se resuelven los casos y ejercicios más característicos de la asignatura sugiriendo explicaciones breves que te permitirán tomar confianza en los ejercicios numéricos y conceptuales. Además, en la parte final de esta guía encontrarás algunos ejercicios para tu entrenamiento.

Docentes de la asignatura

M. en M. Juan Manuel de la Rosa Canales

IQM. Andrés Vela Avitúa

Dr. Faustino Juárez Sánchez

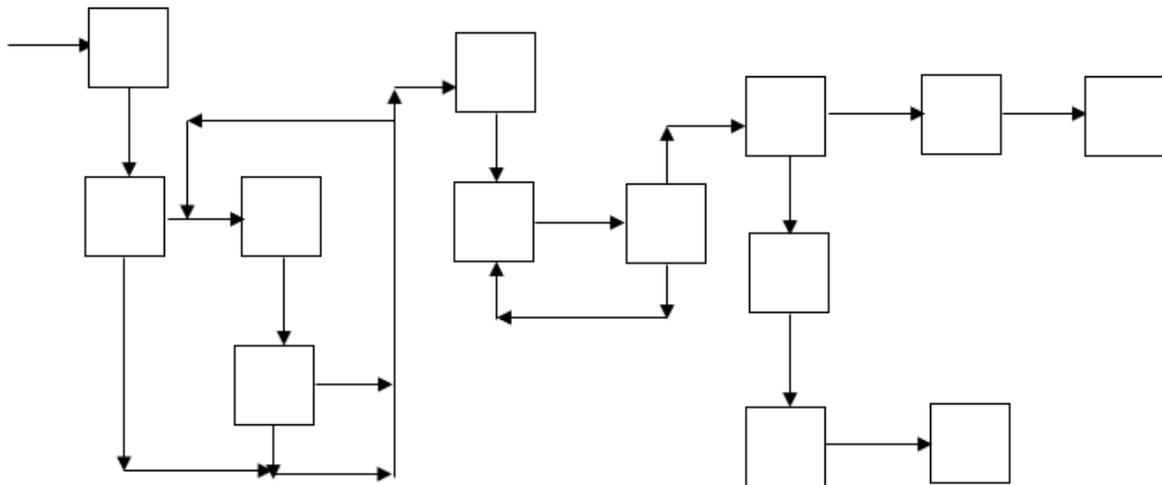
Dr. Ángel Ruíz Sánchez



UNIDAD 1. Generalidades de los procesos de beneficio de los minerales.

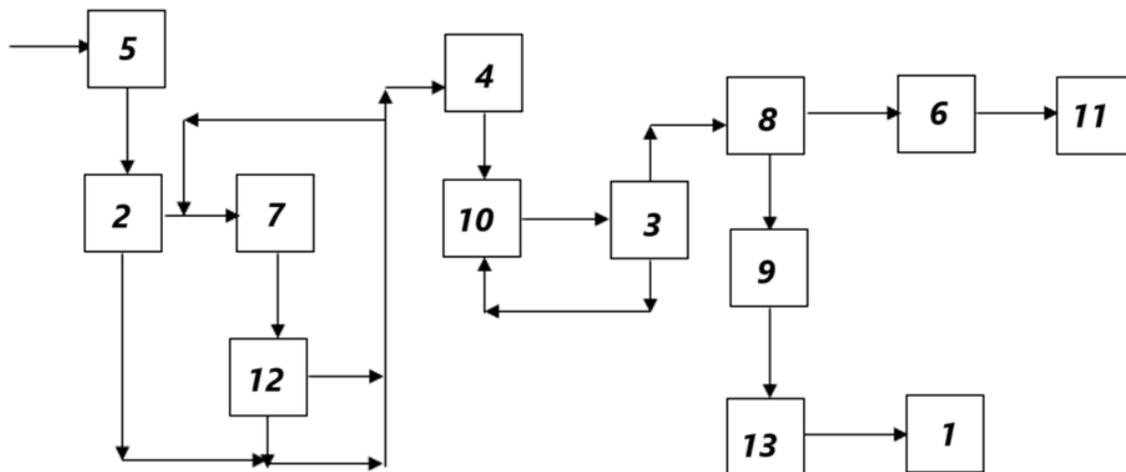
Ejercicio 1.

Coloca el número correcto dentro del cuadro del diagrama de flujo, de la lista mencionada: 1) Producto final, 2)Criba primaria, 3) Hidrociclones, 4)Silos de finos, 5)Trituradora primaria, 6)Espesador de colas, 7) Trituradora secundaria, 8) Celdas de flotación, 9) Espesador de colas, 10) Molino, 11) Presa de jales, 12)



Criba secundaria, 13) Filtros.

A partir de la revisión teórica de los conceptos y seguimiento de las operaciones unitarias el estudiante puede obtener el siguiente resultado.





UNIDAD 3. Procesos de conminución y clasificación.

Ejercicio 2.

Determinar el W_i de un mineral de basalto con la siguiente información:

Amperaje de carga: $IC=2.3$ A

Amperaje de vacío: $IV= 1.0$ A

Voltaje de línea: $V=220$ V

No fases de motor: $NF: 3$

Kg alimentados en trituradora= 0.6054 kg

Tiempo de residencia de la carga: $t= 4.2$ s

$F_{80}=76200 \mu m$

$P_{80}= 13200 \mu m$

Ecuaciones empleadas:

$$W = W_i \left[\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right]$$

Despejamos W_i :

$$W_i = W \left[\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right]^{-1}$$

$$W = 10W_i \left[\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right]$$

$$W_i = \frac{W}{10} \left[\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right]^{-1}$$

Al no conocer W_i entonces se aplica: $W = \frac{\text{Potencia}}{\text{Capacidad}} = \left[\frac{KW-h}{\text{Ston}} \right]$

No se conoce la potencia, por lo tanto:

$$\text{Potencia}[KW] \rightarrow KW = \frac{(IC - IV)V\sqrt{NF}}{1000}$$



$$Potencia[KW] \rightarrow KW = \frac{(2.3A - 1.0A)(220V)\sqrt{3}}{1000} = 0.495 KW$$

En cuanto a la capacidad se determina como los kg de alimentación en la trituradora sobre el tiempo de residencia de la carga y convertimos las unidades a ston/h.

$$Capacidad = \frac{0.6054kg}{4.2s} * \frac{1 STON}{907.185kg} * \frac{3600s}{1h} = 0.572 \frac{Ston}{h}$$

Con la potencia y capacidad determinadas ya se puede conocer el valor del consumo de energía W:

$$W = \frac{0.495KW}{0.572 \frac{Ston}{h}} = 0.865 \left[\frac{KW - h}{Ston} \right]$$

Con W ya se puede determinar Wi:

$$Wi = \frac{0.865 \frac{KW - h}{STon}}{10} \left[\frac{1}{\sqrt{13200 \mu m}} - \frac{1}{\sqrt{76200 \mu m}} \right]^{-1} = 17.02 \frac{KW - h}{STon}$$

Ejercicio 3.

Una planta de beneficio procesa menas sulfuradas de cobre, presenta la información siguiente:

Capacidad de la planta: 1000 [STPD]

Área	Trituración primaria
Tiempo de operación [h]	16
Wi [kW-h/sTon]	12
F80 [in]	15
Set de descarga [in]	3
Abertura de criba [in]	2
Eficiencia de cribado	90%

La función que describe el comportamiento de la mena en la descarga de la trituración primaria está representada por la función:

$$Y = 27.618X + 83.812$$

Donde: $Y = \%Ac (+)$, $X = tamaño [in]$

Área	Trituración secundaria
Tiempo de operación [h]	16
Set de descarga [in]	7/8
Abertura de criba [in]	1/2
Eficiencia de cribado	90%



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



La distribución que describe el comportamiento de la mena en la descarga de la trituración secundaria está representada por la tabla siguiente:

Tamaño [in]	% (¿?)
1.5	4
1.25	7
1	17
0.875	12
0.75	12
0.625	11
0.5	10
0.375	8
0.3125	4
0.25	3
-0.25	12

Área	Trituración terciaria
Tiempo de operación [h]	16
Set de descarga [in]	5/8
Abertura de criba [in]	1/2
Eficiencia de cribado	85%

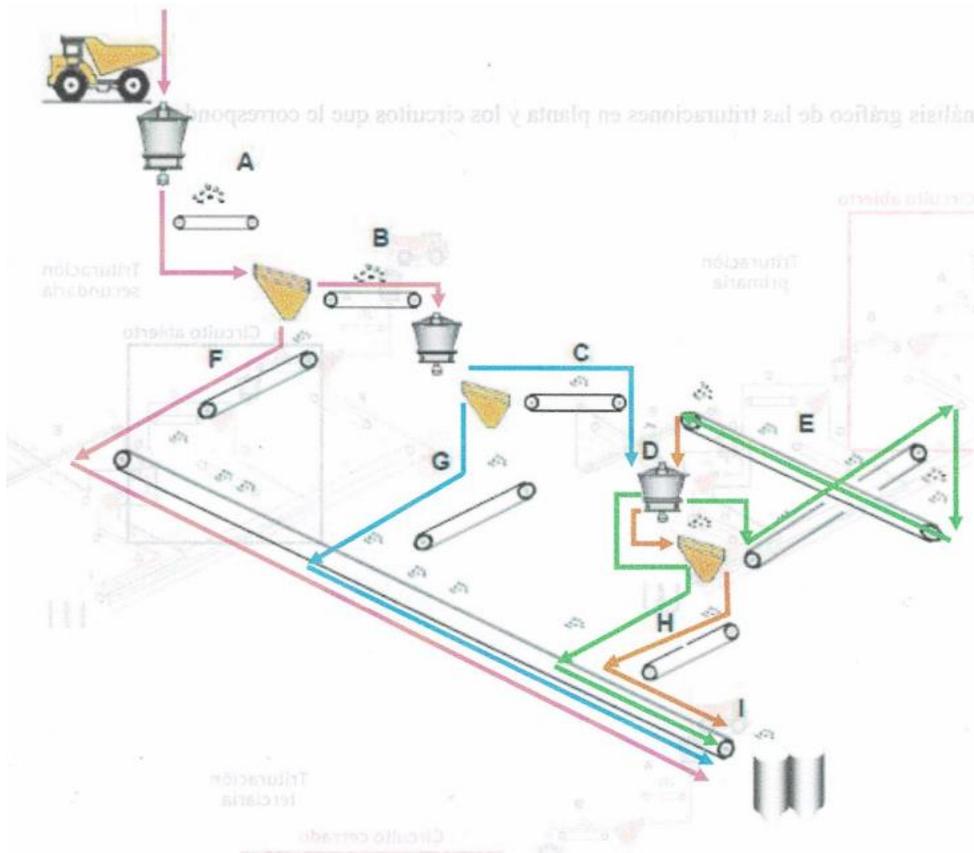
La distribución que describe el comportamiento de la mena en la descarga de la trituración terciaria está representada por la tabla siguiente:

Tamaño	+ 5/8"	-5/8" +1/2"	-1/2"+3/8"	-3/8" + 5/16"	-5/16" + 1/4"	-1/4"+3/16"
%(¿?)	4	12	24	14	12	12

Tamaño	3/16"+6M	-6M+10M	10M-14M	-14M+28M	28M
%(¿?)	7	6	2	7	0



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO Beneficio de minerales (clave 1530)



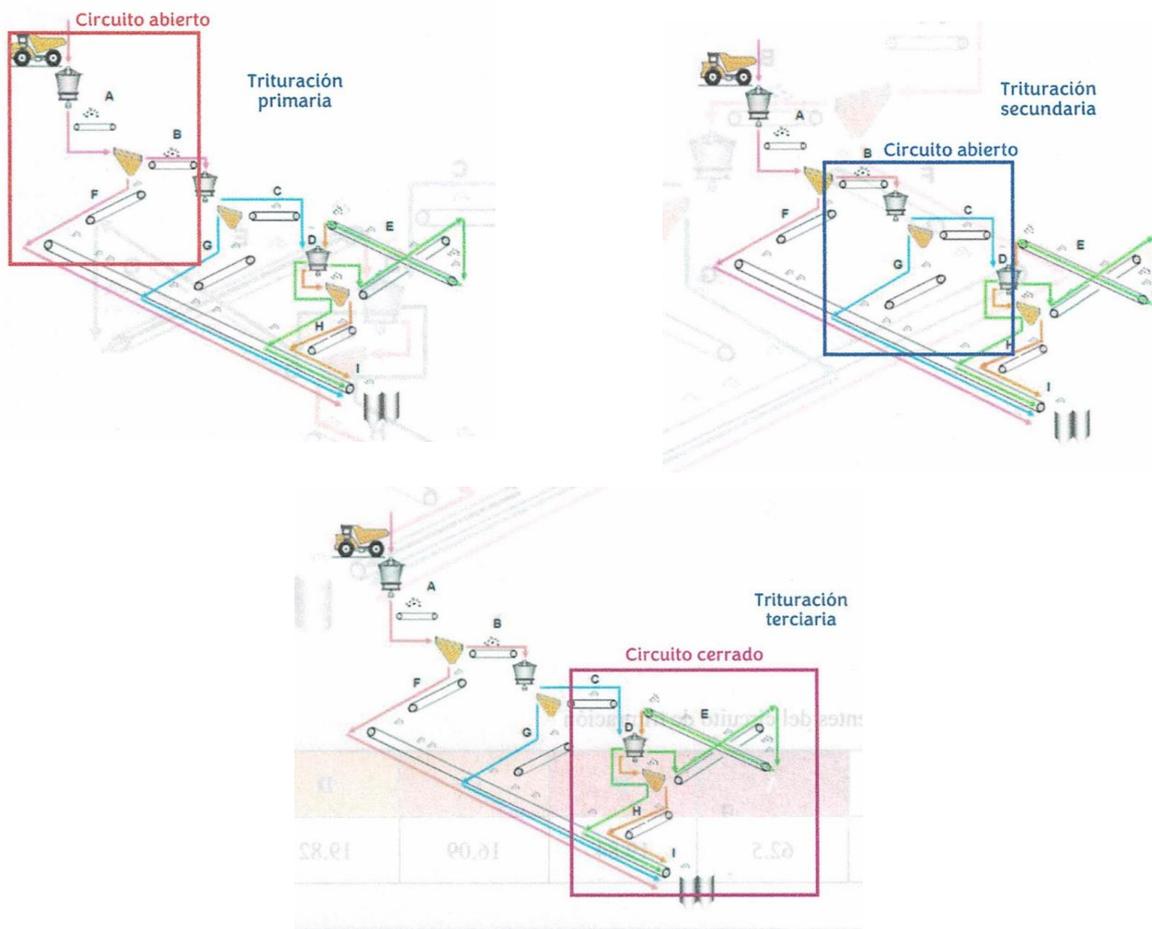
Determinar el valor de las corrientes A-I del circuito de trituración.

Corriente	A	B	C	D	E	F	G	H	I
STPH									

Para resolver cada una de las corrientes primero realizamos un análisis gráfico de las trituraciones en planta y los circuitos que le corresponden:



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO Beneficio de minerales (clave 1530)

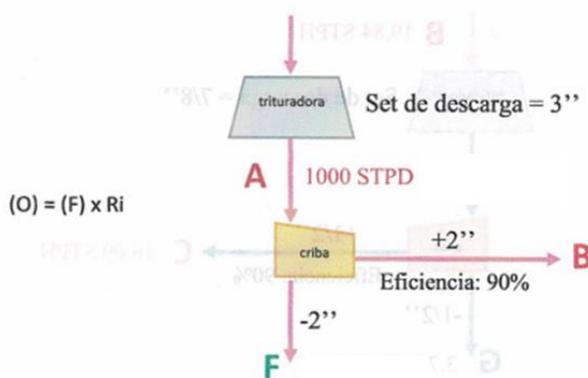


Existen tres circuitos en la planta de minerales, en la que dos son abiertos y uno es del tipo cerrado. Por tanto, para conocer el valor de cada circuito es necesario aislarlos y realizar el balance de materia.

Se comenzará por la trituración primaria, luego trituración secundaria y finalmente con la trituración terciaria.



Trituración primaria: Circuito abierto



La Capacidad de la planta: 1000 [STPD], de acuerdo con el tiempo de operación, es equivalente a:

$$1000 \frac{sTon}{día} * \frac{1día}{16 h} = 62.5 \frac{Ton}{h}$$

Este valor numérico corresponde a la primera alimentación (corriente A). Por tratarse de un circuito abierto se sustituyen los valores en la siguiente ecuación para determinar el sobre tamaño (O) o la corriente B.

$$(O) = (F) * Ri \quad (B) = (A) * Ri$$

$$(B) = (62.5 STPH) * \left(\frac{\%Ac(+)\text{ apertura de la criba}}{\text{Fracción de eficiencia}} \right)$$

Entonces, %Ac (+) apertura de criba, se calcula con la función que describe la descarga:

$$Y = -27.618X + 83.812$$

Donde x es el tamaño de la abertura de criba: 2in

$$\%Ac(+) = -27.618(\text{tamaño in}) + 83.812$$

$$\%Ac(+) = -27.618(2in) + 83.812 = 28.576$$

Por lo tanto:

$$(B) = (62.5 STPH) * \left(\frac{0.28576}{0.9} \right) = 19.84 STPH$$

Haciendo un balance de materia:

A=B+F, donde me interesa F:



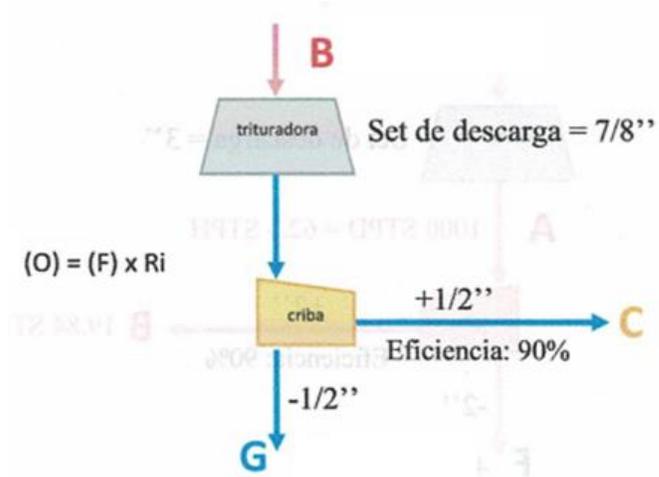
GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



$$F = A - B = 62.5 - 19.84 = 42.66 \text{ STPH}$$

Corriente	A	B	C	D	E	F	G	H	I
STPH	62.5	19.84				42.66			

Trituración secundaria: Circuito abierto



Al tratarse nuevamente de un circuito abierto, se utiliza la siguiente ecuación:

$$(C) = (B) * Ri$$

$$(C) = (B) * \frac{\%Ac (+) \text{aperturas de criba}}{\text{Fracción de eficiencia}}$$

Donde el valor de %Ac(+) se determina con la tabla de trituración secundaria:

$$\%Ac(+) = \sum \%Ret = 4 + 7 + 17 + 12 + 12 + 11 + 10 = 73\%$$

Entonces:

$$(C) = (19.84 \text{ STPH}) * \frac{0.73}{0.9} = 16.09 \text{ STPH}$$

Haciendo un balance de materia:

$$B = C + G, \text{ donde interesa } G; \quad G = B - C = 3.75 \text{ STPH}$$

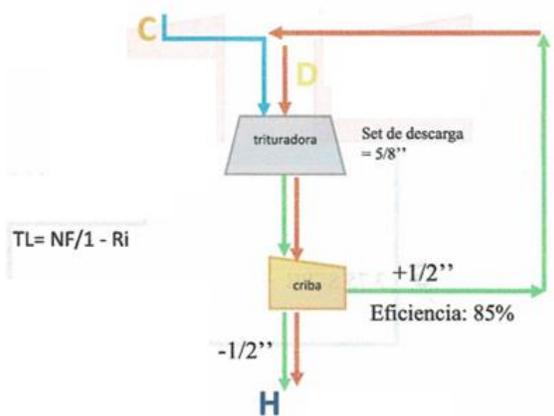


GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



Corriente	A	B	C	D	E	F	G	H	I
STPH	62.5	19.84	16.09			42.66	3.75		

Trituración terciaria: Circuito cerrado



Al ser un circuito cerrado, la ecuación que se emplea es:

$$TL = \frac{NF}{1} - Ri = \frac{NF}{1 - \frac{\%Ret}{Eficiencia}}$$

Donde TL=D; NF=C=16.09 STPH

En este caso tomamos en cuenta que la eficiencia cambia debido a que se trata de un circuito cerrado.

Al no conocer el %Retenido hasta la abertura de criba, entonces, de la tabla que corresponde a la trituración terciaria se obtiene:

$$\%Ret = 4 + 12 = 16\%$$

Entonces:

$$D = \frac{C}{1 - \frac{\%Ret}{Eficiencia}} = \frac{16.09STPH}{1 - \frac{0.16}{0.85}} = 19.82 STPH$$

Para la corriente de reciclado E:

$$D = E + C, \text{ por tanto, } E = D - C$$

$$E = 3.75STPH$$

La última corriente desconocida es H, pero por balance de materia:

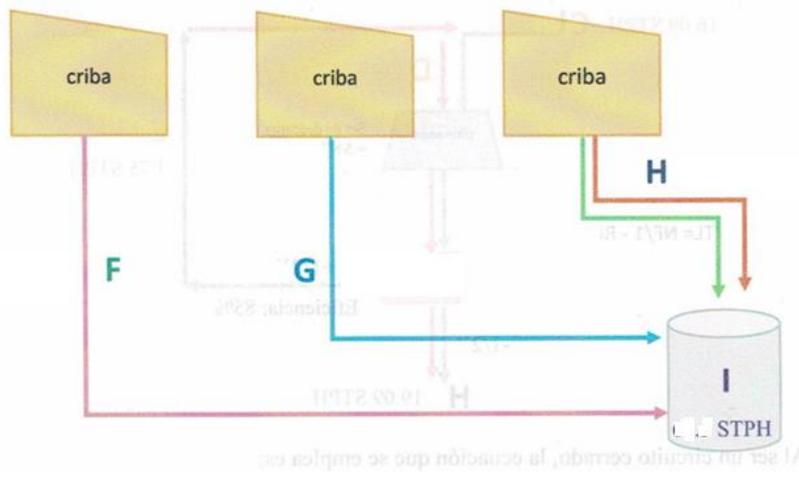


GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



$$C=H=16.09\text{STPH}$$

Finalmente, la descarga total de la trituración.



La última corriente desconocida de I, por tanto, se suma el valor de las corrientes:
F,G Y H

$$I= 62.5\text{STPH}$$

Corriente	A	B	C	D	E	F	G	H	I
STPH	62.5	19.84	16.09	19.82	3.73	42.66	3.75	16.09	62.5



Ejercicio 4.

Determina el consumo de energía W en un proceso de trituración y potencia de motor de la trituradora.

Capacidad de planta=1100 STPD

Tiempo de operación= 16 h/día

Tamaño de partícula en la alimentación a la trituradora $F_{80\%Ac(-)}=15$ in

Tamaño de partícula en la descarga de la trituradora $P_{80\%Ac(-)}=3.5$ in

Dureza del mineral en términos de energía=11kW-h/ston

$$W = \frac{10Wi}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10Wi}{\sqrt{F_{80}}}$$

Conversión de unidades

$$F_{80\%Ac(-)} = 15 \text{ in} ; 1 \text{ in} = 25400 \mu\text{m}$$

$$P_{80\%Ac(-)} = 3.5 \text{ in}$$

$$F_{80\%Ac(-)} = 381000 \mu\text{m}$$

$$P_{80\%Ac(-)} = 88900 \mu\text{m}$$

$$W = \frac{10Wi}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10Wi}{\sqrt{F_{80}}}$$

$$W = \frac{10 \left(11 \frac{\text{kW}\cdot\text{h}}{\text{sTon}} \right)}{\sqrt{88900}} - \frac{10 \left(11 \frac{\text{kW}\cdot\text{h}}{\text{sTon}} \right)}{\sqrt{381000}}$$

$$W = 0.368 - 0.178 = \mathbf{0.19 \text{ kW}\cdot\text{h/sTon}}$$

Entonces la potencia del motor es:

$$W = 0.19 \frac{\text{kW}\cdot\text{h}}{\text{sTon}}$$

Capacidad en STPH

$$\frac{1100 \text{ Ton}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{16 \text{ h}} = 68.75 \frac{\text{sTon}}{\text{h}} = 68.75 \text{ STPH}$$

Potencia del motor de la trituradora considerando 85% de eficiencia y 20% de sobrediseño.

$$\frac{0.19 \text{ kW}\cdot\text{h}}{\text{sTon}} * \frac{68.75 \text{ sTon}}{\text{h}} * \frac{1.34 \text{ HP}}{1 \text{ kW}} * \frac{1.2}{0.85} = \mathbf{24.71 \text{ HP}}$$



Ejercicio 5.

Determinar el Wi de un mineral de basalto con la siguiente información:

Mineral	kW-h/sTon
Vidrio	3
Barita	4.73
Magnetita	9.97
Magnesita	11.13
Dolomita	11.27
Caliza	12.74
Carbón	13
Menas de cobre	14
Cuarzo	14
Basalto	17.1
Andesita	18.25
Diorita	20.9

Tipo de dureza	Wi (kW-h/sTon)
Muy blando	≤ 7.26
Blando	7.27-10.89
Medio	10.90-14.51
Duro	14.52-18.14
Muy duro	18.5-21.77
Extremadamente Duro	≥ 21.78

Amperaje con carga $I_c=2.3$

$$kW = \frac{(I_c - I_v)V\sqrt{NF}}{1000}$$

Amperaje en vacío $I_v=1.0A$

$$KW = \frac{(2.3 - 1.0)220\sqrt{3}}{1000} = 0.495$$

Voltaje de línea $V=220V$

Capacidad=0.6054 kg/4.2s

Número de fases del motor=3

$$=0.571sTon/h$$

Kg alimentados a la trituradora=0.6054

Tiempo de residencia de la carga=4.2s

$F_{80}=76200\mu m$

$P_{80}=13200\mu m$

Consumo de energía W

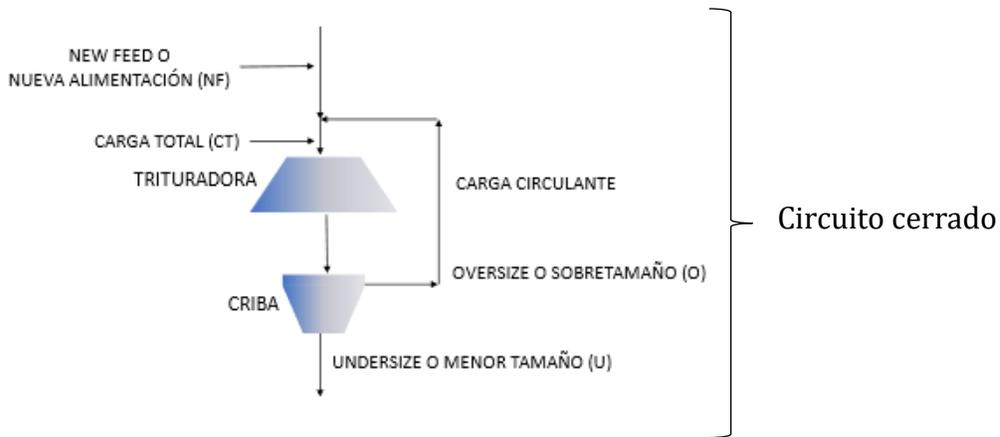
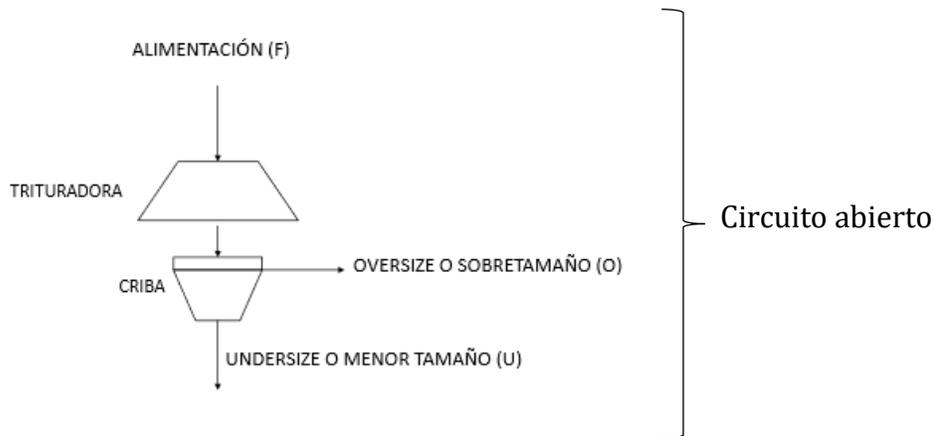
$$= \frac{0.495}{0.571sTon/h} = 0.867kW - h/sTon$$

$$Wi = W / \left[\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right] \quad Wi = \frac{0.867}{\left[\frac{10}{\sqrt{13200}} - \frac{10}{\sqrt{76200}} \right]} = \mathbf{17.07kW - h/sTon}$$



Ejercicio 6.

Determine la solución para los siguientes esquemas de circuitos de trituración.

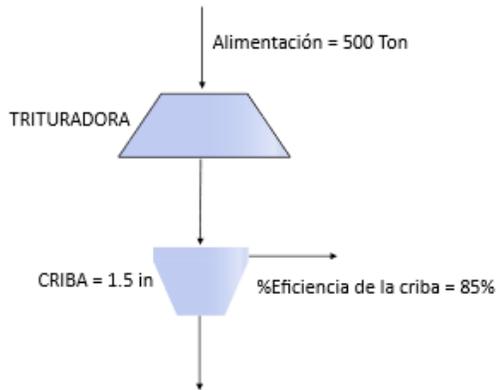


Para el circuito abierto tenemos:

Análisis granulométrico del mineral triturado	
Tamaño	%Ret
2.5 in	3%
2.0in	5%
1.5in	8%
1.0in	15%
0.5in	10%



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



$$O = FR_i$$

$$R_i = \frac{fR}{fE}$$

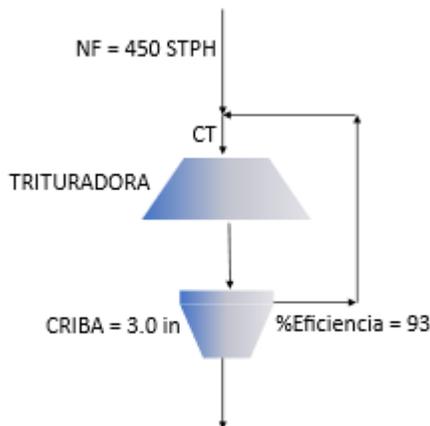
El tamaño de apertura de la criba es de 1.5 in, se determina el mineral retenido hasta dicha criba:

$$3\% + 5\% + 8\% = 16\%$$

Para determinar el sobretamaño (oversize) se utilizan los valores de mineral retenido y % de eficiencia expresados como fracciones:

$$O = (500) \left(\frac{0.16}{0.85} \right) = 94.11 \text{ STPH}$$

Para el circuito cerrado



Análisis granulométrico del mineral triturado	
Tamaño	%Ret
3.0 in	2%
2.5in	3%
2.0	5%
1.5in	8%
1.0in	15%
0.5in	10%

$$CT = \frac{NF}{1 - R_i} \quad R_i = \frac{fR}{fE}$$

El tamaño de apertura de la criba es de 3in. Dado que la primera criba del análisis granulométrico es de 3in, se usa ese valor como mineral retenido de 2%.



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



La nueva alimentación del circuito de trituración es de 450 STPH. Al igual que en los circuitos de trituración abiertos, tanto el mineral retenido como el porcentaje de eficiencia se expresan en forma de fracción.

$$CT = \frac{450}{1 - \left(\frac{0.02}{0.93}\right)} = 459.89 \text{ STPH}$$

Ejercicio 7.

Determinar el tamaño de una trituradora industrial a partir de los siguientes datos:

F₈₀=15 in

P₈₀=3in

Set de descarga=3in

Relación de trituración: $Rt = \frac{F_{80}}{P_{80}}$

Relación de trituración límite: $Rtl = \frac{(0.85)(Gape)}{(Set \ de \ descarga)}$

$$Rt = \frac{F_{80}}{P_{80}} = \frac{15in}{3in} = 5$$

$$Rt = Rtl$$

$$Rtl = \frac{(0.85)(Gape)}{(Set \ de \ descarga)} = \frac{(0.85)(Gape)}{(3in)}$$

$$5 = \frac{(0.85)(Gape)}{(3in)}$$

$$Gape = \frac{(5)(3in)}{(0.85)} = \mathbf{17.64in}$$



UNIDAD 5. Procesos de separación sólido-líquido.

3. Evaluación de una ley calculada de cabeza.

Recordemos lo siguiente:

Concentración: Conjunto de procesos que tiene como objetivo obtener, separar los productos minerales de alta ley de los estériles o ganga a través de operaciones unidades físicas, Todo depende de las propiedades físicas (gravimetría, magnética, medios densos, flotación, etc).

Los indicadores de concentración evalúan de forma cuantitativa

Ley o grado: es el grado de pureza de un mineral expresado en %, para varios metales y en Oz/ton para metales preciosos. Usualmente se determina por procesos analíticos de espectrometría de absorción atómica.

Contenido metálico: Unidades másicas (g, STPH) del elemento de interés que se presencia en un producto mineral. Este se determina a través del producto del flujo másico del sólido por el porcentaje de ley dividido entre 100 unidades.

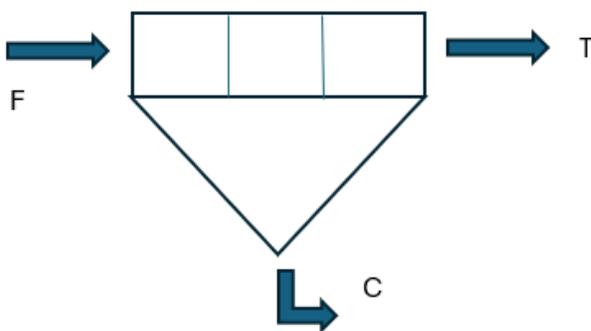
Recuperación: Medida de la eficiencia de un proceso expresado en %. Se determina a través del cociente de los contenidos metálicos de la corriente de interés con respecto a su alimentación multiplicado por 100.

Relación de concentración: Toneladas de minera alimentadas al proceso de beneficio para obtener una tonelada de concentrado.

Balance metalúrgico:

Producto	Peso (g, STPH)	%peso	%Ley	Concentrado metálico (g,STPH)	%Recuperación
Concentrado	C	PC	X_C^a	CM_C^a	R_C^a
Colas	T	PT	X_T^a	CM_T^a	R_T^a
Alimentación	F	PF	X_F^a	CM_F^a	R_F^a

Equipo de concentración





GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



- 1) $F=C+T$
- 2) $PC=(C/F)*100$ (Lo mismo para colas)
- 3) $PF=PC+PT$
- 4) $CM_c^a = CX_c^a/100$ (Lo mismo para colas)
- 5) $CM_F^a = CM_c^a + CM_T^a$
- 6) $R_c^a = \left(\frac{CM_c^a}{CM_F^a}\right) * 100$ (Lo mismo para colas)
- 7) $R_F^a = R_c^a + R_T^a$

Ejemplo 1.

Determinar los datos que faltan en la siguiente tabla.

Producto	Peso [STPH]	%Peso	%Ley Pb	Contenido Pb metálico (STPH)	%Recuperación Pb
Concentrado	1	10	40		
Colas	9	90	0.1		
Alimentación		100			

Cálculo de corriente de concentrado

-Contenido metálico de plomo

$$CM_C^{Pb} = 1STPH * \left(\frac{40}{100}\right) = 0.4 STPH$$

Corriente de colas

- Contenido metálico de plomo

$$CM_T^{Pb} = 9STPH * \left(\frac{0.1}{100}\right) = 0.009 STPH$$

Corriente de alimentación

-Contenido metálico en alimentación

$$CM_F^{Pb} = CM_C^{Pb} + CM_T^{Pb} = 0.4 STPH + 0.009 STPH$$

$$CM_F^{Pb} = 0.409 STPH$$

C. contenido

%Recuperación

$$\%R_C^{Pb} = \left(\frac{CM_C^{Pb}}{CM_F^{Pb}}\right) * 100 = \left(\frac{0.4 STPH}{0.409 STPH}\right) * 100 = 97.79\%$$



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



C. colas

% Recuperación

$$\%R_T^{Pb} = \left(\frac{CM_T^{Pb}}{CM_F^{Pb}} \right) * 100 = \left(\frac{0.009}{0.409} \right) * 100 = 2.21\%$$

C. Alimentación

%Recuperación

$$\%R_F^{Pb} = \%R_C^{Pb} * \%R_T^{Pb} = 97.79 + 2.21 = 100\%$$

%LEY Pb

F=C+T

$$F \frac{X_F^{Pb}}{100} = \frac{CX_C^{Pb}}{100} + \frac{TX_T^{Pb}}{100}$$

$$X_F^{Pb} = \left(\frac{CX_C^{Pb}}{100} + \frac{TX_T^{Pb}}{100} \right) * \frac{100}{F} = (0.4 + .009) * \frac{100}{10} = 4.09\%Pb$$

Entonces la table queda de la siguiente manera.

Producto	Peso [STPH]	%Peso	%Ley Pb	Contenido Pb metálico (STPH)	%Recuperación Pb
Concentrado	1	10	40	0.4	97.79
Colas	9	90	0.1	0.009	2.21
Alimentación	10	100	4.09	0.409	100



Ejemplo 2.

Una planta de beneficio procesa minerales sulfurados de Zn. Dicha planta presenta la siguiente información:

Descarga del molino= 38.64% sólidos en volumen

Descarga del molino=387.94 USGPMp

Agua de dilución=43.4 STPHI

SGs=4

SGL=1

Calcular:

- 1) Descarga de molino= STPHp, STPHI y STPHs
- 2) Alimentación al ciclón= USGPMp, USGPMI y USGPMs y % sólidos en volumen

Si se tiene una C.C.= 300%, así como 31.94% sólidos en peso en el derrame de ciclón y 83.02% sólidos en peso en la descarga de ciclón.

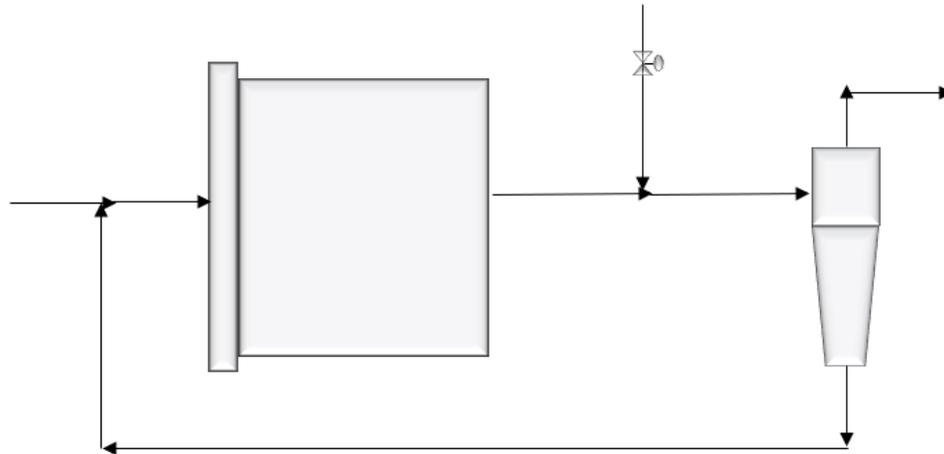
Calcular:

- 3) Descarga de ciclones= STPHp, STPHI y STPHs
- 4) Derrame de ciclones= STPHp, STPHI y STPHs

Si se tiene la dimensión en diámetro de ciclón=15 in, determine el número de hidrociclones requeridos para perar el valor $d_{50\text{actual}}=90\mu\text{m}$, considerado los valores de C1,C2 y C3 para su evaluación.

Calcular:

Vc, Vt y potencia del motor del molino industrial, considerando molinos de dimensiones $\phi=10\text{ft} \times L= 14 \text{ ft}$.



Descarga del molino

$$Q_s^v = \frac{(\%vol\ sol)(Q_p^v)}{100} = \frac{38.64(387.94)}{100} = \mathbf{149.90USGPM}_s$$

$$Q_l^v = Q_p^v - Q_s^v = 387.94 - 149.90 = \mathbf{238.04USGPM}_l$$

$$STPH_l = \frac{Q_l^v (SG_l)}{4} = \frac{238.04(1)}{4} = \mathbf{59.51STPH}_l$$

$$Q_p^M = Q_s^M + Q_l^M = 149.90 + 59.51 = \mathbf{209.41 STPH}_p$$

$$\%Sol\ wt = \frac{Q_s^M}{Q_p^M} * 100 = \frac{149.90}{209.41} * 100 = \mathbf{71.582\%}$$

$$A = 71.5820$$

$$B = \frac{100 - A}{A} = \frac{100 - 71.582}{71.582} = \mathbf{0.3970}$$

$$SG_p = \frac{1 + B}{B + \frac{1}{SG_s}} = \frac{1 + 0.397}{0.397 + \frac{1}{4}} = \mathbf{2.16}$$

Alimentación.

$$STPH_l = \text{Agua de dilución} + \text{liquido de molino}$$

$$STPH_l = 43.4 + 59.51 = \mathbf{102.91}$$



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



$$Q_P^M = Q_S^M + Q_L^M = 149.90 + 102.91 = \mathbf{252.81 STPH}_P$$

$$USGPM_l = \frac{Q_l^M * 4}{1} = \frac{102.91(4)}{1} = 411.64 USGPM_l$$

$$USGP_p = Q_S^V + Q_L^V = 149.90 + 411.64 = 561.54 USGPM_p$$

$$\%sol vol = \frac{149.90}{561.94} * 100 = 26.6754$$

$$\%sol wt = \frac{149.90}{252.81} * 100 = \mathbf{59.2935}$$

$$B = \frac{100 - A}{A} = \frac{100 - 59.29}{59.29} = \mathbf{0.6866}$$

$$SG_p = \frac{1 + B}{B + \frac{1}{SG_s}} = \frac{1 + 0.6866}{0.6866 + \frac{1}{4}} = 1.800$$

Descarga del ciclón.

Se tiene C.C=300%

300----- X X=3T

$$X = (149.90 - X) 3$$

$$X = 3(149.90 - X)$$

$$X = 449.7 - 3X \text{ Resolvemos para } X$$

$$4X = 449.7 \text{ ----} \rightarrow X = \mathbf{112.425 STPH}_s$$

$$Q_P^M = \frac{Q_S^M * 100}{\%sol wt} = \frac{112.425(100)}{83.02} = \mathbf{135.419 STPH}_p$$

$$Q_l^M = Q_P^M - Q_S^M = 135.419 - 112.425 = \mathbf{22.994 STPH}_l$$

$$Q_l^V = \frac{Q_l^M * 4}{1} = \frac{22.994 * 4}{1} = 91.976 USGPM_l$$

$$Q_p^V = Q_S^V + Q_l^V = 112.425 + 91.976 = 204.40 USGPM_p$$

$$B = \frac{100 - A}{A} = \frac{100 - 83.02}{83.02} = \mathbf{0.2045}$$

$$\%sol vol = \frac{112.425}{204.4} * 100 = 55.00$$



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



$$SG_P = \frac{1 + B}{B + \frac{1}{SG_S}} = \frac{1 + 0.2045}{0.2045 + \frac{1}{4}} = 2.65016$$

Derrame

$$T = 149.90 - x$$

$$149.90 - 112.425 = \mathbf{37.475}$$

$$B = \frac{100 - 31.94}{31.94} = 2.1308$$

$$Q_i^M = 37.475 * 2.1308 = \mathbf{79.8217 STPH}_l$$

$$Q_p^M = 79.82 + 37.475 = \mathbf{117.295}$$

$Q = 561.94$ USPM en alimentación

$$V = 26.68 \% \text{ sol vol}$$

$$\Delta P = \frac{2Q^2}{D^4}$$

$$C1 = \exp(-0.301 + 0.0945V - 0.00356V^2 + 0.0006684V^3) = 2.731$$

$$C2 = 2.0 * \Delta P^{-0.3}$$

$$C3 = \sqrt{\frac{1.65}{(56s - 1)}}$$

$$\Delta P = \frac{2Q^2}{D^4} = \frac{2(561.94)^2}{15^4} = 12.475$$

$$C2 = 2(12.475)^{-0.3} = 0.9380$$

$$C3 = \sqrt{\frac{1.65}{(4 - 1)}} = 0.7416$$

$$d50 \text{ base} = 4.89(15)^{0.69} = 31.6819$$

$$d50 \text{ actual} = 31.68 * c1 * c2 * c3$$

$$d50 = 31.68 * 2.73 * 0.938 * 0.74 = 60.032$$

$$\frac{561.94}{2} = 280.97$$



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



$$\Delta P = \frac{2(280.97)^2}{7.54} = 3.118$$

$$2(3.118)^{-0.3} = 1.4218$$

$$C1 = 2.73$$

$$C2 = 1.42$$

$$C3 = 0.74$$

$$d50_{actual} = 31.86 * 2.73 * 1.42 * 0.74 = 90.8799$$

2 hidrociclones

$$V_c = \frac{766}{\sqrt{10}} = \mathbf{24.22 RPM}$$

$$V_E = 0.74(24.22) = \mathbf{17.92 RPM}$$

$$V = \pi r^2 h v = \pi (5ft)^2 (14ft) = \mathbf{1099.56 ft^3}$$

$$HP = 0.5418(1099.56) \left(\frac{1.20}{0.85} \right) = \mathbf{841.09 HP}$$



Ejercicios adicionales

Análisis Granulométrico

1.- A partir de la información tabulada de análisis granulométrico que a continuación se presenta, conteste las siguientes preguntas:

a) Completar la tabla del análisis granulométrico

Tamaño (μm)	Peso (g)	% Retenido	% Ac(+)	%Ac(-)	log μm	log %Ac(-)
+1410				97.39		
+1190-1410				88.09		
+841-1190				76.29		
+597-841				63.4		
+420-597				53.59		
+297-420				45.4		
+210-297				37.7		
+149-210				31.61		
+105-149				26.01		
+74-105				22.13		
-74			100.00	0		
	60					

b) Determinar el %Retenido en el intervalo de tamaños -1410+597 μm a partir de los valores de % retenidos.

c) Determinar el %Retenido en el intervalo de tamaños -1410+597 μm a partir de los valores de % Acumulado (-). Colocar los valores seleccionados de la tabla.

d) Determinar el %Retenido en el intervalo de tamaños -1410+597 μm a partir de los valores de % Acumulado (+). Colocar los valores seleccionados de la tabla.

e) Graficar log %Ac(-) vs log (μm)

f) Determinar a partir de la gráfica correspondiente los valores de: i) tamaño de partícula con 80% Ac(-) y ii) tamaño de partícula con 63.2% Ac(-)

g) Obtener los parámetros K, m de la ecuación de Schuhmann

h) Determinar el tamaño de partícula μm , para el valor 63.2 %Ac(-) aplicando la ecuación de Schuhmann.

j) Obtener la ecuación por regresión método de mínimos cuadrados sobre log %Ac(-) vs log (μm) (ordenada al origen, pendiente y coeficiente de correlación), que ajuste mejor los resultados tabulados.

k) Determinar el tamaño de partícula en μm , con 63.2%Ac(-) a partir de la ecuación obtenida por regresión.



Trituración

Una planta de beneficio procesa menas sulfuradas de cobre con estériles presenta la información siguiente:

Capacidad de planta = 1000 STPD

Área	Trituración Primaria												
Tiempo de operación	16 horas												
Wi	12 kw-h/ston												
F ₈₀	15 pulgadas												
Set de descarga	3 pulgadas												
Abertura de criba	2 pulgadas												
Eficiencia de cribado	90%												
La función que describe el comportamiento de la mena en la descarga de la trituración primaria está representado por la función: $Y = -27.618X + 83.812$, donde $Y = \% Ac(+)$ y $X = \text{tamaño (in)}$													
Área	Trituración Secundaria												
Tiempo de operación	16 horas												
Set de descarga	7/8 pulgada												
Abertura de criba	1/2 pulgada												
Eficiencia de cribado	90%												
La distribución que describe el comportamiento de la mena en la descarga de la trituración secundaria está representada por la tabla siguiente.													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño (in)</th> <th>% ()</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1.25</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>0.875</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>0.75</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>		Tamaño (in)	% ()	1.5	4	1.25	7	1	17	0.875	12	0.75	12
Tamaño (in)	% ()												
1.5	4												
1.25	7												
1	17												
0.875	12												
0.75	12												



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



	0.625	11	
	0.5	10	
	0.375	8	
	0.3125	4	
	0.25	3	
	-0.25	12	
Área		Trituración Terciaria	
Tiempo de operación		16 horas	
Set de descarga		5/8 pulgada	
Abertura de criba		1/2 pulgada	
Eficiencia de cribado		85%	
La distribución que describe el comportamiento de la mena en la descarga de la trituración terciaria está representada por la tabla de screen analyses symons cone crusher:			

Calcular:

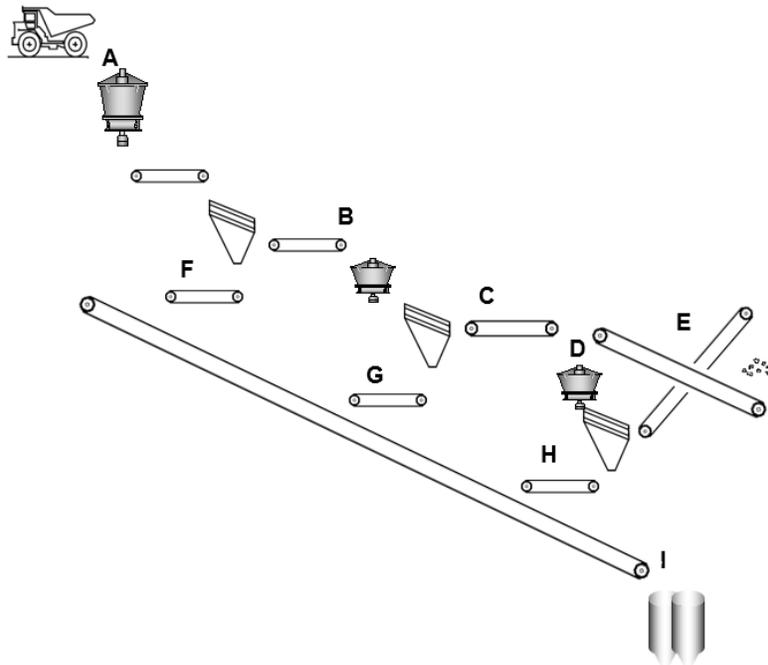
Corriente	A	B	C	D	E	F	G	H	I
STPH									

Trituradora Primaria

	capacidad	tamaño	Hp	Tipo
Calculada				
Tabulada				
Calcular consumo de energía				



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



Molienda

Una planta de beneficio procesa **menas de Calcopirita CuFeS_2** con estériles proporcionando la información siguiente:

Capacidad de planta = 900 STPD

Área	Molienda
Tiempo de operación	24 horas
Dimensiones molino de bolas	10ft(ϕ) x 12 ft (L)
Densidad del medio molorante	7.5 g/cm ³
Gravedad específica de la pulpa en derrame del hidrociclón	1.315
Gravedad específica de la pulpa en descarga del hidrociclón	2.651
Gravedad específica de la pulpa en alimentación a hidrociclón	1.801
Gravedad específica de la pulpa en descarga del molino	2.16



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



Gravedad específica del sólido	4
Gravedad específica del líquido	1
d50 actual	60 μm
ΔP (de operación)	12.44

	STPH	S.G.	USGPM
Derrame de ciclón			
Sólidos		4.0	
Líquidos		1.0	
Pulpa		1.3	
% sólidos wt.			
Descarga de ciclón			
Sólidos		4.0	
Líquidos		1.0	
Pulpa		2.7	
% sólidos wt.			
Alimentación a ciclón			
Sólidos		4.00	
Líquidos		1.00	
Pulpa		1.80	
% sólidos wt.			
Descarga de molino			
Sólidos		4.00	
Líquidos		1.00	
Pulpa		2.16	



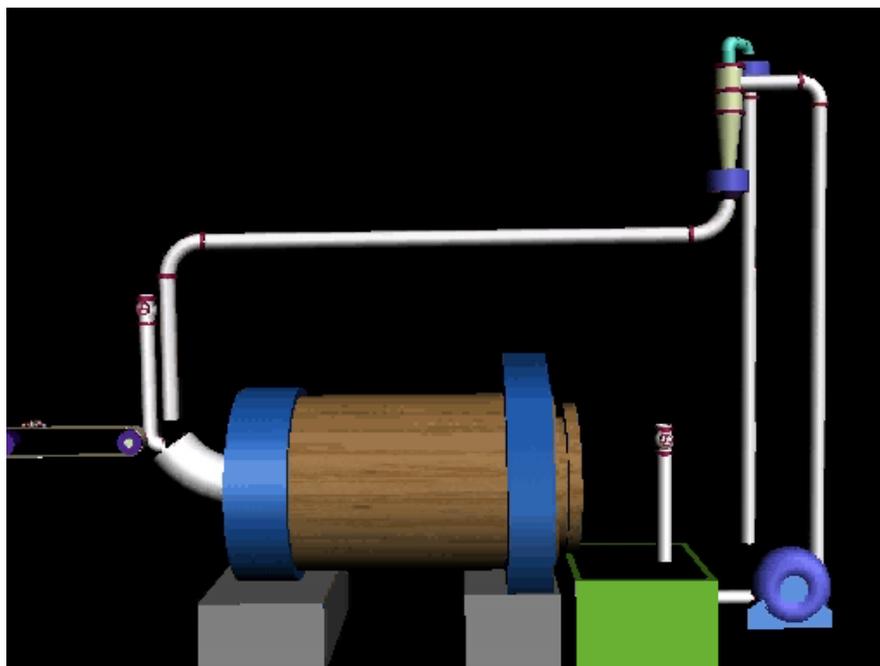
GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



% sólidos wt.			
---------------	--	--	--

Hidrociclones	
Diámetro del ciclón	
Número de hidrociclones	

Molino	
Diámetro (ft)	10
Longitud (ft)	12
Velocidad crítica (RPM)	
Velocidad de trabajo (RPM)	
Carga de bolas (Ton)	
Potencia del motor (HP)	





Concentración

Una planta de beneficio procesa menas de Calcopirita CuFeS_2 con estériles proporcionando la información siguiente:

Capacidad = 1500 STPD

Flotación (tiempo de operación = 24 h.)

% sólidos en peso en la pulpa en alimentación a la celda de limpia de Cu = 20.0

Gravedad específica del sólido = 4.0

Tiempo óptimo de flotación = 8 minutos, Capacidad de celda unitaria = 100 ft³.

	STPH	%Ley CuFeS_2	CM	%Rec
B		8.66		B 100
C				/H
I				/I
D				/I
H	19.32	38.72		/I
F	6.82			/B 98.2



GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO
Beneficio de minerales (clave 1530)



Calcular los valores solicitados en la tabla, así como el número de celdas de flotación primaria de Cu, considerando el 20% de volumen muerto ocupado por aire y accesorios.

