

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**IMPLEMENTACIÓN DEL MOLINO DE PALAS MODELO SK 100 EN EL
LABORATORIO METALÚRGICO**

Trabajo de título para optar al Título de
Técnico Universitario en MINERÍA Y
METALURGIA

Alumno:

Marjorie Valentina Gómez Álvarez

Gustavo Adolfo Reyes Lucero

Profesor Guía:

Luis Gutiérrez Meneses

2016

AGRADECIMIENTOS

Con la culminación de este largo proceso, en donde se ha pasado por altos y bajos, situaciones en donde muchas veces se cree que imposible enfrentar la adversidad y los obstáculos que se te han impuesto en la vida, precisamente en esos momentos es cuando está presente tu familia y te das cuenta que sin importar lo que hagas o dejes de hacer siempre estarán ahí contigo para apoyarte y decirte siempre que te puedes levantar cada vez que te tropieces y caigas. Ellos han sido imprescindibles en el transcurso del tiempo que ha durado mi carrera profesional, ahora en estos momentos no saben ellos lo agradecido y bendecido que estoy por todas esas veces que me apoyaron y me dijeron que podía y tenía las capacidades necesarias para poder desarrollarme como estudiante y lo más importante como una persona íntegra, con valores que se me inculcaron a lo largo de mi corta vida.

Simplemente faltan palabras para expresar toda la alegría que se siente haber terminado este lindo proceso, faltan muchos desafíos más por superar en la vida los cuales espero abordarlos tal igual como lo hice con este.

Agradecer a mis padres Mafalda y Rodolfo que me dieron la oportunidad de estudiar aun sin tener ningún tipo de beneficio y a pesar de que en un principio les falle ellos siguieron apoyándome y no me dejaron fracasar. A mis hermanos Jorge y Rodolfo, a mis tíos Mónica, Eduardo, Myriam y Edgard, a mis primos Pedro, Eduardo, Mónica y Tiare que en momentos difíciles me aconsejaron y brindaron su apoyo que me sirvió para lograr el éxito. También mencionar a mis tíos Jorge y Nancy que me abrieron las puertas de su hogar para que yo durante dos años vivir con ellos para poder estudiar sin ningún problema.

A las personas que conocí durante esta travesía, los cuales considero grandes amigos con los que reí, jugué, Salí de fiesta y me divertí en esta gran etapa de mi vida.

Marjorie, Vanesa, Alan e Ignacio.

En las palabras de Cerati

“gracias totales”.

Gustavo Reyes Lucero

Al final del presente trabajo quisiera agradecer a mis padres Marco Gómez y Gema Álvarez, fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida, gracias por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre. Ellos son quienes me brindaron su apoyo tanto moral como económicamente para finalizar mis estudios técnicos.

A mi hermana por su incondicional apoyo, a mis tíos, mis abuelos, me siento muy feliz y agradecida de poder contar con su presencia y ayuda en todos los momentos que los necesité.

A Hugo Sanchez Sander y su familia, porque sin ser ni tener absoluta responsabilidad hacia mí, me acogieron, apoyaron y alentaron.

A mis compañeros del curso 44 A, gracias por su alegría, apoyo en las tareas y trabajos y por estar siempre que los necesité.

También quisiera agradecer sinceramente al profesor Luis Gutierrez y al profesor Marcelo Rojas por su orientación, dedicación y apoyo en estos años de estudio.

A todos ellos y a Dios, gracias por brindarme la oportunidad de empezar mi camino como profesional, donde pude aprender, estudiar, conocer tantas lindas amistades y buenos momentos.

Marjorie Valentina Gómez Álvarez

RESUMEN

KEYWORDS: IMPLMENTACIÓN, MOLINO DE PALAS MODELO SK 100, LABORATORIO DE METALURGIA

Las palabras claves responden a lo que se quiere hacer, con que y el lugar donde se realizará o desarrollara.

Debido al no uso del equipo al principio el presente se desarrollara con la descripción de la máquina para poder conocer sus características, requerimientos mínimos para su uso tanto en el ámbito de seguridad como en la de operación misma durante su uso.

Una vez ya identificado estos requerimientos se caracterizaran dos minerales para el uso o trabajo con el molino SK 100, estos minerales son la Crisocola y la Hematita los cuales cumplen con un requisito que la dureza de cada mineral respectivamente.

La 3era parte del presente consta de la implementación de un procedimiento experimental tanto para un trabajo previo, durante y después de la operación de molino de palas SK 100, evaluando los resultados de cada parte mediante análisis granulométricos para cada muestra de mineral distinto.

Se procede a trabajar con dos minerales distintos debido a su dureza para conocer los resultados de estos y comparándolos mediante tablas y gráficos de distribución de partículas en una muestra representativa.

Finalmente se realizan observaciones con respecto al equipo y su funcionamiento, las posibles fallas y recomendaciones para lograr un buen uso del molino de palas SK 100 de acuerdo al tiempo empleado en su operación.

ÍNDICE DE MATERIAS

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

INTRODUCCION

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

CAPÍTULO 1: DESCRIBIR AL MOLINO DE PALAS SK100 MEDIANTE CATÁLOGOS DE CARACTERÍSTICAS Y MANUAL DE INSTRUCCIONES DE USO

- 1.1. GENERALIDADES
 - 1.1.1. Granulometría final
 - 1.1.2. Modo de operación del SK 100
 - 1.1.3. Accesorios
- 1.2. SEGURIDAD
 - 1.2.1. Indicaciones de seguridad
- 1.3. CARACTERISTICAS TÉCNICAS
 - 1.3.1. Utilización conforme al uso previsto
 - 1.3.2. Accionamiento
- 1.4. OPERACIÓN
 - 1.4.1. Abrir y cerrar la carcasa del molino
 - 1.4.2. Insertar tamiz de fondo
 - 1.4.3. Manguera de filtro y recipiente colector
 - 1.4.4. Alimentación de material de trituración
 - 1.4.5. Mantención
 - 1.4.6. Limpieza

CAPÍTULO 2: CARACTERIZAR LOS 2 MINERALES A UTILIZAR SEGÚN CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS

- 2.1. PROPIEDADES QUIMICAS
 - 2.1.1. Clasificación de minerales según su composición
- 2.2. PROPIEDADES FISICAS
 - 2.2.1. Propiedades ópticas
 - 2.2.2. Propiedades mecánicas
- 2.3. HEMATITA

- 2.3.1. Características
- 2.3.2. Usos
- 2.3.3. Variedades
- 2.3.4. Formación y Yacimientos
- 2.4. CRISOCOLA
- 2.4.1. Características
- 2.4.2. Usos
- 2.4.3. Formación y Yacimientos
- 2.4.4. Etimología e Historia

CAPÍTULO 3: EVALUAR EXPERIENCIA A NIVEL DE LABORATORIO MEDIANTE PROCEDIMIENTOS Y COMPARACIONES DE CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE LOS MINERALES

- 3.1. MEDICIÓN GRANULOMÉTRICA
- 3.1.1. Principio del análisis granulométrico
- 3.2. IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD
- 3.3. MATERIALES E INSTRUMENTOS A UTILIZAR
- 3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL
- 3.4.1. Procedimiento previo al uso del molino SK 100
- 3.4.2. Procedimiento de trabajo con el molino SK 100
- 3.4.3. Procedimiento después del uso del molino SK 100
- 3.5. DATOS, RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Dimensiones del molino de palas SK 100
- Figura 1-2. Esquema función equipo
- Figura 1-3. SK 100 estándar
- Figura 1-4. SK100 confort
- Figura 1-5. Interior molino SK 100
- Figura 1-6. Filtro y colector SK 100
- Figura 1-7. Tolva alimentación SK 100

- Figura 1-8. Cruceta SK100
- Figura 1-9. Freno motor SK 100
- Figura 2-1. Hematita
- Figura 2-2. Hematita terrosa
- Figura 2-3. Crisocola
- Figura 2-4. Crisocola
- Figura 3-1. Maquina tamizadora y proceso de tamices
- Figura 3-2. Gráfico de distribución Crisocola
- Figura 3-3. Gráfico de distribución de Hematita
- Figura 3-4. Gráfico de distribución final entre ambos minerales

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1-1. Normas de seguridad
- Tabla 1-2. Accionamiento SK 100
- Tabla 1-3. Tabla sinóptica función figura 1-3
- Tabla 2-1. Clasificación de minerales
- Tabla 2-2. Escala de Mohs
- Tabla 2-3. Propiedades Hematita
- Tabla 2-4. Propiedades Crisocola
- Tabla 3-1. Trabajo previo Crisocola
- Tabla 3-2. Trabajo previo Hematita
- Tabla 3-3. Resultados Crisocola después uso molino SK 100
- Tabla 3-4. Resultados Hematita después uso SK 100

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

∅ : diámetro

% : Porcentaje

a. C. : antes de Cristo

ASTM : American Society for Testing Materials, Sociedad Americana de Prueba de Materiales.

DRX : difracción de rayos X

F80 : tamaño 80% pasante de la alimentación fresca al circuito de molienda (micrómetros).

P80 : tamaño 80% pasante del producto final del circuito de molienda.

PP : polipropileno.

SIMBOLOGÍAS

°C : grados Celsius.

Å : ångström

g : gramo.

Kg : kilogramo.

l : litro.

ml : mililitro.

mm : milímetro.

Rpm : revoluciones por minuto.

μ : micro.

μm : micrómetro.

W : vatios.

INTRODUCCION

Durante el año 2015 llegó un equipo nuevo llamado Molino de Palas modelo SK-100 al laboratorio de la carrera Técnico en Minería y Metalurgia, el cual no presenta un procedimiento de utilización o simplemente no se trabaja en él en las practicas de los ramos de nuestra malla curricular. Hasta la fecha el equipo en cuestión está en el laboratorio y sobre él una lona de plástico la cual la cubre de los polvos y del medio ambiente.

La idea principal de nuestro trabajo de titulo es confeccionar un procedimiento el cual permita que a futuras prácticas este pueda ser utilizado y obtener una noción de trabajo de un equipo distinto a los que ya existen en el laboratorio metalúrgico.

Durante la experiencia se trabajara con 2 tipos de minerales con distinta dureza acordes a las especificaciones del equipo insertas en su catalogo de características y de diseño, los minerales a utilizar serán Hematita y crisocola. Estos serán descritos o caracterizados mencionando sus propiedades, composición, rasgos físicos y otros.

OBJETIVO GENERAL

Implementar el uso del equipo problema a futuras prácticas en el laboratorio metalúrgico mediante experimentos y catálogos de características de diseño.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir al molino de palas SK100 mediante catálogos de características y manual de instrucciones de uso.
- Caracterizar los 2 minerales a utilizar según características mineralógicas.
- Evaluar experiencia a nivel de laboratorio mediante procedimientos y comparaciones de características granulométricas de los minerales.

CAPÍTULO 1: DESCRIBIR AL MOLINO DE PALAS SK100 MEDIANTE
CATÁLOGOS DE CARACTERÍSTICAS Y MANUAL DE INSTRUCCIONES DE
USO

1. **DESCRIBIR AL MOLINO DE PALAS SK100 MEDIANTE CATÁLOGOS DE CARACTERÍSTICAS Y MANUAL DE INSTRUCCIONES DE USO**

1.1. **GENERALIDADES**

El SK 100 es un producto de Retsch GmbH, ultra moderno y de alta eficacia. Por su gran surtido de accesorios, el SK 100 es un aparato con posibilidades de aplicación muy amplias, principalmente en el campo químico y cerámico, en minería y en metalurgia así como para la preparación de probetas de suelo y otros, en laboratorio y en la industria. El SK 100 sirve principalmente para la molienda gruesa y fina de materiales semiduros hasta duros y quebradizos con un grado de dureza de hasta aproximadamente 6 en escala de Mohs.

1.1.1. **Granulometría final**

La granulometría final que puede conseguirse depende de la amplitud de malla del tamiz de fondo y del comportamiento al quebrantamiento del material a triturar. En los casos más favorables pueden alcanzarse granulometrías $< 100\mu\text{m}$.

1.1.2. **Modo de operación del SK 100**

La trituración en el molino de palas del tipo SK 100 tiene lugar por efecto de impacto, rebote y cizallamiento. Tras la carga en la tolva de alimentación, el material a triturar alcanza la cámara de molienda, donde tiene lugar el proceso de trituración entre la cruceta de percusión, el juego de molienda y el tamiz de fondo. Tan pronto como el material de trituración ha alcanzado la granulometría final correspondiente, traspasa el tamiz de fondo y llega al recipiente colector. Con la utilización de una manguera de filtro textil, entre el SK 100 y el recipiente colector, se evita que quede taponada la corriente de aire producida por la rotación de la cruceta de percusión, con lo que se acelera parcialmente la salida del material molido. Con esto se garantiza un cuidadoso proceso de trituración.

1.1.3. Accesorios

- * Caballete
- * Recipiente colector de 30l
- * Manguera de filtro para recipiente de 30l
- * Soporte para equipo distribuidor DR 100/75
- * Equipo distribuidor DR 100/75
- * Bandeja de plástico para desperdicios
- * Tamiz de fondo, perf. Conidur de 0,12 hasta 2,0mm
- * Tamiz de fondo, perf. Cilíndrica de 3,0 hasta 10mm

1.2. SEGURIDAD

1.2.1. Indicaciones de seguridad

Como usuario, debe procurar que todas las personas encargadas de realizar trabajos en el SK 100:

- Estén informadas y entiendan todas las disposiciones referentes a seguridad,
- antes de iniciar el trabajo conozcan todas las instrucciones de manejo y disposiciones que sean relevantes para el grupo al que van dirigidos,
- tengan acceso en todo momento y sin problema a la documentación técnica de la presente máquina,
- se instruya al personal nuevo, antes del inicio del trabajo en el SK 100, bien por el medio verbal y/o por medio del catálogo de documentación técnica, para que pueda manipular la maquina con seguridad y de acuerdo con el uso previsto.
- el manejo inadecuado puede ocasionar daños personales, materiales y lesiones. Usted es responsable de su propia seguridad y la de sus colaboradores.
- Procure que ninguna persona sin autorización tenga acceso al equipo.

Tabla 1-1. Normas de seguridad

Procedimiento	Acción	riesgos
Seguridad	El incumplimiento de las normas de seguridad puede provocar daños materiales y personales.	Queda excluido cualquier tipo de reclamación por daños y perjuicios.
Embalaje	Guarde el embalaje durante el periodo de duración de la garantía.	Una reclamación y devolución del producto con un embalaje inapropiado podría invalidar el derecho a la garantía.
Transporte	Evite que el SK 100 se tambalee, se golpee o vuelque durante el transporte.	Los componentes electrónicos y mecánicos podrían sufrir daños.
Fluctuación de temperatura	Proteja el SK 100 del agua de condensación producida por cambios de temperatura.	Los componentes electrónicos podrían sufrir daños.
Volumen de suministro	En el caso de un suministro incompleto y/o daños producidos durante el transporte, informe al transportista y a Retsch GmbH inmediatamente (en el plazo máximo de 24 horas).	Las reclamaciones que se realicen más tarde podrían no atenderse en determinadas circunstancias.
Temperatura ambiente	Temperatura mínima 5°C Temperatura máxima 40°C	Los componentes electrónicos y mecánicos podrían sufrir daños. Los datos de funcionamiento pueden alterarse de manera imprevisible.
Humedad atmosférica	Límite superior del 80% En temperaturas de hasta 31°C	Los componentes electrónicos y mecánicos podrían sufrir daños. Los datos de funcionamiento pueden alterarse de manera imprevisible.
Conexión eléctrica	La red eléctrica difiere de los valores indicados en la placa de características.	Los componentes electrónicos podrían sufrir daños.
	Antes de realizar la primera puesta en marcha, hay que comprobar la dirección de rotación, para observe el indicador de la dirección de rotación del motor.	Si la dirección de rotación es incorrecta, no se produce la molturación adecuada y los componentes mecánicos podrían sufrir daños.

Tabla 1-1. Normas de seguridad (continuación)

<u>PROCEDIMIENTO</u>	<u>ACCIÓN</u>	<u>RIESGOS</u>
Apertura y cierre de la caja del triturador	Cierre únicamente las puertas cuando las superficies de contacto estén completamente libres de material para triturar y de otras impurezas.	Los componentes mecánicos y las juntas podrían sufrir daños.
	Nunca abre el SK 100 mientras esté en marcha.	Durante el proceso de trituración de materiales tóxicos o nocivos para la salud existe el peligro de inhalación de polvos nocivos.
	No abra el SK 100 y ventile los frenos del motor a la vez.	Riesgo de lesiones en caso de que la machacadora de crucetas no tenga el freno de seguridad puesto.
Introducción del material para triturar	Introducir el material para triturar en la tolva de relleno despacio y de manera continuada.	Si se echa una cantidad demasiado grande, el SK 100 podría verse forzado a una parada y los compuestos mecánicos podrían sufrir daños.
	Durante el proceso de trituración puede que se desprenda parte del material a triturar de forma de polvo. Debería emplear un sistema de aspiración que absorbiera las sustancias tóxicas o nocivas para la salud.	Peligro de inhalación de polvos nocivos.
	Algunos materiales empleados en la trituración forman mezclas de gases explosivos. Compruebe el tipo de material que se va a triturar	Peligro de explosión.
Montaje de un dispositivo dosificador	Observe las instalaciones de la placa de características.	La no verificación de las indicaciones que aparecen en la placa de características podrían provocar daños en los componentes electrónicos y mecánicos.
Limpieza	Desconecte la clavija de la red antes de procede a la limpieza del aparato.	Peligro de muerte por electrocución.
	No limpie con agua corriente.	Peligro de muerte por electrocución.

Fuente: catalogo SK 100

1.3. CARACTERISTICAS TÉCNICAS

1.3.1. Utilización conforme al uso previsto

1.3.1.1. SK 100 estándar

Para aplicaciones en las que normalmente se triture siempre el mismo tipo de material, también en grandes cantidades, por lo que no es necesario abrir la puerta después de cada molienda.

1.3.1.2. SK 100 confort

Para los casos de aplicación en los que continuamente se cambie el material a triturar y sea necesario después de cada operación abrir la puerta como objeto de limpiar la cámara de molienda.

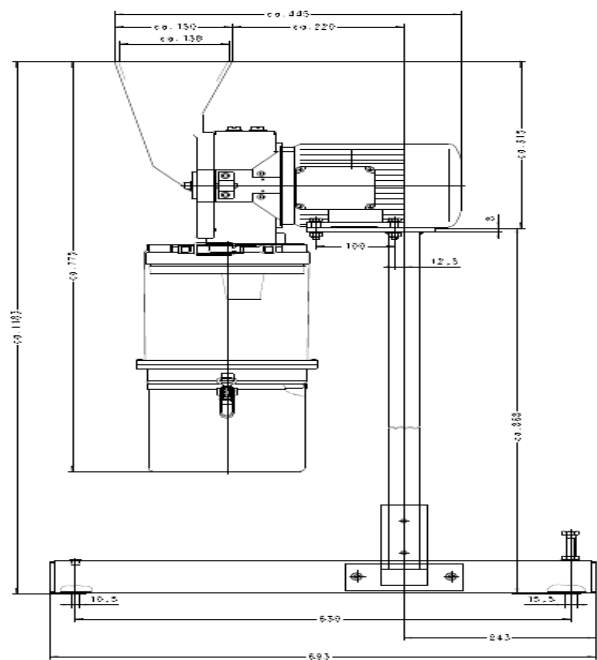
1.3.2. Accionamiento

Tabla 1-2. Accionamiento SK 100

<u>SK 100 estándar</u>	<u>Motores de corriente alterna de 1 y 3 fases.</u>
<u>SK 100 confort</u>	<u>Motores de corriente alterna de 1 y 3 fases con freno.</u>
<u>Revoluciones</u>	<u>Este equipo genera alrededor de 2850 rpm.</u>
<u>Potencia nominal</u>	<u>1100 W.</u>
<u>Granulometría de alimentación</u>	<u>20 mm máximo.</u>
<u>Capacidad del recipiente colector</u>	<u>5000 ml o 30000 ml</u>

Fuente: Planilla de Excel (propia)

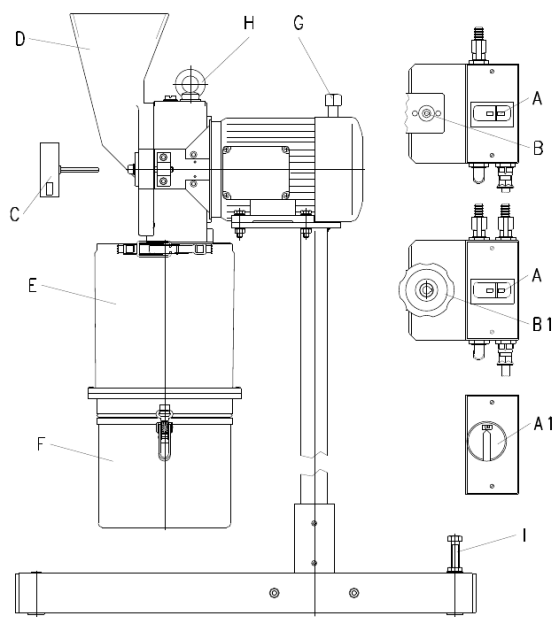
1.3.2.1. Dimensiones del aparato



Fuente: <http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=8>

Figura 1-1. Dimensiones del molino de palas SK 100

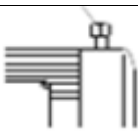
1.4. OPERACIÓN



Fuente: <http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=12>

Figura 1-2. Esquema función equipo

Tabla 1-3. Tabla sinóptica función figura 1-3

Pos.	Elemento	Figura	Función
A	Interrup. General con pulsador EIN/AUS		Desconecta y conecta el SK 100 con la red I pulsado = SK 100 conectado 0 pulsado = SK 100 desconectado
AI	Interruptor general con mando giratorio.		Desconecta y conecta el SK100 con la red ON= SK 100 conectado OFF= SK100 desconectado
B	Cierre de puerta Tomillo cilíndrico sólo en SK 100 estándar.		Abre y cierra la puerta del SK100 estándar, sujeta la junta de puerta. Giro a la derecha = cierra la puerta. Giro a la izquierda= abre la puerta. Herramienta necesaria = llave C
BI	Cierre de puerta Manilla sólo en SK 100 confort.		Abre y cierra la puerta del SK100 confort, sujeta la junta de puerta Presionado y giro a la derecha= cierra la puerta Presionado y giro a la izquierda= abre la puerta.
C	Llave para el cierre de puerta B, sólo en SK100 estándar.		Se necesita para abrir y cerrar el cierre de la puerta con tomillo cilíndrico en el SK100 estándar
D	Tolva de carga en la puerta.		Admite el material a triturar con una granulometría máxima de 20mm, no sirve de almacenamiento previo de material a triturar. Evita de forma segura las salpicaduras de material triturado.
E	Manguera de filtro	Sin figura.	Evita la formación de aire comprimido producido por la rotación de la cruceta de percusión y con ello acelera la evacuación del material.
F	Recipiente colector 5l	Sin figura.	Recoge el material triturado.
G	Palanca de liberación del freno de motor, sólo en SK100 confort		Presionándola hacia atrás libera el freno del motor y de esta forma permite que pueda girarse la cruceta de percusión manualmente para la limpieza.
H	Tornillo para transporte		Evita durante el transporte que sufran daños componentes mecánicos y eléctricos.
I	Tornillos de nivelación en l caballete		Permiten nivelar el caballete cuando el suelo presenta rugosidades. Desatornillándolos, dejan libres los

1.4.1. Abrir y cerrar la carcasa del molino

1.4.1.1. SK 100 estándar

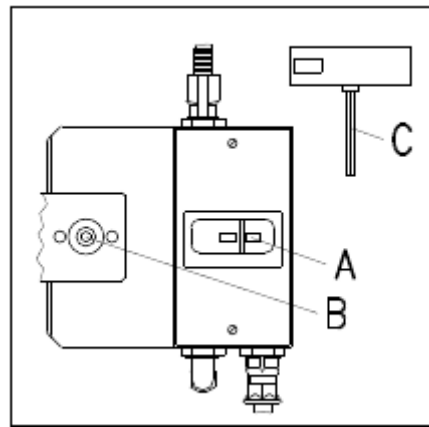
Abrir sólo estando el SK 100 desconectado, aunque un final de carrera colocado en el lado izquierdo de la carcasa desconecte el SK 100 al abrir la puerta.

-Presionar el pulsador **0** en el interruptor general **A** o girarlo a la posición

-Meter la llave **C** en el tornillo **B**

Girando la llave hacia la derecha, se abre la carcasa

-Cerrar en orden inverso



Fuente: <http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=14>

Figura 1-3. SK 100 estándar

1.4.1.2. SK 100 confort

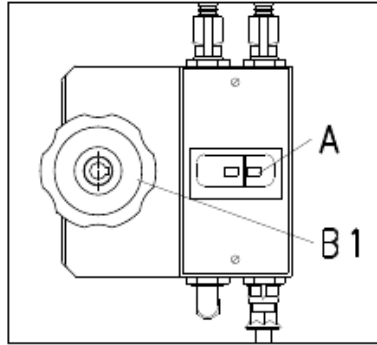
Abrir sólo estando el SK 100 desconectado.

* Presionar el pulsador **0** del interruptor general **A** o girarlo en la posición

* Presionar la manilla **B1** y girarla hacia la izquierda

* La manilla encaja en la posición final

* Cerrar en orden inverso



Fuente: <http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=14>

Figura 1-4. SK100 confort

1.4.2. Insertar tamiz de fondo

Hay disponibles como accesorios un surtido de tamices de fondo **BS**, de acero inoxidable con perforaciones Conidur o cilíndricas.

Conidur 0,12/0,20/0,50/0,75/1,0/1,5/2,0mm

Cilíndrico

3,0/4,0/5,0/6,0/8,0/10,0mm

* parar SK 100

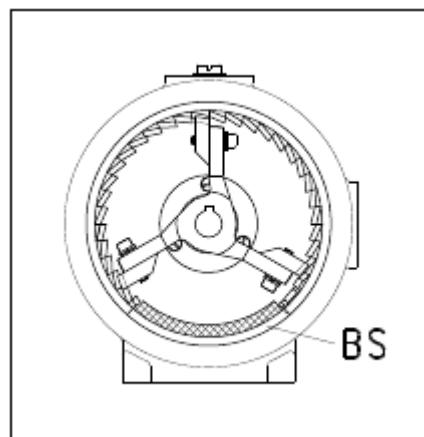
* abrir carcasa del molino

* Insertar tamiz de fondo **BS**

* cerrar carcasa de molino

Asegúrese que está colocado el recipiente colector.

* arrancar SK 100



Fuente: <http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=14>

Figura 1-5. Interior molino SK 100

1.4.3. Manguera de filtro y recipiente colector

Utilizando una manguera de filtro textil entre el SK 100 y el recipiente colector, se extrae el flujo de aire producido por la rotación de la cruceta de percusión evitando un taponamiento. Además acelera la evacuación del material y garantiza un cuidadoso proceso de trituración.

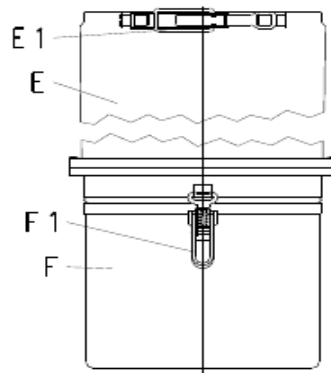
- * Encajar la manguera de filtro **E** sobre la brida manteniendo la abrazadera inclinada

- * Tensar el cierre **E1**

- * Colgar el recipiente colector **F**

- * Tensar los cierres **F1**

Si se coloca el recipiente colector sin manguera de filtro, hay que contar que se producirán escapes de polvo por la tolva de carga **D**.



Fuente: <http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=15>

Figura 1-6. Filtro y colector SK 100

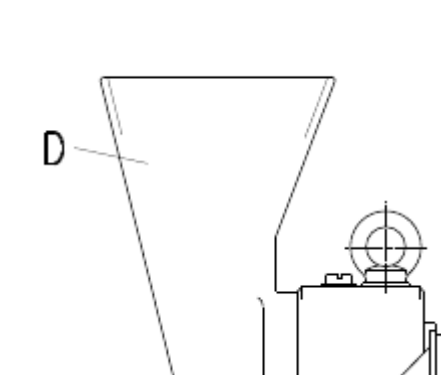
1.4.4. Alimentación de material de trituración

No se debería sobrepasar la granulometría máxima de 20mm.

El SK 100 puede equiparse posteriormente con un recipiente de plástico de 30l y un aparato distribuidor tipo DR 100/75, disponibles como accesorios para el servicio discontinuo o continuo.

- * Cargar el material a triturar lentamente en la tolva de llenado **D**,

Una protección contra rebotes implementada en la tolva de alimentación evita el salpicado de material triturado.



Fuente: <http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=15>

Figura 1-7. Tolva alimentación SK 100

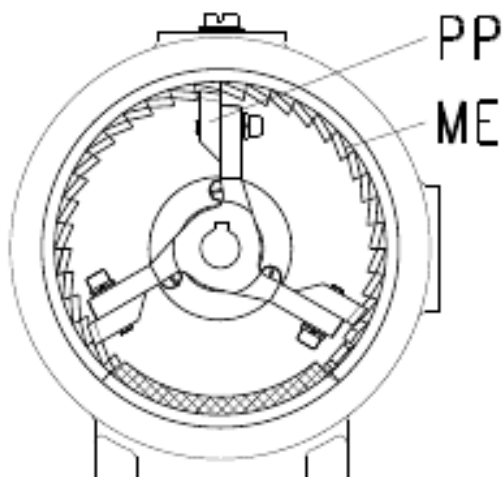
Cargar el material a triturar en la tolva de alimentación lentamente y de forma continua. Un exceso de carga puede originar una parara forzosa del SK 100 y podrían dañarse componentes mecánicos. Durante la trituración puede salir material molido en forma de polvo por la tolva de alimentación. Utilizar una instalación de aspiración trabajando con materiales tóxicos o perjudiciales para la salud. Peligro por la aspiración de polvos perjudiciales para la salud.

Algunos materiales de trituración forman mezclas explosivas con el aire.
Verifique las características de su material para triturar.
Peligro de explosión.

1.4.5. Mantenimiento

El SK 100 no necesita prácticamente mantenimiento. Fig. 1-8. Periódicamente debería comprobarse la separación entre el juego de molienda y las placas de impacto de la cruceta de percusión.

- * Desenchufar la clavija de conexión a la red
- * Abrir la carcasa del molino
- * Con una galga comprobar la separación entre el juego de molienda ME y la placa de impacto PP = Teórico 1mm
- * Si es necesario ajustar las placas de impacto con una llave “allen” del 5.



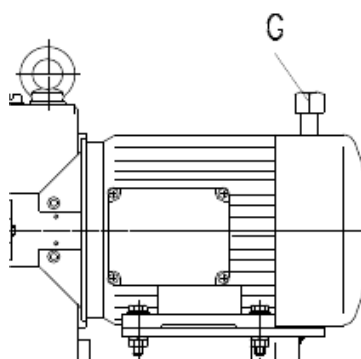
Fuente: <http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=18>

Figura 1-8. Cruceta SK100

1.4.6. Limpieza

El SK 100 puede limpiarse con cepillos, brochas y eventualmente con un aspirador industrial así como con aire comprimido. Para limpiar la cámara de molienda del SK 100 confort puede liberarse el freno del motor con la palanca G (Fig.1-9). De esta forma puede girarse la cruceta de percusión y así facilitar la limpieza. Clase de protección del SK 100: IP54.

No limpiar con agua directamente del grifo peligro de morir electrocutado.



Fuente: <http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=18>

Figura 1-9. Freno motor SK 100

CAPÍTULO 2: CARACTERIZAR LOS 2 MINERALES A UTILIZAR
SEGÚN CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS

2. CARACTERIZAR LOS 2 MINERALES A UTILIZAR SEGÚN CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS

Un mineral es una sustancia sólida inorgánica, formada por uno o más elementos químicos definidos, que se organizan ordenadamente en una estructura interna. Los minerales se encuentran en la superficie o en las diversas capas de la corteza del planeta formando rocas, las que son un conjunto de minerales.

Las propiedades físicas y químicas que se pueden observar en las rocas dependen en gran medida de las propiedades físicas y químicas de los minerales que las conforman.

2.1. PROPIEDADES QUIMICAS

Para conocer las propiedades químicas de un mineral es necesario saber que un mineral es una disposición ordenada de átomos químicamente unidos que forman una estructura. Este empaquetamiento ordenado de los átomos se refleja en objetos de formas regulares denominados cristales. Es por ello que se dice que los minerales tienen una estructura cristalina concreta.

La estructura cristalina particular de un mineral está determinada por la disposición atómica interna de sus compuestos, los que están formados por iones (átomos con carga eléctrica). Tanto la carga como el tamaño de los iones que intervienen en la formación del compuesto, determinan su tipo de estructura cristalina. En la búsqueda de formar compuestos iónicos estables, cada ión de carga positiva se rodea por el mayor número de iones negativos que puedan acomodarse para mantener la neutralidad eléctrica general. Lo mismo ocurre a la inversa.

Cada una de las muestras de un mineral tiene la misma estructura interna, pero como los mismos elementos son capaces de reunirse en más de una forma, puede haber dos minerales con propiedades totalmente diferentes y exactamente la misma composición química.

Los minerales de este tipo se denominan polimorfos. Por causas naturales o inducidas, un polimorfo se puede transformar en otro. A este fenómeno se le denomina cambio de fase.

2.1.1. Clasificación de minerales según su composición

Algunos minerales están compuestos exclusivamente de un elemento, como el oro (Au) o el azufre (S), pero la mayoría es una combinación de dos o más elementos químicos, que forman un compuesto químicamente estable.

Si bien la clasificación química no es rígida, se pueden distinguir clases de compuestos químicos que incluyen a la mayoría de los minerales.

Tabla 2-1. Clasificación de minerales

Clases	Características
Elementos nativos	Los elementos se encuentran en la naturaleza en estado puro o nativo, es decir, sin formar compuestos químicos. Por ejemplo: oro, grafito, diamante y azufre.
Sulfuros	Son compuestos formados por diversos metales y el azufre. Por ejemplo: galena o esfalerita, calcopirita.
Sulfosales	Compuestos formados por plomo, cobre o plata combinados con azufre y uno o más elementos, tales como antimonio, arsénico y bismuto. Por ejemplo: pirargirita (Ag_3SbS_3)
Óxidos	Compuestos formados por un metal combinado con oxígeno, u óxidos minerales que también contienen agua. Ejemplo: hematites u oligisto (Fe_2O_3), diásporo ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) y grupo hidroxilo (OH).
Haluros	Compuestos formados por metales combinados con cloro, flúor, bromo o yodo. Ejemplo: halita o sal gema (NaCl).
Carbonatos	Compuestos que contienen un grupo carbonato CO_3^{-2} . Ejemplo: calcita (CaCO_3).
Fosfatos	Compuestos que contienen un grupo fosfato en su estructura. Ejemplo: apatita ($\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$)
Sulfatos	Compuestos que contienen un grupo sulfato (SO_4) en su estructura. Ejemplo: barita (BaSO_4)
Silicatos	Compuestos formados por varios elementos combinados con silicio oxígeno -que a menudo tienen una estructura química compleja- y minerales compuestos exclusivamente de silicio y oxígeno (por ejemplo, el sílice).

Fuente:https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_exploracion_reconocimiento_mineral
es.as

2.2. PROPIEDADES FISICAS

La estructura cristalina interna de cada mineral suele no expresarse externamente. En general, donde se pueda formar un mineral, sin restricciones de espacio, se desarrollan cristales individuales con caras cristalinas bien formadas. Pero casi siempre el crecimiento cristalino se interrumpe dada la competencia por el espacio, lo que se traduce en una masa de intercrecimiento de cristales, donde ninguno de ellos exhibe su forma cristalina. Por esta razón, para reconocer minerales se recurre a sus propiedades físicas más fácilmente reconocibles, que son las ópticas, mecánicas y electromagnéticas.

2.2.1. Propiedades ópticas

Estas propiedades se pueden reconocer a simple vista, estas son el color, la raya, el hábito y el brillo que presentan.

2.2.1.1. Color

En general, el color es un medio poco eficiente para identificar minerales debido a que éstos no se presentan siempre con el mismo color, lo que hace que no sea un indicador unívoco. En relación con el color se distinguen dos grupos de minerales los Idiocromáticos, que son aquellos que tienen colores característicos según su composición. Sólo para este grupo de minerales el color es un antecedente útil como medio de identificación., y Alocromáticos, son aquellos minerales que presentan un rango de colores debido a la presencia de impurezas o de inclusiones en su estructura.

2.2.1.2. Raya

Para determinar este parámetro, se raya el mineral utilizando otro de mayor dureza. Se determina el color del polvo fino obtenido. Este parámetro es útil para identificar minerales y menas, ya que suele ser constante, incluso si varía el color del trozo.

2.2.1.3. Habito

El hábito se refiere a la forma más común en que se presenta un mineral. Puede corresponder a cristales bien formados o a formas aparentemente no cristalinas. Según las formas básicas de los minerales, se pueden distinguir diferentes hábitos.

El cobre puede presentarse como óxido de cobre, sulfuro de cobre o en estado nativo, por lo que puede tener diferentes hábitos dependiendo del tipo, estado y condiciones de entorno (alteraciones).

Para reconocer hábitos

- Minerales isométricos o cúbicos: en los que el desarrollo es por igual en todos los sentidos (galena, granate)
- Alargados en una dirección: puede ser dirección columnar (anfíbola), acicular o en agujas (atacamita) o fibrosa (asbesto).
- Alargados en dos direcciones: puede ser tabular (baritina) u hojosa (micas).
- Formas intermedias: es el caso del tonel, una forma de transición entre isométrica y alargada (zafiro).
- Granulares, con forma de grano.
- Lamelares o laminares: se observan cristales formados por placas u hojas algo separables (por ejemplo, el yeso).
- Oolíticos: se observan agregados, formados por pequeñas esferas semejantes a huevos de pescado.
- Concreciones: se trata de masas formadas por depósitos de mineral sobre un núcleo.
- Dendrítico o arborescente: grupos de cristales en forma arborescente, semejante a la de las plantas.
- Estalactitas: cristales con forma de conos o cilindros colgantes.

Según los límites de las formas cristalinas, se pueden distinguir cristales:

- Idiomorfos: poseen caras bien desarrolladas.
- Hipidiomorfos: poseen caras desarrolladas imperfectamente.
- Alotriomorfos: poseen caras deformadas por falta de espacio durante su crecimiento.

2.2.1.4. Brillo o lustre

Se refiere al aspecto general que se observa en la superficie de un mineral cuando éste refleja la luz. En general, es una distinción difícil de establecer, ya que es muy subjetiva

Existen tres grandes tipos de brillo o lustre:

- Metálico: mineral opaco a la luz, que tiene el aspecto brillante de un metal, y una raya negra o muy oscura. Por ejemplo, galena, pirita y calcopirita.
- Semimetálico: brillo propio de minerales transparentes o semitransparentes. Por ejemplo, argentita.
- No metálico: brillo que no tiene aspecto metálico. En general, son de colores claros y transmiten la luz a través de láminas delgadas. Su raya es incolora o de color muy débil.

Los minerales de brillo no metálico se pueden agrupar en categorías, siendo las dos primeras las más frecuentes.

- Vítreos: tiene el reflejo del vidrio (por ejemplo, cuarzo).
- Sedoso: con apariencia de seda (por ejemplo, yeso fibroso, malaquita y serpentina).
- Resinoso: tiene el aspecto de la resina (por ejemplo, blenda).
- Graso: parece estar cubierto con una delgada capa de aceite (por ejemplo, yeso, malaquita, serpentina).
- Adamantino: de reflejo fuerte y brillante por su alto índice de refracción (por ejemplo, minerales transparentes de plomo, como crisolita y anglesita).
- Nacarado: brillo con el aspecto iridiscente de la perla. Esta característica se observa en superficies de los minerales que se distribuyen paralelas a los planos de exfoliación (por ejemplo, apofilita en el plano basal).

2.2.2. Propiedades mecánicas

Son aquellas que para identificarlas requieren de alguna acción que permita distinguir de qué mineral se trata. Dentro de estas propiedades se encuentran la dureza, tenacidad, exfoliación y la fractura del mineral.

2.2.2.1. Dureza

Es la resistencia que ofrece la superficie lisa de un mineral al ser rayada, ya sea por otro mineral o por una punta de acero. La dureza es una propiedad vectorial, por lo que un mismo cristal puede presentar distintos grados de dureza, dependiendo de la dirección de la raya. Esta diferencia es tan ligera en la mayor parte de los minerales comunes, que sólo se distingue usando instrumentos delicados.

La dureza se mide de acuerdo con la escala de Mohs, en la que se ordenan de menor a mayor los índices de dureza de diez minerales según su capacidad de rayar al precedente y ser rayado por el siguiente

Escala de Mohs ordena las durezas de diez minerales, de menor a mayor según su capacidad de rayar al precedente y ser rayado por el siguiente. Esta secuencia permite comparar con otros minerales para poder determinar su dureza relativa.

Tabla 2-2. Escala de Mohs

Dureza	Mineral	Comparación
1	Talco	La uña de la mano lo raya con facilidad
2	Yeso	La uña de la mano lo raya
3	Calcita	La punta de un cuchillo lo raya con facilidad
4	Fluorita	La punta de un cuchillo lo raya
5	Apatito	La punta de un cuchillo lo raya con dificultad
6	Feldespatopotásico	Un trozo de vidrio lo raya con dificultad
7	Cuarzo	Puede rayar un trozo de vidrio con facilidad
8	Topacio	Puede rayar un trozo de vidrio con facilidad dejando una marca gruesa
9	Corindón	Raya todos los minerales menos el diamante
10	Diamante	Puede rayar todos los minerales existentes

Fuente:[https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_exploracion_reconocimiento_mineral](https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_exploracion_reconocimiento_mineral_es.asp)
es.asp

2.2.2.2. Tenacidad

Es la resistencia que un material opone a ser roto, molido, quebrado, doblado o desgarrado. En otras palabras, responde a su cohesión, es decir, a la capacidad de un mineral de resistir la separación de sus componentes sin perder sus propiedades.

A continuación los diferentes tipos de tenacidad.

- Frágil: si el mineral se rompe fácilmente o reduce a polvo (arcilla, talco).
- Maleable: si el mineral puede ser transformado en hojas delgadas por percusión (minerales nativos como el cobre).
- Séttil: si el mineral se corta con un cuchillo y tiene dureza menor a 3 (yeso).
- Dúctil: si se le puede dar la forma de hilo (cobre nativo).
- Flexible: si puede ser doblado, pero sin recuperar su forma original una vez que termina la presión que lo deforma.
- Elástico: cuando recobra su forma primitiva al cesar la fuerza que lo ha deformado (micas).

2.2.2.3. Exfoliación

Si al aplicar la fuerza necesaria un mineral se rompe dejando dos superficies planas, se dice que posee exfoliación, es decir, la propiedad de partirse en direcciones preferentes. No todos los minerales la presentan y sólo un pequeño porcentaje la muestra en un grado eminente. Los que no la tienen, suelen presentar fractura.

Las superficies de exfoliación son siempre paralelas a caras reales o posibles del cristal. Pueden ser superficies perfectas, como el caso de la mica, o más o menos definidas, como en el caso del berilio y la apatita.

En general, la exfoliación es consecuente con la simetría, de manera que si se trata de un mineral de una estructura octaédrica, deben distinguirse tres direcciones de exfoliación simétricas a la primera; si es una dodecaédrica, existen cinco direcciones similares a la primera.

La exfoliación se relaciona con la estructura del cristal, ya que éste es más débil en ciertas direcciones que en otras. Ésta es una propiedad direccional que -en el caso de existir- determina que en todo el cristal cualquier plano paralelo a ella es un plano de exfoliación en potencia.

Los grados de exfoliación se distinguen de la siguiente forma:

- Excelente: se exfolia en láminas en un sentido (grafito, yeso).
- Perfecta: el mineral se exfolia en formas regulares delimitadas por los planos de exfoliación como cubos (galena y halita) o romboedros (calcita). En este caso, los planos de exfoliación tienen un brillo nacarado.
- Buena: los planos de exfoliación son menos visibles y no siempre son perfectamente rectos (feldespato, anfíbola, piroxeno). Los planos de exfoliación tienen un brillo vítreo.
- Imperfecta: la exfoliación no es neta; los planos de separación presentan, en general, una superficie irregular (azufre, apatita).
- Muy imperfecta: no hay exfoliación, sino fracturas.

2.2.2.4. Fractura

Cuando los minerales al romperse no exhiben exfoliación, como el cuarzo, se dice que tienen fractura.

Las diferentes clases de fractura son:

- Concoidal: en este caso la fractura tiene superficies suaves, lisas, como la cara interior de una concha. Esto se observa en el vidrio y el cuarzo.
- Fibrosa o astillosa: las rocas se fracturan en astillas o fibras.
- Ganchuda: la roca se rompe en una superficie irregular, dentada, con filos puntiagudos (plata, oro).
- Desigual o irregular: la roca se rompe en superficies bastas e irregulares (pirita).
- Terrosa: la roca se fractura en forma de terrones (caolinita).

2.3. HEMATITA

La Hematita o hematites u oligisto es un mineral compuesto de óxido férrico (Fe_2O_3). Según su hábito distinguimos varias variedades: cuando cristaliza se forma tabular suelen presentar marcas triangulares en los planos basales y aristas biseladas en formas romboédricas, son de color gris a plateado de brillo metálico y suelen agruparse en rosetas (Rosas de hierro); también aparecen en masas botroidales a reniformes con estructura radiada; por lo general se encuentra de forma terrosa de un color pardo-rojizo de brillo mate, que suelen manchar la piel al tocarla (ocre rojo).



Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Hematita#/media/File:Hematite-118702.jpg>

Figura 2-1. Hematita

2.3.1. Características

El oligisto, Hematita o hematites es un mineral compuesto de óxido férrico, cuya fórmula es Fe_2O_3 y constituye una importante mena de hierro ya que en estado puro contiene un 70 % de este metal. A veces posee trazas de titanio (Ti), aluminio (Al), manganeso (Mn) y agua (H_2O). Es el polimorfo α de Fe_3O_4 , la magnetita. Puede volverse magnético al calentarse. El color rojo y el hecho de que manche es característico. Su raya roja, independiente de la forma en la que se presenta.

2.3.2. Usos

Propiedades especiales: es un mineral que tiene varios usos industriales; la variedad roja se usa como pigmento; es el principal mineral usado para la extracción de hierro; también se emplea como agente para pulido. En la antigüedad se usaba la variedad "especularia" para la fabricación de espejos, se ha encontrado gran número en tumbas egipcias. La variedad terrosa se usaba para marcar el ganado, aparte de como pigmento. También era conocida como la piedra de los peregrinos, ya que los que llegaban a Santiago de Compostela solían llevarse como recuerdo una piedra de un gran yacimiento que había cerca.

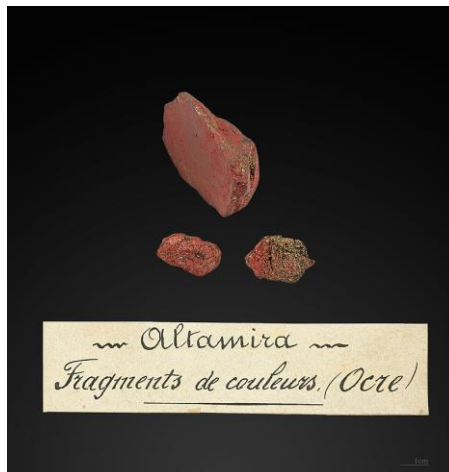
2.3.3. Variedades

2.3.3.1. Hematita especular o especularita

Presenta un color gris a plateado de brillo metálico a submetálico. Se ve como pequeños espejos, de ahí su nombre “especular” (es un mineral de origen sedimentario). Se puede presentar en hábito hojoso o tabular, o como cristales anhedrales.²

2.3.3.2. Hematita terrosa

Ésta se encuentra en un color rojizo, además de tener la característica de que mancha la piel al tocarla. Se observan contenidos de otros minerales dentro de la Hematita terrosa, si son cristales blancos y transparentes, probablemente son minerales de zinc, tales como la hemimorfita o calamina y smithsonita, que son carbonatos de zinc que podríamos identificar al atacarla con HCl.



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Hematita#/media/File:Altamira_Ocre_MHNT.PRE.2012.0.611.jpg

Figura 2-2. Hematita terrosa

Al atacar una muestra de Hematita terrosa con HCl, observamos que la Hematita es ligeramente soluble en el ácido, obteniéndose una coloración amarilla.

La Hematita tiene un color de raya roja, y se vuelve fuertemente magnética cuando es calentada en llama reductora.

2.3.4. Formación y Yacimientos

Su formación es de tipo Hidrotermal y de reemplazamiento. También se forma en rocas ígneas como mineral accesorio.

Se halla en rocas de todas las edades y formas. Puede formarse como un producto de sublimación asociada a actividad volcánica • en depósitos metamórficos de contacto • como mineral accesorio en las rocas ígneas feldespáticas, tales como el granito • también reemplazando en gran escala a rocas silíceas • puede haber sido originado por la oxidación de la limonita, siderita o magnetita • se encuentra en las calizas rojas como cemento entre los granos de cuarzo • puede formarse (al igual que limonita) en masas y capas irregulares producto de la meteorización de rocas que contienen Fe.

Tabla 2-3. Propiedades Hematita

General	
Categoría	Minerales óxidos
Clase	4.CB.05 (Strunz)
Fórmula química	Fe ₂ O ₃
Propiedades físicas	
Color	Varía desde parduzco, rojo sangre, rojo brillante y rojo parduzco a gris acero y negro hierro
Raya	Marrón, rojo parduzca
Lustre	De metálico a mate
Transparencia	Opaco
Sistema cristalino	Trigonal. Ocasionalmente piramidales o prismáticos.
Hábito cristalino	Masivo
Macla	Ninguna
Exfoliación	Ninguna
Fractura	Desigual a subconcoidea

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Hematita>

2.4. CRISOCOLA

La crisocola es un mineral del grupo de los Silicatos, subgrupo Filosilicatos. Es un silicato de cobre hidratado de fórmula $(\text{Cu, Al})_4\text{H}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, a veces denominado "cobre síliceo".



Fuente: <http://www.foro-minerales.com/forum/viewtopic.php?p=53584>

Figura 2-3. Crisocola

2.4.1. Características

Pertenece al sistema ortorrómbico y está clasificado dentro del grupo de los silicatos con fórmula química compleja. En la naturaleza lo encontramos en forma botroidal, siendo la crisocola un mineral secundario asociado a minerales secundarios de cobre.

Podemos observarlo formando incrustaciones en la roca, en masas estalactíticas o bien relleno de vetas, con un intenso color verde brillante a azulado. Los ejemplares de mayor pureza, una vez pulidos llegan a ser piedras ornamentales muy apreciadas.



Fuente: http://turquezapiritayoropimente.blogspot.cl/2010/05/crisocola_21.html

Figura 2-4. Crisocola

2.4.2. Usos

Es una mena menor de cobre para uso industrial, siendo el coleccionismo y la decoración sus usos principales.

2.4.3. Formación y Yacimientos

La crisocola es una mineral de formación secundaria, se forma en la parte superior de los yacimientos de cobre, la llamada zona de oxidación, por lo que es fácil encontrar la crisocola asociada a otros minerales del cobre como son la cuprita, azurita, malaquita y otros muchos minerales secundarios del cobre, como la limonita. Esta característica hizo que fuera usada por los mineros de la antigüedad como indicador en la superficie de yacimientos de cobre.

La Crisocola se encuentra generalmente formando masas Botroidales o redondeadas y cortezas, o obturaciones de venas. Debido a su color claro, a veces es confundido con la turquesa.

Entre los lugares con mayores depósitos de Crisocola localizados se encuentran Israel, República Democrática del Congo, Chile, Cornualles en Inglaterra, y Arizona, Utah, Idaho, Nuevo México y Pensilvania en los Estados Unidos.

2.4.4. Etimología e Historia

Su nombre proviene del griego chrysos, "oro", y kolla, "pegamento", en alusión al nombre del material que usaban para soldar el oro en la antigua Grecia. Los primeras crónicas que hablan de su uso lo datan en torno al año 315 a. C. Teofrasto alude a la crisocola como elemento para soldar el oro.

2.4.5. Cristalografía

La crisocola es prácticamente amorfa, con presencia de capas de Si4O10 en una estructura muy defectuosa.

Tabla 2-4. Propiedades Crisocola

General	
Categoría	Minerales filosilicatos
Clase	9.ED.20 (Strunz)
Fórmula química	(Cu,Al) ₄ H ₄ (OH) ₈ Si ₄ O ₁₀ ·nH ₂ O
Propiedades físicas	
Color	Verde a azul, a veces pardo
Raya	Blanca
Lustre	Vítreo a deslucido
Transparencia	Trasnlúcido a opaco
Sistema cristalino	Ortorrómbico
Hábito cristalino	Masivo, nodular o botroidal
Exfoliación	Ninguna
Fractura	Concoidea
Dureza	2,5 a 3,5 (escala de Mohs)
Tenacidad	Frágil
Densidad	1,9 a 2,4 (variable hasta >3)

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Crisocola>

CAPÍTULO 3: EVALUAR EXPERIENCIA A NIVEL DE LABORATORIO
MEDIANTE PROCEDIMIENTOS Y COMPARACIONES DE
CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE LOS MINERALES

3. EVALUAR EXPERIENCIA A NIVEL DE LABORATORIO MEDIANTE PROCEDIMIENTOS Y COMPARACIONES DE CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE LOS MINERALES

3.1. MEDICIÓN GRANULOMÉTRICA

El control de los procesos de reducción de tamaño requiere de mediciones del cambio que se opera en el mineral en cada operación. Este rol lo representa en análisis granulométrico, en forma análoga al análisis químico cuando se producen reacciones. Así como para evaluar el avance de una reacción tomando muestras y analizamos su composición química, para evaluar el avance de reducción de tamaño de un sólido particulado analizamos su composición granulométrica. Esta información que requerimos para realizar diagnósticos y evaluaciones correctas respecto al proceso.

Como todo proceso de medición, el análisis granulométrico está expuesto a errores de diversos orígenes. Los analistas deben conocer el riesgo de cometer estos errores y tomar medidas preventivas necesarias para ejecutar correctamente el procedimiento de medición y obtener datos de calidad.

3.1.1. Principio del análisis granulométrico

Los minerales sometidos a procesos de reducción de tamaño pertenecen a la clase de los sistemas particulados o sistemas dispersos: materia sólida integrada por múltiples partículas de diferente tamaño, forma, composición y estructura diversa o dispersa. En su caracterización, son aplicables conceptos de estadística, tales como población, clases, distribución de propiedades. Las distribuciones a su vez se describen por parámetros tales como promedios, medianas, modas, varianzas, desviaciones estándar. La realización de mediciones requiere seleccionar una fracción de la población o muestra, la que debe tener a su vez las mismas propiedades que la población. Esta operación se denomina muestreo.

El tamaño del mineral es en este caso, la variable de interés principal. Este tamaño tiene una distribución prácticamente continua desde el valor mayor al pequeño. El análisis granulométrico divide esta distribución en clases de tamaño, de la manera de histogramas, de tal manera de describir con un número limitado de datos la distribución de tamaños. No hay ecuación teórica que describa la distribución de tamaño de minerales. Por ello, es necesario medir cada vez para obtener la información.

El proceso físico del análisis granulométrico puede realizarse en distintas formas:

- Para partículas en el rango de centímetros, mediante análisis cuantitativo de imágenes, que mediante algoritmos reconocen las partículas individuales en la imagen, miden su tamaño y estima la distribución de las que no aparecen a la vista.
- Para partículas en el rango de milímetros a decenas de micrones, mediante mallas calibradas o tamices.
- Para partículas en el rango de micrones, mediante sedimentación, microscopio o difracción de rayos laser, el tamaño de las partículas una por una y luego reportando el número de partículas por tramo de tamaño.

El método más utilizado es el de tamices. Consiste en apilar platos con mallas de tamaño de agujero creciente desde abajo hacia arriba y depositar la muestra a analizar en la parte superior. Todo el conjunto más un plato de fondo y una tapa en la parte superior se sitúa sobre un sistema vibratorio en 3 dimensiones, de modo que el material cuyo tamaño más fino que la malla inicial atraviesa los agujeros y pasa a la malla siguiente. Este proceso se repite hasta que cada partícula es retenida en la malla cuyo tamaño de agujero es menor que el de la partícula. La muestra inicial se divide así en varias clases de tamaño, cuyos límites están determinados por la abertura de la malla que retiene y la malla inmediatamente encima de ella. El peso de cada clase constituye un análisis granulométrico de la muestra.



Fuente: Guía laboratorio análisis granulométrico

Figura 3-1. Maquina tamizadora y proceso de tamices

Los tamices están organizados en series de tamaño, existiendo más de una clasificación como la norteamericana ASTM estándar, la ISO 3310 o la Tyler mas antigua, que tiende a caer en desuso. Varían en las unidades usadas en el alambre de las mallas, en el tamaño de los agujeros, y en la denominación de, siguiendo el sistema métrico o las unidades inglesas. La serie de mallas ASTM tiene un rango grueso, propio del chancado, cuya denominación se ajusta a la abertura en fracción de pulgada, y un rango más fino cuya denominación se ajusta aproximadamente al número de agujeros por pulgada cuadrada. En el rango más fino, los tamaños se ajustan a una secuencia de área de agujero variando en intervalos de raíz de 2.

Los datos pueden presentarse en forma de tabla, designando las masas o los porcentajes máxicos de cada clase de tamaño, o bien en forma acumulada, tabulando la suma de masa retenida por encima de cada malla o por debajo de cada malla. Los datos pueden presentarse también como histograma o grafico de distribución acumulada.

Para que el análisis granulométrico se efectivamente representativo de las propiedades de stock de mineral analizado, se debe garantizar que la muestra usada en el análisis granulométrico tenga las mismas propiedades del conjunto. Para ello se requiere realizar un proceso previo de homogeneización mezclando cuidadosamente todo el material para que la distribución espacial de las diversas clases de partículas sea la misma en todos los casos. Alternativamente, se puede tomar muestras pequeñas de todas las zonas de la pila de material bajo estudio, para que la posible segregación no influya. Esto es más difícil de lograr, pero no hay alternativa cuando no se homogeneiza el conjunto.

En análisis mismo también está sujeto fuentes de error. Por ejemplo si el tiempo de tamizado es demasiado breve, es posible que las partículas más finas no alcance a llegar al fondo y queden atrapadas en tamices de mayor tamaño, distorsionando así los resultados. Si la amplitud de oscilación de los tamices durante el tamizado es muy baja, es posible que suceda lo mismo anterior, que las partículas finas no lleguen al fondo y queden atrapadas más arriba de lo que corresponda. El tamaño de la muestra también es relevante, porque requiere de más tiempo y acentúa el efecto de los otros factores. El trabajo de laboratorio permitirá observar y cuantificar estos efectos.

Otra fuente de error experimental es la calibración de las balanzas usadas para pesar el material, lo que se explica por sí solo. Los tamices pueden estar fuera de calibre en su tamaño de agujero, ya sea por desgaste con el uso, o por maltrato, falseando resultados. Por último, si los procedimientos son descuidados, como cuando no se limpian adecuadamente los tamices antes de usarlos, o se pierde polvo por manejo brusco, también son fuentes de error. Mientras más fino el material, más fácil es que estos errores se produzcan.

3.2. **IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD**

Los implementos de seguridad a utilizar durante la experiencia a nivel de laboratorio son:

- Antiparras.
- Mascarilla para ambientes polvorientos.
- Capa blanca (delantal).
- Zapatos de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Guantes de látex.

3.3. **MATERIALES E INSTRUMENTOS A UTILIZAR**

- Muestra de mineral.
- Lona o telón para roleo.
- Partidor de muestras.
- Maquina tamizadora vibratoria (con su sistema de sujeción).
- Balanza digital.
- Serie de tamices en los rangos adecuados, tapa y fondo.
- Herramientas (pala, brochas de limpieza y recipientes para manipular las muestras).

3.4. **PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

3.4.1. **Procedimiento previo al uso del molino SK 100**

1. Ponerse el vestuario e implementos de seguridad necesarios para la experiencia.
2. Pesar aproximadamente 1 kg de mineral.
3. Verificar si el mineral cumple con los requisitos de tamaño para trabajar en el molino de palas modelo SK 100.
4. De no ser así reducir su tamaño con equipos o instrumentos a disposición.

5. Cuando se tiene el mineral adecuado (tamaño partícula) se le realiza una homogeneización por medio de roleo con la lona o telón.
6. Obtener muestra representativa mediante un partidor de muestras de unos 500 gr aproximados.
7. Seleccionar y tarar los tamices a utilizar, según el tamaño máximo de la muestra. Verificar si se encuentran en buen estado. Registre los resultados de la tara.
8. Ubicar la bandeja de fondo y los tamices en el orden correcto en el tamizador.
9. Vaciar la muestra en el tamiza superior, poner la tapa y fijar el conjunto con el sistema de sujeción.
10. Programar el tamizador con un tiempo de 5 minutos y una amplitud del 50%.
11. Tamizar la muestra.
12. Terminada la etapa vibratoria pesar cada tamiz con la muestra o vaciar en un contenedor y registrar la cantidad de mineral. Registrar los resultados y determinar la distribución granulométrica de la muestra.
13. Juntar material restante con el de los tamices y pesarlo para saber la perdida de este.
14. Limpiar cuidadosamente los tamices con una brocha.

3.4.2. Procedimiento de trabajo con el molino SK 100

1. Verificar conexión a red eléctrica del molino SK 100.
2. Observar si están todos los elementos y parte del molino SK 100.
3. Elegir tamiz de fondo que se requiera e insertarlo.
4. Encender el molino.
5. Cuidadosamente verter el material de a poco pero continuamente para que no presente fallas.
6. De ser así abrir carcasa, liberar freno de la cruceta y hacerla girar continuamente y verificar si tiene partículas de sobre tamaño.
7. Cerrar carcasa y volver a trabajar con el molino.
8. Una vez pasado todo el material por el molino se abre el recipiente de material.
9. Vaciar en un contenedor para su movilización.
10. Limpiar cuidadosamente el sector de carcasa del molino y la manga de filtro de aire.

3.4.3. Procedimiento después del uso del molino SK 100

1. Después del uso del molino SK 100 pesar el material y verificar si hay pérdidas.
2. Homogeneizar el material nuevamente por medio de roleo.
3. Utilizar el partidador de muestras para obtener muestra representativa.
4. Seleccionar y tarar los tamices adecuados para la muestra. Registre resultados de la tara.
5. Ubicar la bandeja de fondo y los tamices en el orden correcto en el tamizador.
6. Vaciar la muestra en el tamiza superior, poner la tapa y fijar el conjunto con el sistema de sujeción.
7. Programar el tamizador con un tiempo de 5 minutos y una amplitud del 50%.
8. Tamizar la muestra.
9. Terminada la etapa vibratoria pesar cada tamiz con la muestra o vaciar en un contenedor y registrar la cantidad de mineral. Registrar los resultados y determinar la distribución granulométrica de la muestra.
10. Limpiar tamices cuidadosamente.

3.5. DATOS, RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIONES

En el trabajo previo al uso del molino de palas SK 100 se trabajo con una población de 1 kg aproximado de material tanto del mineral Crisocola como de Hematita, el cual no constaba de los requerimiento mínimos para poder ser usado en el molino. Debido a esto se decidió reducir su tamaño con el chancador de mandíbula disponible en el laboratorio metalúrgico de la universidad. Este chancador de tipo Blake se uso con la mínima apertura para obtener una mineral acorde a las especificaciones para su posterior uso.

Una vez realizada esta reducción de tamaño se procedió a realizar una homogeneización de la muestra total para obtener una muestra representativa de 500 gr aproximado. De esto se realizo sus respectivos análisis granulométricos para cada mineral.

Tabla 3-1. Trabajo previo Crisocola

Trabajo previo molino SK 100 Crisocola				500 gr		
tamiz	diámetro tamiz(μ)	masa tamiz(gr)	tamiz + mineral(gr)	mineral (gr)	% acum.	% pasante
0,265	6730					100%
4	4750	788,9	793,2	4,3	1%	99%
6	3350	473,9	498	24,1	5%	94%
8	2360	692,1	759,8	67,7	14%	81%
12	1700	654,6	739,7	85,1	17%	64%
16	1180	627,6	696,2	68,6	14%	50%
20	850	383,5	430,2	46,7	9%	41%
	fondo	489,4	692,9	203,5	41%	0%
			total (gr)	500		
F80	6989,259694	P80	2329,753231	R. reducción	3	

Fuente: planilla de Excel (propia).

Tabla 3-2. Trabajo previo Hematita

Trabajo previo molino SK 100 Hematita				500 gr		
tamiz	diámetro tamiz (μ)	masa tamiz(gr)	tamiz + mineral(gr)	mineral (gr)	% acum.	% pasante
0,265	6730					100%
4	4750	788,9	791,8	2,9	1%	99%
6	3350	473,9	495,1	21,2	4%	95%
8	2360	692,1	749,2	57,1	11%	84%
12	1700	654,6	742,2	87,6	18%	66%
16	1180	627,6	706,1	78,5	16%	51%
20	850	383,5	434,8	51,3	10%	40%
	fondo	489,4	690,5	201,1	40%	0%
			total (gr)	499,7		
F80	6656,424658	P80	2218,808219	R.reducción	3	

Fuente: planilla de Excel (propia).

Para estos análisis granulométricos la malla de corte utilizada para ambos minerales es la malla 0,265 que tiene una diámetro de apertura de 6,73 mm, que cumple con los requisitos de diámetro de alimentación al molino de palas SK 100. Estos análisis granulométricos se realizan para conocer las características del mineral con respecto a sus distribuciones de tamaño y además para identificar el diámetro de alimentación de

80% al molino SK 100 el F80, que corresponde al P80 descritos en las tablas anteriores de cada mineral, que es el diámetro del producto del 80% después del trabajo previo en el chancador de mandíbula.

El 80% de la alimentación al molino de palas esta bajo de 2030 micrones aproximado que corresponden a 2,03 mm en el caso de la Crisocola y para la Hematita se encuentra en 2219 aproximado el 80% de la alimentación. Esto cumple con los requerimientos para poder trabajar con el molino de palas SK 100.

Durante el trabajo con el molino SK 100 al principio este presentaba varias detenciones, es decir para su función cada 1 minuto aproximadamente. Esto se debía a que el molino posee sensores que al ver que ya no había material al interior de la carcasa este se detenía. También una de las posibles razones de su cese de operación es porque no podía fragmentar el material.

Con el pasar del tiempo se comenzó a verter el material continuamente y de a pocas cantidades, con esto el equipo no cesaba su operación tan de inmediato sino que duraba mucho más su trabajo con el material que se encontraba su interior.

El diámetro del tamiz de corte que se inserta en el molino específicamente en su carcasa es de 1 mm, este siendo el 2do tamiz más pequeño con respecto el diámetro de malla disponible ya que el de diámetro menor era de 0,5mm.

Después del uso del molino se procedió a recolectar la muestra, homogeneizarla y obtener una muestra representativa para su posterior análisis granulométrico correspondiente a cada mineral.

Tabla 3-3. Resultados Crisocola después uso molino SK 100

Tabla distribución Crisocola SK 100				300 gr		
tamiz	diámetro tamiz(μ)	masa tamiz (gr)	tamiz + mineral(gr)	mineral (gr)	% acum	% pasante
18	1000			0	0%	100,0%
20	850	383,7	388,8	5,1	2%	98,3%
30	600	604	618,5	14,5	5%	93,5%
40	425	575,8	595,1	19,3	6%	87,1%
50	300	360,1	390,4	30,3	10%	77,1%
70	212	519,9	560,9	41	14%	63,5%
100	150	328,2	375,5	47,3	16%	47,8%
	fondo	489,4	633,8	144,4	48%	0,0%
			total (gr)	301,9		
F80	2329,753231	P80	336,3861386	R.reducción	6,925830063	

Fuente: planilla Excel (propia)

Tabla 3-4. Resultados Hematita después uso SK 100

Tabla distribución Hematita SK 100				300 gr		
tamiz	diámetro tamiz(μ)	masa tamiz(gr)	tamiz + mineral(gr)	mineral(gr)	% acum	% pasante
18	1000			0	0%	100,0%
20	850	383,7	388,5	4,8	2%	98,4%
30	600	604	630,2	26,2	9%	89,7%
40	425	575,8	610	34,2	11%	78,4%
50	300	360,1	393,9	33,8	11%	67,3%
70	212	519,9	551,8	31,9	11%	56,7%
100	150	328,2	369,1	40,9	14%	43,2%
	fondo	489,4	620	130,6	43%	0,0%
			total (gr)	302,4		
F80	2218,808219	P80	449,1520468	R. reducción	4,939993561	

Fuente: planilla Excel (propia)

En las tablas 3-3 y 3-4 reflejan la diferencia entre cada mineral, sabiendo que la Hematita tiene una mayor dureza que la crisocola, la razón de reducción entre ambos es distinta. La Hematita posee una menor razón de reducción que la crisocola, 5 y 7 aproximado respectivamente.

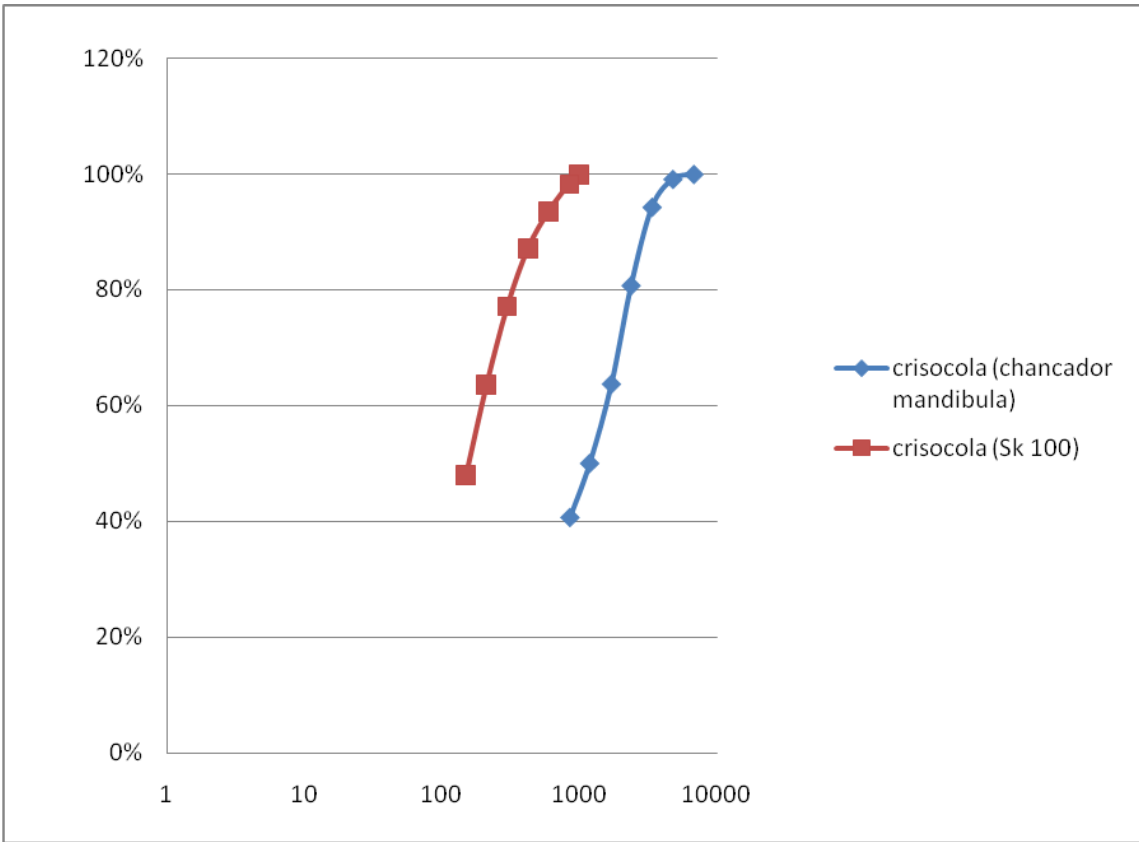
El diámetro de alimentación correspondiente al 80% de la muestra en ambos minerales se diferencian por casi 100 micrones, pero el diámetro del producto correspondiente al 80% de la Hematita fue mayor que la Crisocola, siendo que en la alimentación era mayor el segundo que el primero y eso va directamente relacionado con la dureza del material con el que se trabajo.

Relacionado con las tablas de distribución el molino de palas SK 100 genera una buena cantidad de material de bajo tamaño de partícula, ya que en ambos casos bordeaba el 40% bajo la ultima malla escogida que es el tamiz con diámetro de apertura 150 micrones, es decir la casi la mitad de las muestras representativas después de sus respectivos tamizados quedaban en el fondo de la serie de tamices. Esto se debe a que quizás no se realizó una buena homogeneización que representara mejor la población de mineral total. También se puede dar debido a que el molino de martillo después de su uso genera una buena cantidad de finos, es decir tiene buena relación con la disminución del tamaño.

En las especificaciones o requerimientos del molino con respecto a su alimentación para poder operar es de un diámetro máximo de 20 mm, durante la experiencia se trabajo con un diámetro menor a 2,4 mm aproximado en ambos casos para que el equipo no tuviera problemas de trituración pero al verter material de un

mayor tamaño, la razón de reducción sería mayor, pero esta dependerá del tamiz de fondo con el que se desea trabajar.

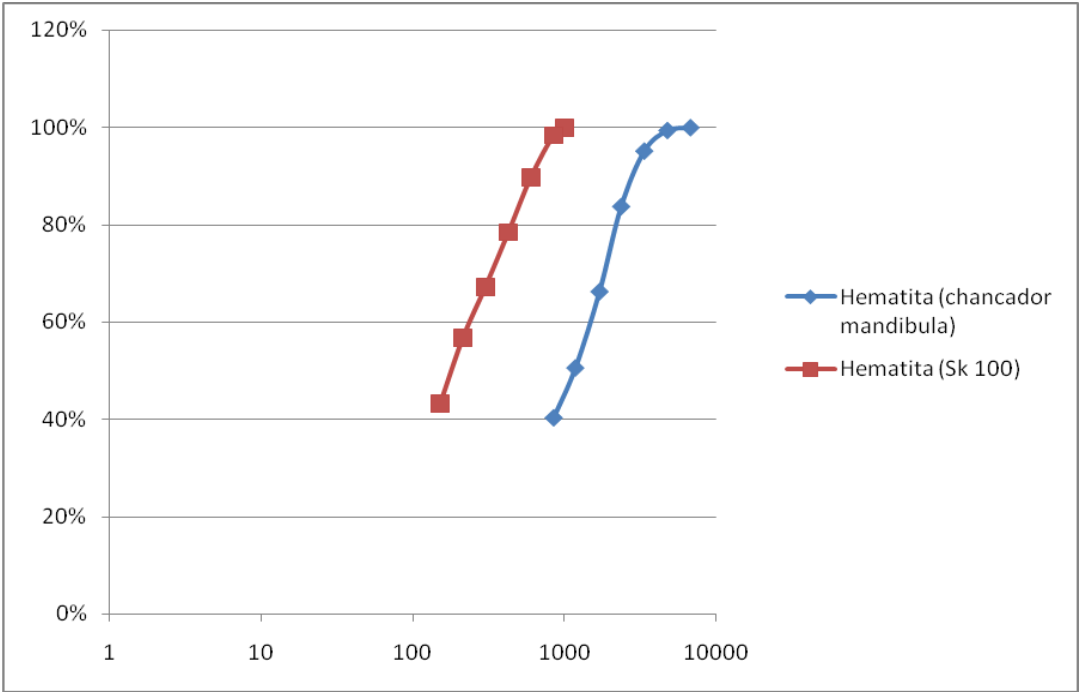
A continuación los gráficos de distribución de las partículas:



Fuente: planilla Excel (propia)

Figura 3-2. Grafico de distribución Crisocola

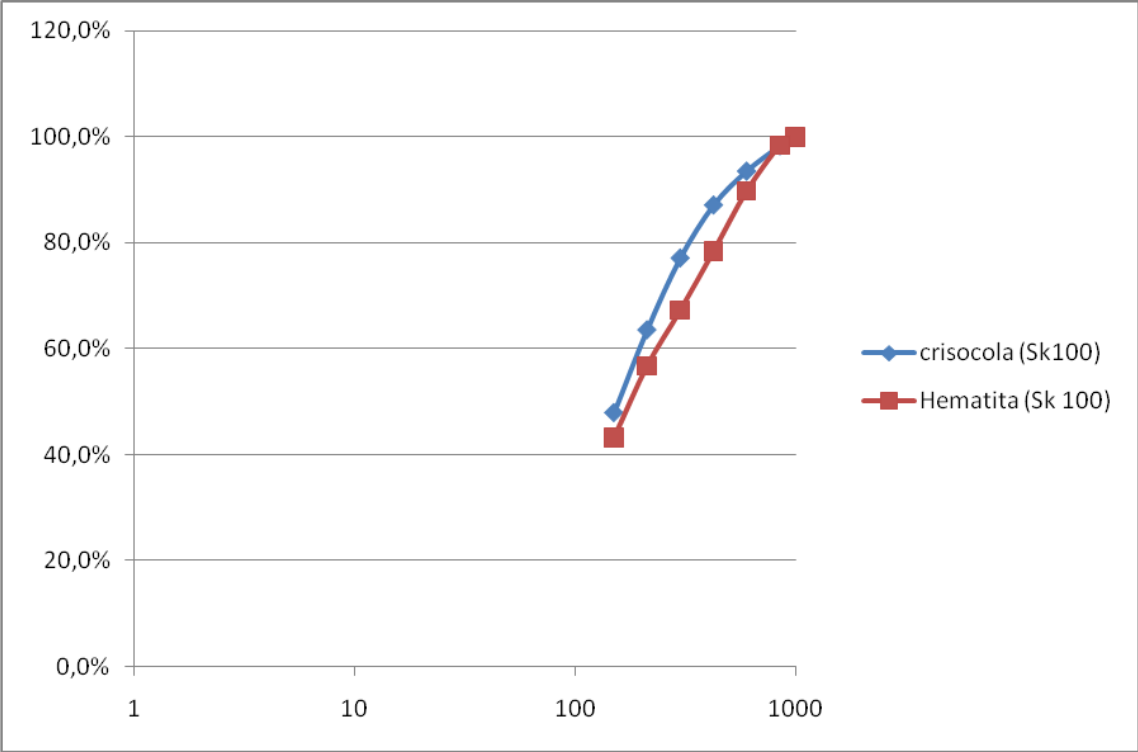
El grafico de la figura 3-1 muestra la relación de las curvas con respecto al trabajo previo y al producto que se generó tras la operación del molino con la Crisocola. Otra forma de representar la distribución de las partículas y verificar si hubo o no una disminución del tamaño de partícula. Como se muestra en la figura y como antes se menciono la curva se detiene en 40% esto a que dicho porcentaje se quedo en el tamiz de fondo.



Fuente: Planilla de Excel (propia).

Figura 3-3. Grafico de distribución de Hematita

La figura 3-2 representa el trabajo previo y después de la operación del molino SK 100 con respecto a la Hematita. La diferencia entre las figuras 3-1 y 3-2 es casi nula a la vista son casi idénticas pero la diferencia se da en las respectivas tablas con respecto a las cantidades acumuladas en el fondo de la serie de tamices, en los F80 y P80 de cada mineral.



Fuente: Planilla de Excel (propia)

Figura 3-4. Grafico de distribución final entre ambos minerales

En la figura 3-3 muestra la diferencia de reducción entre ambos minerales ya que la curva de la Hematita se encuentra un poco más a la derecha con respecto a la Crisocola lo que lleva de inmediato a que el producto del primer mineral tiene mayor tamaño en su distribución.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El molino de palas modelo SK 100 es un equipo que generalmente no se usa a nivel industrial dentro de la minería, pero si a nivel de laboratorio para realizar pruebas a pequeñas muestras de material en otros ámbitos como por ejemplo muestras de suelo.

A pesar de ser un equipo tecnológico con gran capacidad de reducción de tamaño de partículas, los sensores que trae consigo pueden traer consigo cese de operación de la maquina, esto a que generalmente se detiene al no tener material dentro de su carcasa para poder ser triturado. Para los usuarios solo se darán cuenta que el equipo no tiene material por medio del sonido que este genera, pero al tener protectores auditivos a veces este aspecto no funciona por ende el equipo deja de funcionar. Además cuando se procede a abrir la carcasa de operación del molino generalmente se pierde masa de material a pesar de ser en pocas cantidades. Como se especifico durante el desarrollo del presente se requiere verter el material en pocas cantidades pero continuamente para que el equipo deje de funcionar frecuentemente y dure más en su tiempo de operación. Se debe tener principal fijación también en el tipo de material a emplear en el equipo ya que si no cumple con los requisitos puede que el molino no sea capaz de triturar el material.

Durante la investigación y como recomendación para que el molino no se detenga debido a que no posee material dentro de su carcasa en especial en la cámara de molienda es la adaptación o incorporación de un alimentador que vierta el material de forma continua. Este adaptador es el DR 100 que es un alimentador automático vibratorio que logra echar continuamente el material al molino de palas SK 100.

Teniendo en cuenta las detenciones del molino y el verter el material de forma continua así disminuyendo los tiempos en que está parado el equipo y poder ser implementado en las prácticas de laboratorio para obtener más experiencia con un equipo diferente a los tradicionales y disponibles en el laboratorio de metalurgia de la universidad.

En el capítulo 3 del presente se encuentra un procedimiento que puede ser utilizado como referencia para prácticas en el laboratorio con análisis granulométricos para las muestras.

BIBLIOGRAFÍA

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=2>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=3>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=4>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=5>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=6>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=7>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=8>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=9>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=10>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=11>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retsch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuales/571139/retsch-sk-100.html?page=12>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=13>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=14>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=15>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=16>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retch sk-100. [en línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=17>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retch sk-100. [En línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=18>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retch sk-100. [En línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=19>> [Octubre 2015].

RETSCH. Manuals retch sk-100. [En línea]

<<http://www.pdfmanuales.com/manuals/571139/retsch-sk-100.html?page=20>> [Octubre 2015].

WIKIPEDIA. Wikipedia. [En línea]. < <https://es.wikipedia.org/wiki/Crisocola>> [mayo 2016]

WIKIPEDIA. Wikipedia. [En línea]. < <https://es.wikipedia.org/wiki/Hematita> > [Mayo 2016]

CODELCO. Codelcoeduca. [En línea].

<https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_exploracion_reconocimiento_minerales.asp>. [Mayo 2016].

