



## Cuaderno de Actividades Operador Proceso de Molienda

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:



### **Equipo Consejo Minero**

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo  
Carlos Urenda A., Gerente General  
Christian Schnettler R., Gerente Consejo de Competencias Mineras  
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios  
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones  
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales  
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

### **Equipo Innovum Fundación Chile**

Hernán Araneda D., Gerente  
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera  
Rafael Pizarro G., Director de Proyectos  
Eduardo Soto S., Consultor Senior  
Álvaro Catalán C., Consultor de Proyectos

### **Equipo Codelco División Chuquibambilla**

Pedro Juan Molinet, Gerente Concentradora  
Martón Bravo T., Ejecutivo RRHH Concentradora  
Hugo Miranda P., Supervisor Desarrollo de Personas  
Jorge Torres S., Ingeniero Jefe de Operaciones  
Claudia Blaña D., Ingeniero Jefe MOFI  
José Vargas R., Jefe de Turno MOFI  
Osvaldo Campos M., Ingeniero Jefe Relave  
José Guzmán C., Ingeniero Jefe Senior Mantenimiento Mecánico  
Jorge Uribe M., Superintendente Mantenimiento Eléctrico

### **Equipo Centro de Entrenamiento Industrial y Minero (CEIM)**

José Antonio Díaz A., Gerente General  
Fernando Villalobos S., Gerente Desarrollo de Competencias  
María Arias Z., Directora de Proyecto  
Mario Catalán M., Instructor Especialista Proc. Sulfuros  
René Cisternas M., Instructor Especialista Proc. Sulfuros  
Alex Vergara C., Instructor Senior Mant. Mecánico  
Manuel Macías V., Instructor Senior Mant. Mecánico  
Jorge Méndez C., Instructor Senior Mant. Eléctrico  
Martín Baltazar R., Instructor Senior Mant. Eléctrico  
Marcelo González M., Ingeniero Espec. Proc. Concentrado  
Julio Arancibia C., Ingeniero Especialista Mant. Eléctrico  
Fernando López P., Especialista Mant. Mecánico  
Rafaella Sarroca D., Asesor Metodológico  
Sebastián Montivero D., Editor Procesamiento Sulfuros  
Constanza Escobar G., Editor Mantenimiento Mecánico  
Yeliza Garcés A., Editor Mantenimiento Eléctrico  
Patricia Cepeda A., Editor Mantenimiento Eléctrico  
Melania Ortiz R., Carolina Pastenes P., Coordinadoras Proyecto

Consejo Minero

Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.

Teléfono: (562) 2347 2200

[www.ccm.cl](http://www.ccm.cl)

Este material ha sido elaborado por el Centro de Entrenamiento Industrial y Minero - CEIM, con la colaboración metodológica de Innovum Fundación Chile, para la División Chuquicamata de Codelco. Esta institución ha dispuesto este material para el desarrollo del capital humano de la industria minera, permitiendo su utilización y distribución por parte del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero.

El siguiente material está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de sus contenidos para fines de formación, citando siempre el documento fuente, pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción, adaptación o distribución con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS  
QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN SIN FINES COMERCIALES.  
© 2017, Corporación Nacional del Cobre de Chile.



## Índice

|  |   |
|--|---|
| Descripción del cuaderno de actividades .....                | 5 |
| <i>Actividad</i> .....                                       | 6 |
| Introducción a la seguridad minera.....                      | 6 |
| Elementos de Protección Personal (EPP) .....                 | 6 |
| <i>Actividad N°1</i> .....                                   | 6 |
| Aislación y Bloqueo.....                                     | 6 |
| <i>Actividad N°2</i> .....                                   | 6 |
| Tipos de Energía .....                                       | 6 |
| <i>Actividad N°3</i> .....                                   | 6 |
| Sustancias Residuos Peligrosos .....                         | 6 |
| <i>Actividad N°4</i> .....                                   | 6 |
| Técnicas de Muestreo .....                                   | 6 |
| <i>Actividad N°5</i> .....                                   | 6 |
| Porcentaje de Sólidos .....                                  | 6 |
| <i>Actividad N°6</i> .....                                   | 6 |
| Preparación de Muestras Representativas .....                | 6 |
| <i>Actividad N°7</i> .....                                   | 6 |
| Componentes de los Chancadores.....                          | 6 |
| <i>Actividad N°8</i> .....                                   | 6 |
| Análisis Granulométrico .....                                | 6 |
| <i>Actividad N°9</i> .....                                   | 6 |
| Taller Chancado .....  | 6 |
| <i>Actividad N°10</i> .....                                  | 6 |
| Operación Correas Transportadoras .....                      | 6 |
| <i>Actividad N°11</i> .....                                  | 6 |
| Velocidad Crítica y Ajuste de Velocidad de Giro Molino ..... | 6 |
| <i>Actividad N°12</i> .....                                  | 6 |
| Molienda y Clasificación .....                               | 6 |

## Descripción del cuaderno de actividades

Durante el desarrollo del programa “**Operador Proceso de Molienda N3**” se proponen un conjunto sistemático de actividades reflexivas, formativas y prácticas, basadas en competencias, que el participante deberá resolver.

El cuaderno de actividades es el documento que se utilizará para ir realizando estos ejercicios y actividades y tiene como finalidad apoyar el proceso de aprendizaje. Permitirá además, preparar al participante para la evaluación final, ya que contribuirá a reafirmar sus avances y solucionar las dificultades que puedan surgir a lo largo del programa.

El cuaderno constituye también un valioso registro del trabajo y la puesta en práctica realizada por el participante y para esto, cuenta con un espacio al final de cada actividad, para que el instructor consigne esto a través de su firma y alguna observación.

Una vez completado el cuaderno, pasa a constituirse en un **portafolio de evidencias**, que permitirá al participante evidenciar los logros alcanzados a lo largo del programa y demostrar lo que ha sido capaz de realizar.

### Actividad

#### Introducción a la seguridad minera

#### Elementos de Protección Personal (EPP)

#### Descripción de la actividad


Los participantes guiados por el instructor conocerán los elementos de protección personal más utilizados en la industria minera. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con estos elementos, su correcto uso y la protección que brindan frente a riesgos laborales propios de la industria minera.

#### Desarrollo

El instructor solicitará a los participantes que observen en sus guías los elementos de protección personal y contesten las preguntas ¿Qué es? y ¿Para qué sirve? de la forma más completa posible.

El participante deberá llenar la tabla siguiente contestando a las preguntas realizadas. Para esto deberá considerar las principales características de los Equipos de Protección Personal, su clasificación y los riesgos o peligros con que se asocia.

#### Elementos de Protección Personal

| Elementos de seguridad  | ¿Qué es? | ¿Para qué sirve? (qué parte del cuerpo protege, qué riesgos se asocian a su uso). |
|---|----------|---|
|  |          |   |

| Elementos de seguridad  | ¿Qué es? | ¿Para qué sirve? (qué parte del cuerpo protege, qué riesgos se asocian a su uso). |
|---|----------|---|
|    |          |   |
|    |          |   |
|   |          |   |
|  |          |   |
|  |          |   |
|  |          |   |

| Elementos de seguridad  | ¿Qué es? | ¿Para qué sirve? (qué parte del cuerpo protege, qué riesgos se asocian a su uso). |
|---|----------|---|
|    |          |   |
|    |          |   |
|   |          |   |
|  |          |   |



**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |

## Actividad N°1

### Aislación y Bloqueo

#### Descripción de la Actividad

Los participantes guiados por el instructor deberán reconocer los dispositivos utilizados para bloqueo en la industria minera. El objetivo de la actividad es que el participante pueda identificar los diferentes dispositivos utilizados en el proceso de aislamiento y bloqueo de equipos, maquinarias e instalaciones, antes de ser intervenidos, su uso y la protección que brindan frente a riesgos laborales propios de la industria minera.

Los participantes deben comprender la importancia de controlar las fuentes de energía que tengan relación directa o indirecta con el equipo a intervenir, que puedan lesionar a las personas, dañar algún equipo o las instalaciones de un proceso.

Esto se realiza mediante el correcto uso de dispositivos de bloqueo en base a candados personales o departamentales y sus correspondientes tarjetas de advertencia de bloqueo, garantizando con esto la ausencia total de cualquier tipo de energía.


#### Desarrollo





Los participantes guiados por el instructor deberán reconocer los dispositivos utilizados para bloqueo en la industria minera.

El objetivo de la actividad es que el participante pueda identificar los diferentes dispositivos, su uso y la protección que brindan frente a riesgos laborales propios de la industria minera.

Los participantes deberán llenar la tabla siguiente contestando detalladamente, de forma escrita las preguntas.

#### Dispositivos de Aislamiento y Bloqueo

| Dispositivo   | ¿Qué es? | ¿Para qué sirve? |
|---|----------|------------------|
|  |          |                  |

|  |  |  |
|--|--|--|
|   |  |  |
|   |  |  |
|   |  |  |
|  |  |  |

**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |

## Actividad N°2

### Tipos de Energía

#### Descripción de la Actividad

La siguiente actividad consiste en identificar y definir los diferentes tipos de energías presentes que pueden ocasionar daños a las personas al entrar en contacto con ellos, en forma directa o indirecta en las actividades de mantenimiento, revisión, reparación, limpieza, etc.

Los participantes deben comprender la importancia de controlar las fuentes de energía que tengan relación directa o indirecta con el equipo a intervenir, que puedan lesionar a las personas, dañar algún equipo o las instalaciones de un proceso.

Esto se realiza mediante el correcto uso de dispositivos de bloqueo en base a candados personales o departamentales y sus correspondientes tarjetas de advertencia de bloqueo, garantizando con esto la ausencia total de cualquier tipo de energía.

#### Desarrollo

Los participantes guiados por el instructor deberán definir los diferentes tipos de energía, los cuáles debe controlar antes de iniciar un trabajo específico.

El objetivo de la actividad es que el participante pueda identificar los diferentes tipos de energía, los cuales tiene que controlar con los dispositivos de aislación y bloqueo.

El participante deberá describir en la siguiente tabla, los escenarios reales donde se presenten los distintos tipos de energías:

| Tipo de energía               | Defina el tipo de energía |
|-------------------------------|---------------------------|
| Energía Almacenada o Residual |                           |
| Energía Calórica              |                           |
| Energía Cero                  |                           |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Energía eléctrica           |  |
| Energía hidráulica          |  |
| Energía Ionizante           |  |
| Energía Mecánica            |  |
| Energía Térmica             |  |
| Fuente de Energía Peligrosa |  |



**Notas:**

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |

## Actividad N°3

### Sustancias Residuos Peligrosos

#### Descripción de la Actividad

La siguiente actividad consiste en identificar y definir lo que indican los diferentes rombos de sustancias y residuos peligrosos.

Identificar los riesgos de las sustancias peligrosas presentes, con la que pueda establecer contacto, directo o indirectamente.

Debido a la necesidad inmediata de información concerniente a un material peligroso, se han desarrollado varios sistemas de identificación de estos materiales.

Los participantes deben conocer cual sustancia peligrosa identifica el rótulo en los diferentes rombos, para actuar rápidamente y con el conocimiento requerido ante cualquier problema o emergencia que pueda producirse en el manejo de las sustancias y residuos peligrosos, los que pueden originar problemas a la salud o al medio ambiente.


#### Desarrollo





Los participantes guiados por el instructor deberán demostrar conocimiento de los rombos (según Norma Chilena 382 y 2120), y lo que indican las rotulaciones en cada uno de estos.

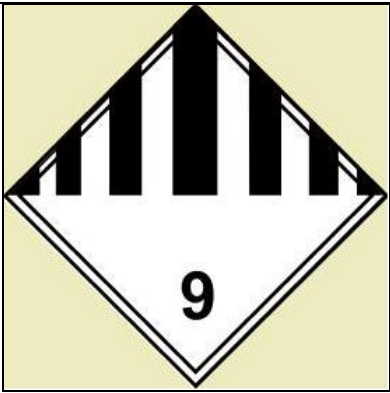
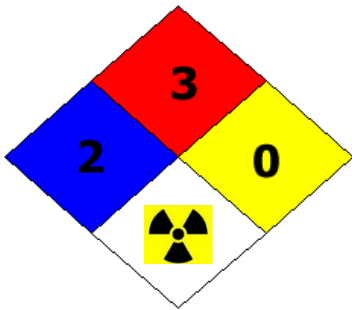
El participante deberá llenar la tabla siguiente contestando detalladamente de forma escrita las preguntas, dando 2 ejemplos para ratificar sus conocimientos.

#### Rombos de Sustancias y Residuos Peligrosos

| Rombo de Sustancias y Residuos Peligrosos | Explique detalladamente a que corresponde la rotulación y dé 2 ejemplos de cada uno |
|---|---|
|   |   |

|   |  |
|---|--|
|    |  |
|   |  |
|  |  |

|   |  |
|---|--|
|    |  |
|    |  |
|   |  |
|  |  |

|   |  |
|---|--|
|  |  |
|  |  |

**Notas:**

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |



## Actividad N°4

### Técnicas de Muestreo

#### Descripción de la Actividad

Los participantes guiados por el instructor deberán determinar la gravedad específica de una muestra de mineral. El objetivo de la actividad es que el participante pueda medir correctamente este parámetro en terreno, llevando control del proceso.

Deberá tomar muestras representativas de los diferentes procesos, según procedimientos. El muestreo cubre la práctica de selección de muestras para la evaluación metalúrgica de un depósito mineral, muestreo para balance metalúrgico o control de proceso de las distintas etapas de la operación de una planta de procesamiento, etc.

Los parámetros que se desean medir pueden ser varios; por ejemplo, contenido de humedad, gravedad específica, porcentaje de un cierto componente, porcentaje de sólidos, etc.

#### Desarrollo

El participante deberá reunir los siguientes materiales para realizar la medición.

Antes de ingresar al taller, los participantes realizaran un análisis de riesgo, para determinar los medidas de control necesarios.



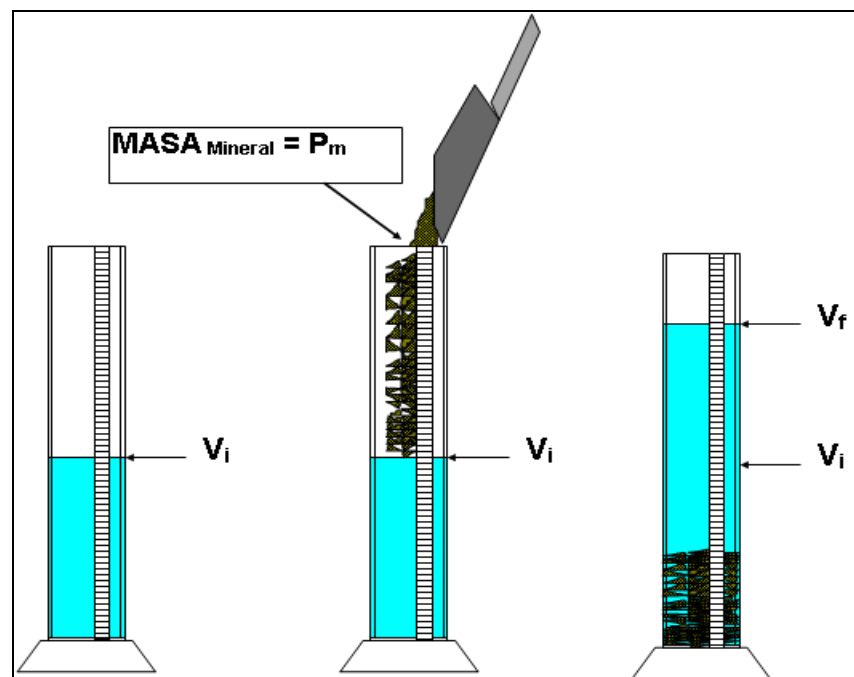
La medición de la gravedad específica de mineral por este método se realiza por desplazamiento de agua, al agregar un peso conocido de muestra en una probeta graduada.

En la probeta se coloca un volumen conocido de agua ( $V_i$ ), se agrega la muestra de peso conocido ( $P_m$ ) y después que el mineral ha sido completamente humectado y eliminada las burbujas de aire retenida, se lee el desplazamiento de la nueva interfase del agua ( $V_f$ ).

La gravedad específica del mineral ( $G_m$ ) se obtiene la relación siguiente:

$$G_m = \frac{P_m}{(V_f - V_i)}$$

| Parametro a Medir             | Valor |
|-------------------------------|-------|
| Volumen Inicial ( $V_i$ )     | cc    |
| Volumen Final $V_f$ ( $V_f$ ) | cc    |
| Masa del Mineral ( $P_m$ )    | g     |
| Gravedad Especifica $G_m$     | g/cc  |



Representación gráfica determinación gravedad específica del mineral

**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |

## Actividad N°5

### Porcentaje de Sólidos

#### Descripción de la Actividad

Para tener un control preciso de la operación de la planta es necesario conocer la densidad o el porcentaje de sólidos de la pulpa en los puntos más importantes del proceso, para obtener la mayor eficiencia de los equipos de proceso. Las decisiones operativas correctas pueden tomarse sólo si las mediciones de porcentaje de sólido son exactas.

Los participantes guiados por el instructor deberán medir el porcentaje de sólidos de una pulpa de mineral.

Planificando las actividades de muestreo en función del programa diario y tomando muestras representativas de los diferentes procesos, según procedimientos, el participante deberá medir correctamente este parámetro en terreno, obteniendo buen control del proceso.

El muestreo cubre la práctica de selección de muestras para la evaluación metalúrgica de un proceso, para un balance metalúrgico o control de proceso de las distintas etapas de la operación de una planta de procesamiento, etc.

#### Desarrollo

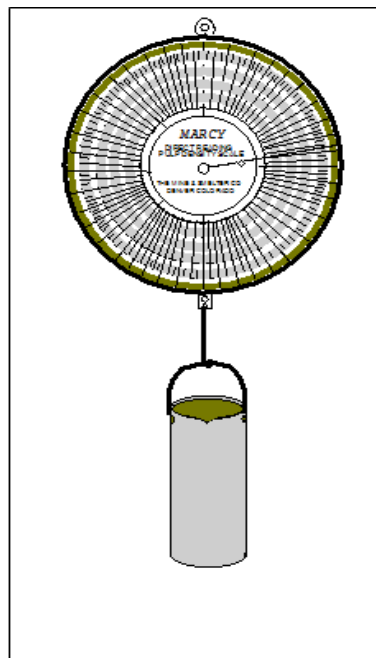
Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgo, para determinar las medidas de control necesarias.



Elementos de Protección Personal Obligatorios

Para realizar la actividad, el participante deberá seguir los siguientes pasos:

1. La balanza debe ser colgada de forma que quede suspendida libremente.
2. Se llena el recipiente con agua, a su totalidad de volumen, hasta los orificios (volumen recipiente es de 1000 cc), y se cuelga en el gancho de la balanza, para calibrar la balanza
3. La aguja deberá marcar 1,0 en el dial exterior, que corresponde a la densidad del agua. Si fuese necesario, gire la perilla de ajuste ubicada en el gancho, para calibrar esta medida.
4. Tomar la muestra de pulpa a través con un recipiente desde el balde que contiene pulpa previamente preparada.
5. Vaciar dicha muestra en el tacho de la balanza hasta que la pulpa ha alcanzado el nivel del orificio de rebalse, de forma que no se concentre y su medición fracase. Luego se limpia el exterior del recipiente y se cuelga en la balanza.
6. Con la gravedad específica del mineral seleccione la escala que le corresponden la balanza y proceder a leer el % sólidos de la pulpa según la indicación de la aguja.



Balanza Marcy

**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |



## **Actividad N°6**

### **Preparación de Muestras Representativas**

#### **Descripción de la Actividad**

La siguiente actividad se divide en etapas en lo que concierne a los fundamentos de las técnicas de muestreo de minerales:

- Método de cono y cuarteo y,
- Método de división por riffles.

El participante deberá tomar muestras representativas de los diferentes procesos, según procedimientos.

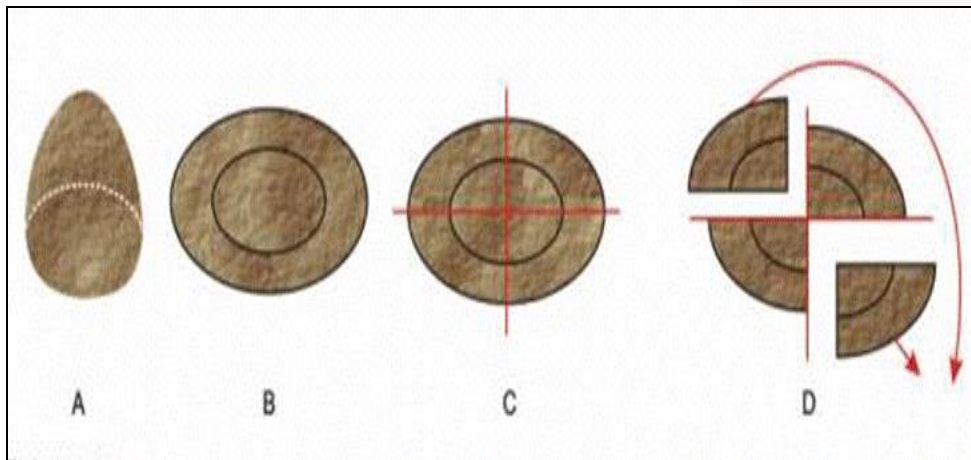
El instructor podrá reflexionar con los participantes, sobre los resultados obtenidos en la aplicación de los dos métodos de muestreo.

#### **Desarrollo**

##### **1. Método de División Cono y Cuarteo.**

El desarrollo es el siguiente:

- 1.- Depositar la muestra de mineral sobre un paño o cubierta de plástico limpia y rolear varias veces.
- 2.- Apilar la muestra bruta en forma de cono, sobre el paño roleador.
- 3.- Aplastar el cono formado, dividir en cuatro partes iguales divididas por dos líneas que se interceptan en ángulos rectos al centro del lote de mineral.
4. Descartar dos cuartos opuestos entre ellos y volver a rolear nuevamente el mineral.
- 5.- Aplastar nuevamente el cono, empujando hacia abajo en forma vertical y dividida en cuatro partes iguales, volver a descartar otros dos cuartos opuestos, pero en sentido diferente al descarte anterior.
- 6.- Repetir el procedimiento (pila y cuarteo) con las otras dos partes retenidas.
- 7.- El proceso se repite varias veces hasta llegar a obtener el volumen de muestra deseado.



Método de muestreo por cono y cuarteo

## 2. Método de División por Riffles.

El procedimiento es el siguiente:

- 1.- La muestra deberá homogenizarse roleandola en el plástico de roleo y colocarse en la bandeja de alimentación.
  - 2.- Se dejará caer la muestra uniformemente sobre la superficie formada por el conjunto de ranuras, para dividir la muestra en dos partes.
  - 3.- Una de las partes divididas deberá seleccionarse al azar como muestra dividida para la etapa siguiente de muestreo.
  - 4.- Volver a dejar caer de nuevo la muestra uniformemente sobre la superficie de las ranuras del cortador Riffle.
  - 5.- Seleccionar la parte dividida en el sentido opuesto a la selección anterior.
  - 6.- Repetir el proceso varias veces hasta obtener el volumen de muestra deseado.
- Se debe tener la precaución de evitar que se tapen las ranuras, si esto ocurriera se recomienda limpiar el cuarteador y luego reiniciar la operación.



Cortador de muestra Riffle (Tyler)

**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |

## Actividad N°7

### Componentes de los Chancadores

#### Descripción de la actividad

La siguiente actividad consiste en que el participante, con el apoyo de taller demostrativo de operación del chancador en laboratorio y de contenidos expuestos por el instructor en clases a través de computador y data show, deberá identificar y describir algunos de los principales chancadores y equipos auxiliares y, además indicar cuál es su función en el proceso.

El participante deberá identificar los estándares básicos requeridos para el mantenimiento de los chancadores y equipos auxiliares y verificará funcionamiento mecánico de los chancadores, partes constituyentes y equipos auxiliares, para detectar anomalías y desperfectos.

#### Desarrollo

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán análisis de riesgo, para determinar e implementar las medidas de control necesarios. Además usarán los EPP de acuerdo a los riesgos detectados.

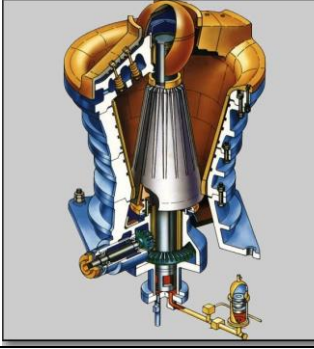
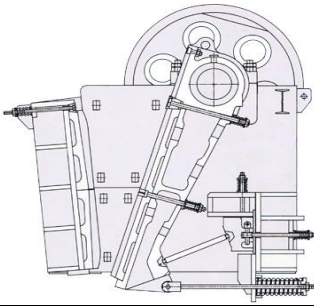
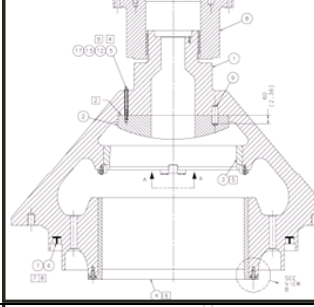
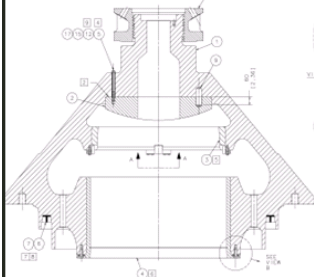


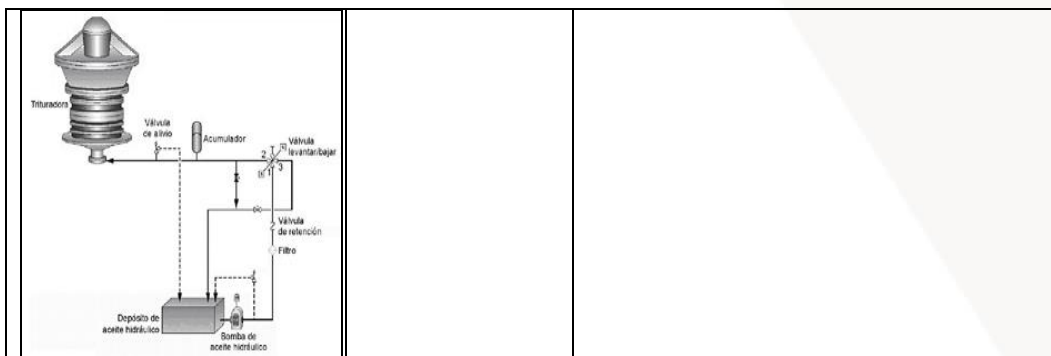
Elementos de Protección Personal Obligatorios

Los participantes guiados por el instructor realizarán una actividad de observación, reconocimiento y análisis de un chancador en movimiento. Este equipo deberá ser operado por el instructor en el taller.

El objetivo de la actividad es que el participante pueda identificar y describir los diferentes componentes del chancador y sus equipos auxiliares.

Los participantes deberán llenar la tabla de evaluación, respondiendo de forma detallada el nombre del componente y cuál es su función.

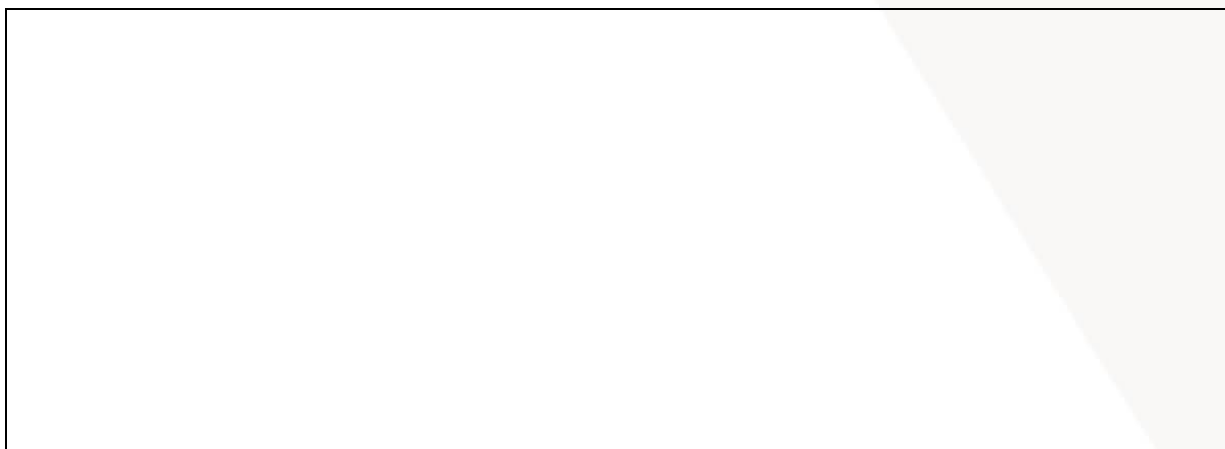
| Equipo  | Nombre del equipo | Función y componentes principales del equipo |
|---|-------------------|--|
|    |                   |  |
|   |                   |  |
|  |                   |  |
|  |                   |  |



**Notas:**

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |





## Actividad N°8

### Análisis Granulométrico

#### Descripción de la Actividad

La siguiente actividad consiste en que el participante, con el apoyo del Instructor realizará análisis granulométrico a una muestra preparada de mineral, 100 % - 10 # Tyler o -12 # ASTM, luego deberá llenar la tabla de análisis granulométrico y posteriormente graficar los resultados para determinar el P80 de la muestra.

Esta actividad es para incrementar sus conocimientos sobre los fundamentos de la etapa de clasificación por harneros de minerales en seco, etapa que se efectúa en el proceso de chancado, de acuerdo a contenidos expuestos por el instructor en clases a través de computador y data show.

El participante deberá verificar las condiciones operacionales en los harneros y partes constituyentes para detectar parámetros de operación fuera de rango y corregirlas. Esto se realiza simulando el proceso con la serie de tamices apoyados con un Ro tap.

El instructor deberá comparar con los participantes los resultados obtenidos en los análisis granulométricos realizados.

Se analizará la importancia de la obtención del P80 en el proceso de la clasificación de los harneros en la etapa de chancado y la incidencia en la operación aguas abajo.

A partir del gráfico se deberá determinar el pasante 80 % ( $P_{80}$ ) de la muestra.



Rotap y serie tamices

| <b>TYLER</b> | <b>ASTM</b> | <b>Abertura Nominal<br/>(µm)</b> | <b>Ø Nominal Alambre<br/>(µm)</b> |
|--------------|-------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 0.371"       | 3/8"        | 9510                             | 2240                              |
| 0.312"       | 5/16"       | 8000                             | 2000                              |
| 0.263"       | 0.263"      | 6730                             | 1800                              |
|              | 1/4"        | 6350                             | 1800                              |
| 3            | 3           | 5660                             | 1600                              |
| 4            | 4           | 4760                             | 1600                              |
| 5            | 5           | 4000                             | 1400                              |
| 6            | 6           | 3360                             | 1250                              |
| 7            | 7           | 2830                             | 1120                              |
| 8            | 8           | 2380                             | 1000                              |
| 9            | 10          | 2000                             | 900                               |
| 10           | 12          | 1680                             | 800                               |
| 12           | 14          | 1410                             | 710                               |
| 14           | 16          | 1190                             | 630                               |
| 16           | 18          | 1000                             | 560                               |
| 20           | 20          | 841                              | 500                               |
| 24           | 25          | 707                              | 450                               |
| 28           | 30          | 595                              | 400                               |
| 32           | 35          | 500                              | 315                               |
| 35           | 40          | 420                              | 280                               |
| 42           | 45          | 354                              | 224                               |
| 48           | 50          | 297                              | 200                               |
| 60           | 60          | 250                              | 160                               |
| 65           | 70          | 210                              | 140                               |
| 80           | 80          | 177                              | 125                               |
| 100          | 100         | 149                              | 100                               |
| 115          | 120         | 125                              | 90                                |
| 150          | 140         | 105                              | 71                                |
| 170          | 170         | 88                               | 63                                |
| 200          | 200         | 74                               | 50                                |
| 250          | 230         | 63                               | 45                                |
| 270          | 270         | 53                               | 36                                |
| 325          | 325         | 44                               | 32                                |
| 400          | 400         | 37                               | 30                                |

Tabla series de tamices Tyler y ASTM

## Desarrollo

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgos, para determinar los EPP necesarios para desarrollar la actividad.



Elementos de protección obligatorios

El participante tomará desde la bolsa plástica muestra mineral en un recipiente limpio y seco y deberá realizar procedimiento de cuarteo.

Luego pesará aproximadamente 1 kg de muestra de mineral, registrando el peso exacto.

Preparará el set de tamices de mayor a menor abertura y en la parte inferior se colocará la bandeja receptora de finos.

Colocará la muestra en el tamiz superior y se deberá colocar la tapa.

Se coloca el set de tamices en el rotap y dará partida. Se dejará tamizando durante quince minutos.

Se descargará el set de tamices y se deberá registrar el peso de las muestras retenidas por cada malla.

Ingresar los pesos obtenidos en la tabla de análisis granulométrico y la que deberá completar siguiendo las instrucciones entregada en clases por el instructor.

Con la tabla del análisis granulométrico desarrollado, los participantes deberán construir una gráfica, en donde en el eje de las ordenadas irán descritas las diferentes masas retenidas y en el eje de las abscisas las aberturas de las mallas empleadas.

| Malla<br>N° | Abertura de<br>la malla<br>mm | Retenido<br>parcial<br>gr | Retenido<br>parcial<br>% | Retenido<br>acumulado<br>% | Pasante<br>acumulado<br>% |
|-------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |

Tabla de análisis granulométrico

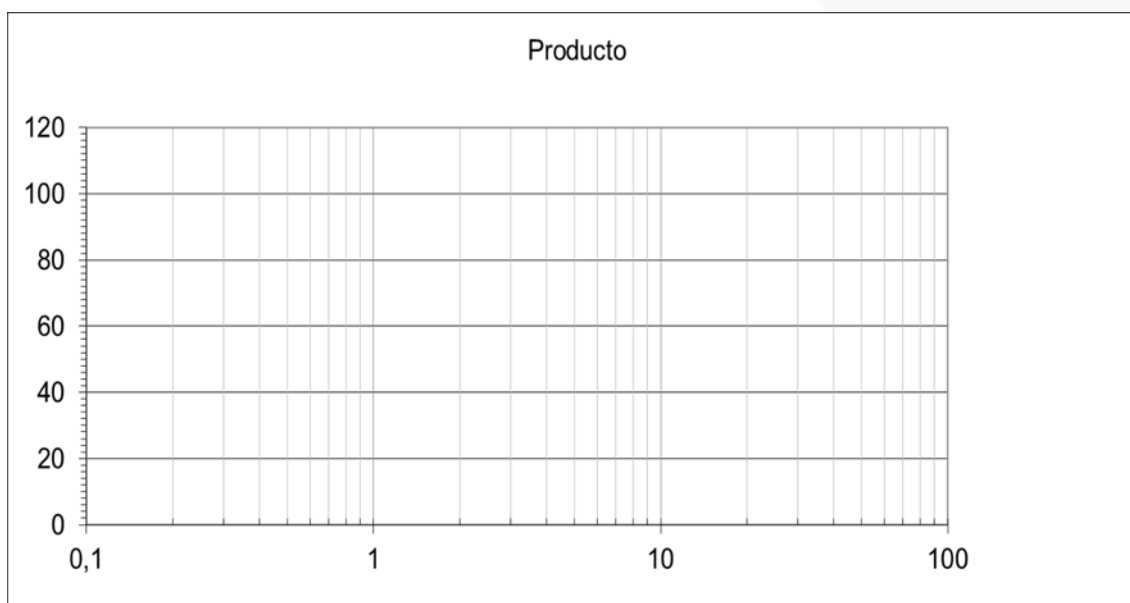


Tabla semi-log

Para realizar los cálculos y llenar la tabla de análisis granulométrico, deberán guiarse por los siguientes ejemplos de cálculos:

Retenido Acumulado (RA): es la suma acumulativa de los gramos retenidos en cada tamiz.

Ejemplo:

| Malla Tyler | Retenido Parcial (grs) | Retenido Acumulado (grs) |
|-------------|------------------------|--------------------------|
| # 10        | 215,6                  | 425,9                    |
| # 20        | 210,3                  | 636,2                    |
| # 30        | 80,5                   | 716,7                    |

Se suma el retenido acumulado con el retenido parcial del tamiz siguiente:

$$RA \text{ (\#20)} = 425,9 + 210,3 = 636,2 \text{ g.}$$

$$RA \text{ (\#30)} = 636,2 + 80,5 = 716,7 \text{ g.}$$

Pasante Acumulado (PA): es la resta acumulativa de los gramos pasante en cada tamiz.

| Malla Tyler | Retenido Parcial (grs) | Pasante Acumulado (grs) |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| # 10        | 215,6                  | 574,1                   |
| # 20        | 210,3                  | 363,8                   |
| # 30        | 80,5                   | 283,3                   |

Se resta el retenido acumulado con el retenido parcial del tamiz siguiente:

$$PA \text{ (\#20)} = 574,1 - 210,3 = 363,8 \text{ g.}$$

$$PA \text{ (\#30)} = 363,8 - 80,5 = 283,3 \text{ g.}$$

Porcentaje retenido parcial (%RP):

$$\%RP = \frac{\text{peso retenido en cada malla}}{\text{peso total de la muestra seca}}$$

| Malla Tyler | Retenido Parcial (grs) | % Retenido Parcial |
|-------------|------------------------|--------------------|
| # 10        | 215,6                  | 21,56              |
| # 20        | 210,3                  | 21,03              |
| # 30        | 80,5                   | 8,05               |

$$\%RP = \frac{215,6 \text{ (grs)}}{1000 \text{ (grs)}} \times 100 = 21,56\%$$

Porcentaje retenido acumulado (%RA):

$$\%RA = \frac{\text{peso retenido en cada tamiz}}{\text{peso total de la muestra seca}}$$

| Malla Tyler | Retenido Acumulado (grs) | % Retenido Acumulado |
|-------------|--------------------------|----------------------|
| # 10        | 425,9                    | 42,59                |
| # 20        | 636,2                    | 63,62                |
| # 30        | 716,7                    | 71,67                |

$$\%RA = \frac{425,9 \text{ (grs)}}{1000 \text{ (grs)}} \times 100 = 42,59\%$$

Porcentaje Pasante Acumulado (%PA):

| Malla Tyler | Pasante Acumulado (grs) | % Retenido Acumulado |
|-------------|-------------------------|----------------------|
| # 10        | 574,1                   | 57,41                |
| # 20        | 363,8                   | 36,38                |
| # 30        | 283,3                   | 28,33                |

$$\%RA = \frac{574,1 \text{ (grs)}}{1000 \text{ (grs)}} \times 100 = 57,41\%$$

**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |

## Taller Chancado

### Actividad N°9

#### Descripción de la Actividad

La siguiente actividad se divide en dos etapas en lo que concierne a los fundamentos del Proceso de Chancado: Chancado y Clasificación de Tamaño.

La siguiente actividad consiste en que el participante, con el apoyo del Instructor realizará un taller de chancado de mineral y posteriormente realizará análisis granulométrico a la muestra chancada.

Deberá llenar la tabla de análisis granulométrico a la muestra de alimentación y del producto del chancador y posteriormente graficar los resultados para determinar el F80 y P80 de la muestra.

El participante deberá verificar en terreno condiciones operacionales en los chancadores y equipos auxiliares para detectar parámetros de operación fuera de rango y corregirlas, según estándares y procedimientos.

El instructor podrá comparar con los participantes, los resultados obtenidos.

Los participantes deberán comentar si el ajuste de abertura de setting o si la granulometría de alimentación también influyó en la granulometría producto de la operación de chancado.



Chancador de taller



## Desarrollo

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán análisis de riesgos, para determinar los riesgos involucrados y los EPP necesarios para desarrollar la actividad.



Elementos de Protección Personal Obligatorios

Los participantes deberán tomar de muestra de mineral grueso (2 pulg. diámetro aproximadamente).

Establecer el F80 como condición de inicio, antes de ingresar a reducción de tamaño, a través de análisis granulométrico a una muestra representativa (aproximadamente 1 kg, aplicando técnica de reducción de muestra por cono y cuarteo o por cortador tipo riffle).

Tomarán una masa de mineral de aproximadamente 5 kg de muestra.

Deberán medir y ajustar setting del chancador para obtener un  $P_{80}$  de 5mm.

Alimentarán al chancador con el mineral para la reducción de tamaño y procederán a chancar el mineral, en presencia del instructor y según indicaciones e instrucciones impartidas por el instructor antes de iniciar el taller.

Realizarán el análisis granulométrico al material chancado con los tamices que indique el instructor y con los datos llenarán la tabla de análisis granulométrico para determinar el  $P_{80}$ .

Determinarán  $R_{80}$  por los datos obtenidos a las gráficas

| Malla<br>N° | Abertura de la<br>malla<br>mm | Retenido<br>parcial<br>gr | Retenido<br>parcial<br>% | Retenido<br>acumulado<br>% | Pasante<br>acumulado<br>% |
|-------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |

Tabla de análisis granulométrico

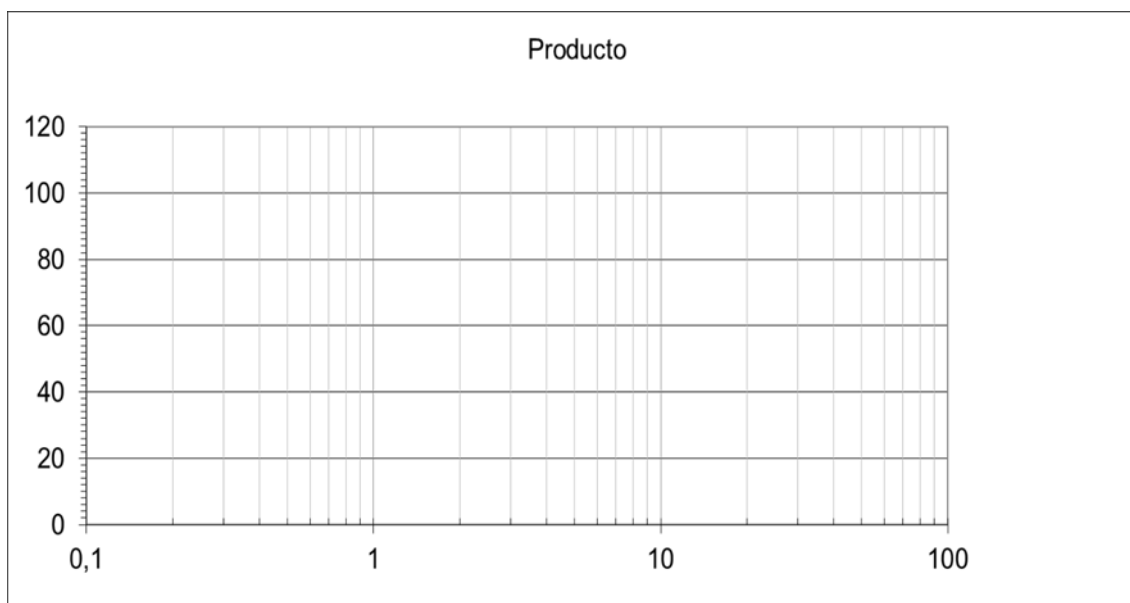


Tabla semi-log

Para realizar los cálculos y llenar la tabla de análisis granulométrico, deberán guiarse por los siguientes ejemplos de cálculos:

Retenido Acumulado (RA): es la suma acumulativa de los gramos retenidos en cada tamiz.

Ejemplo:

| Malla Tyler | Retenido Parcial (grs) | Retenido Acumulado (grs) |
|-------------|------------------------|--------------------------|
| # 10        | 215,6                  | 425,9                    |
| # 20        | 210,3                  | 636,2                    |
| # 30        | 80,5                   | 716,7                    |

Se suma el retenido acumulado con el retenido parcial del tamiz siguiente:

$$RA \text{ (\#20)} = 425,9 + 210,3 = 636,2 \text{ g.}$$

$$RA \text{ (\#30)} = 636,2 + 80,5 = 716,7 \text{ g.}$$

Pasante Acumulado (PA): es la resta acumulativa de los gramos pasante en cada tamiz.

| Malla Tyler | Retenido Parcial (grs) | Pasante Acumulado (grs) |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| # 10        | 215,6                  | 574,1                   |
| # 20        | 210,3                  | 363,8                   |
| # 30        | 80,5                   | 283,3                   |

Se resta el retenido acumulado con el retenido parcial del tamiz siguiente:

$$PA \text{ (\#20)} = 574,1 - 210,3 = 363,8 \text{ g.}$$

$$PA \text{ (\#30)} = 363,8 - 80,5 = 283,3 \text{ g.}$$

Porcentaje retenido parcial (%RP):

$$\%RP = \frac{\text{peso retenido en cada malla}}{\text{peso total de la muestra seca}}$$

| Malla Tyler | Retenido Parcial (grs) | % Retenido Parcial |
|-------------|------------------------|--------------------|
| # 10        | 215,6                  | 21,56              |
| # 20        | 210,3                  | 21,03              |
| # 30        | 80,5                   | 8,05               |

$$\%RP = \frac{215,6 \text{ (grs)}}{1000 \text{ (grs)}} \times 100 = 21,56\%$$

Porcentaje retenido acumulado (%RA):

$$\%RA = \frac{\text{peso retenido en cada tamiz}}{\text{peso total de la muestra seca}}$$

| Malla Tyler | Retenido Acumulado (grs) | % Retenido Acumulado |
|-------------|--------------------------|----------------------|
| # 10        | 425,9                    | 42,59                |
| # 20        | 636,2                    | 63,62                |
| # 30        | 716,7                    | 71,67                |

$$\%RA = \frac{425,9 \text{ (grs)}}{1000 \text{ (grs)}} \times 100 = 42,59\%$$

Porcentaje Pasante Acumulado (%PA):

| Malla Tyler | Pasante Acumulado (grs) | % Retenido Acumulado |
|-------------|-------------------------|----------------------|
| # 10        | 574,1                   | 57,41                |
| # 20        | 363,8                   | 36,38                |
| # 30        | 283,3                   | 28,33                |

$$\%RA = \frac{574,1 \text{ (grs)}}{1000 \text{ (grs)}} \times 100 = 57,41\%$$

**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |

## Actividad N°10

### Operación Correas Transportadoras

#### Descripción de la actividad

La actividad consiste en identificar e indicar los componentes de una correa transportadora.

Esto se realizará en taller en compañía del instructor, donde se trabajará en una correa transportadora, donde evaluarán los riesgos de trabajar cerca de este equipo.

El participante deberá verificar condiciones operacionales en la correa transportadora para detectar parámetros de operación fuera de rango y corregirlas. Posteriormente el participante deberá anotar en una hoja de evaluación los componentes identificados en la correa transportadora del taller e indicará su función en la operación de la correa.

Los participantes además desarrollarán un informe corto que les permita preparar una exposición de su trabajo en el taller. La exposición debe ser realizada en forma grupal destacando tipo y componentes del sistema de transporte de sólidos.

Los participantes deben comprender la importancia de controlar las fuentes de energía que tengan relación directa o indirecta con el equipo en operación, que puedan lesionar a las personas.

#### Desarrollo

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán análisis de riesgos, para determinar los riesgos involucrados y los EPP necesarios para desarrollar la actividad.



## Elementos de Protección Personal Obligatorios

Los participantes inspeccionarán las medidas de seguridad asociadas a la actividad a desarrollar.



Identificarán el tipo de correa transportadora, sus componentes y expondrán sobre la función que cumplen según lo observado en taller.

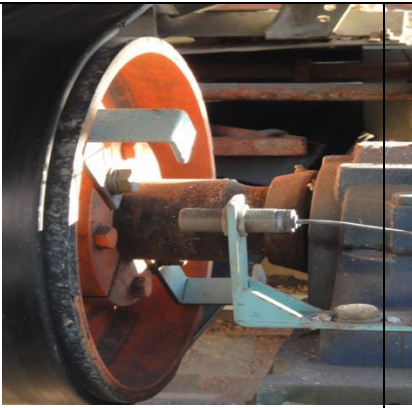
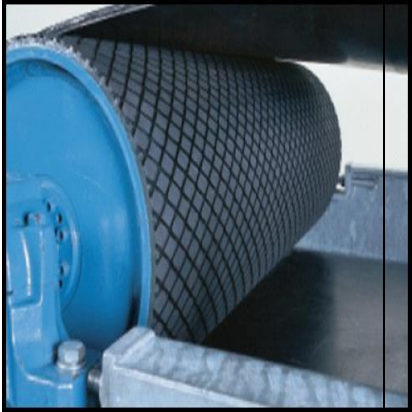

Describirán las características principales del equipo.

Determinarán focos de peligro durante la proceso de examinar la correa transportadora en movimiento.

En el sector asignado por el instructor, desarme un componente del sistema e intercambie información con la de los demás participantes.

Los participantes deberán llenar la tabla siguiente contestando detalladamente, de forma escrita las preguntas.

| Componente  | Nombre componente | Utilidad |
|---|-------------------|----------|
|   |                   |          |
|  |                   |          |

|  |  |  |
|--|--|--|
|   |  |  |
|   |  |  |
|  |  |  |



**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |

## **Actividad N°11**

### **Velocidad Crítica y Ajuste de Velocidad de Giro Molino**

#### **Descripción de la actividad**

Uno de los parámetros a controlar en la molienda es la velocidad de giro del molino. Los participantes determinarán experimentalmente este parámetro.

Deberán medir el diámetro del molino, para determinar la velocidad critica teórica.

En los molinos modernos, de transmisión de anillo sincrónico, donde la velocidad no se mantiene constante, es muy importante manejar la velocidad del molino para obtener una molienda eficiente.

Los participantes guiados por el instructor deberán determinar la variable velocidad en un molino de laboratorio.

El objetivo de la actividad es que el participante pueda calcular empíricamente y en forma práctica esta variable.

Los participantes deberán en terreno verificar condiciones operacionales en los molinos y equipos auxiliares para detectar parámetros de operación fuera de rango y corregirlas, entre estos las velocidades de giro del molino.

Junto con el instructor analizarán y compararán los datos de la velocidad crítica y los diferentes datos de velocidad determinado de forma empírica y los compararán con los datos tomados en forma práctica.



Molino de laboratorio y bolas de acero



Sistema motriz por rodillos

## Desarrollo

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgo, para determinar las medidas de control necesarios.



Elementos de protección personal obligatorios

Los participantes medirán el diámetro del molino e ingresarán este dato en la fórmula entregada por el instructor para determinar la velocidad crítica del molino.

Los participantes pesarán aproximadamente 1 kg de muestra ya preparada (100 – 10 # Tyler o 100 % - 12 # ASTM) y lo ingresarán en el molino (esto para eliminar nivel de ruido de la molienda).

Ingresarán al molino con bolas de acero a un 35% del volumen total y lo colocarán en el sistema de transmisión de rodillos, de acuerdo a lo enseñado por el instructor.

Determinarán la velocidad para un 70% de la velocidad crítica, ajustarán el contador de rpm en el sistema de control de los rodillos y darán partida. Contarán en 60 segundos los giros del molino.

Luego deberán calcular la velocidad para 80% de la velocidad crítica, ajustarán el nuevo dato y darán partida a los rodillos. Contarán en 60 segundos los giros del molino. Estos datos registrarlos en sus apuntes.

**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |

## Actividad N°12

### Molienda y Clasificación

#### Descripción de la Actividad

La siguiente actividad se divide en dos etapas en lo que concierne a los fundamentos del Proceso de Molienda: Molienda y Clasificación.

Los participantes realizarán un taller de molienda a un determinado porcentaje de sólidos. Para efectuar la molienda primero deberán realizar análisis granulométrico a una muestra representativa del lote de muestra mineral de alimentación, seleccionado por método de cono y cuarteo o por muestreador de riffle.

Los participantes deberán verificar condiciones operacionales en los molinos Sag, Convencionales y equipos auxiliares, para detectar en terreno parámetros de operación fuera de rango y corregirlas, según estándares y procedimientos.

Con los datos obtenidos en los análisis granulométricos determinarán el F80 y P80 y, además deberán calcular la razón de reducción R80.

El instructor deberá analizar con los participantes sobre los resultados obtenidos en los análisis granulométrico y las consideraciones que pudieron haber afectados en la experiencia.



Molino de bolas de taller

## Desarrollo

Antes de ingresar al taller, los participantes realizarán un análisis de riesgo, para determinar los EPP necesarios.



Elementos de protección personal obligatorios

Para realizar el taller se deberán realizar lo siguiente:

- Conocer la distribución granulométrica de alimentación al molino, para ello obtener una muestra representativa por método de cuarteo y realizar análisis granulométrico.
- Se pesará 1 kg de muestra representativa de mineral.
- La molienda se realizará con 60% sólidos en interior molino.
- El % de nivel de llenado de carga deberá ser 45% del volumen del molino.
- Los participantes deberán determinar la carga de bolas de molienda.

La carga de bolas se determina con la siguiente fórmula:

$$Mb = \left[ (Vm \times Vu) - \left( \frac{m_s}{\rho_s} + m_s \times \frac{D}{\rho_l} \right) \right] \times \rho_{ap} \text{ (Gramos)}$$

Dónde:

$M_b$ : Masa de bolas (g)

$V_m$ : Volumen del molino (cc)

$V_u$ : Fracción del volumen del molino ocupado por la carga de molienda (bola más pulpa): 45%

$m_s$ : Masa de sólido (g): 1000 g

$\rho_s$ : Densidad de sólido (g/cc)

$D$ : Dilución

$\rho_l$ : Densidad del líquido

$\rho_{ap}$ : Densidad aparente de los medios de molienda (4,5 g/cc para las bolas de acero).

Se trabajará con un 75% de la velocidad crítica, para asegurarnos que ocurra el efecto de catarata en el molino, ajustando las rpm calculadas en el contador de rpm del sistema de rodillos.

Se deberá determinar el volumen de agua para ingresar al molino para una molienda con 60% de sólido.

Se calcula la cantidad de agua a agregar en el molino con la siguiente fórmula

$$V_l = \left[ \left( \frac{m_s}{X} - m_s \right) \right] / \rho_l \text{ (cc)}$$

Dónde:

$V_l$ : Volumen del líquido (cc)

$X$ : Fracción en peso del sólido (% sólido/100).

$m_s$ : Masa de sólido (g)

Se realizará la molienda para  $t = 30$  minutos.

Una vez concluida la molienda se secará el sólido producto de la molienda en un horno a no más de 100 °C (en bandejas metálicas).

Una vez seca la muestra, se disgrega suavemente el material aglomerado y se le realizará análisis granulométrico con la misma serie de tamices empleada en la alimentación.

Los participantes completarán las tablas de los análisis granulométricos y los gráficos correspondientes a la alimentación y descarga molino.

| Malla<br>N° | Abertura de la<br>malla<br>mm | Retenido<br>parcial<br>gr | Retenido<br>parcial<br>% | Retenido<br>acumulado<br>% | Pasante<br>acumulado<br>% |
|-------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |
|             |                               |                           |                          |                            |                           |

Tabla de análisis granulométrico

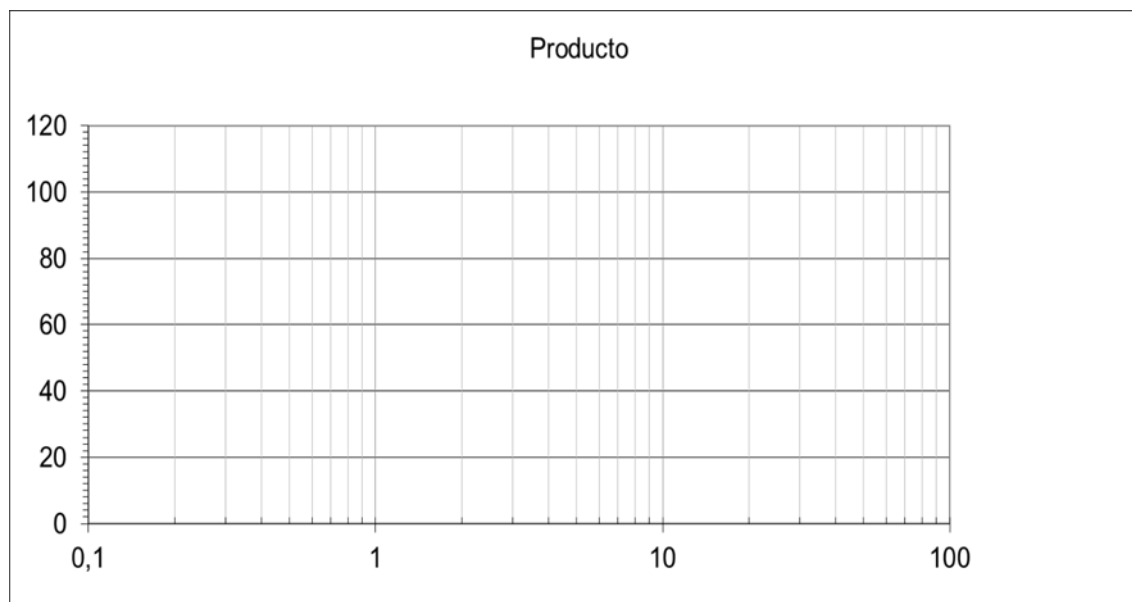


Tabla semi-log



Para realizar los cálculos y llenar la tabla de análisis granulométrico, deberán guiarse por los siguientes ejemplos de cálculos:

Retenido Acumulado (RA): es la suma acumulativa de los gramos retenidos en cada tamiz.

Ejemplo:

| Malla Tyler | Retenido Parcial (grs) | Retenido Acumulado (grs) |
|-------------|------------------------|--------------------------|
| # 10        | 215,6                  | 425,9                    |
| # 20        | 210,3                  | 636,2                    |
| # 30        | 80,5                   | 716,7                    |

Se suma el retenido acumulado con el retenido parcial del tamiz siguiente:

$$RA (\#20) = 425,9 + 210,3 = 636,2 \text{ g.}$$

$$RA (\#30) = 636,2 + 80,5 = 716,7 \text{ g.}$$

Pasante Acumulado (PA): es la resta acumulativa de los gramos pasante en cada tamiz.

| Malla Tyler | Retenido Parcial (grs) | Pasante Acumulado (grs) |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| # 10        | 215,6                  | 574,1                   |
| # 20        | 210,3                  | 363,8                   |
| # 30        | 80,5                   | 283,3                   |

Se resta el retenido acumulado con el retenido parcial del tamiz siguiente:

$$PA (\#20) = 574,1 - 210,3 = 363,8 \text{ g.}$$

$$PA (\#30) = 363,8 - 80,5 = 283,3 \text{ g.}$$

Porcentaje retenido parcial (%RP):

$$\%RP = \frac{\text{peso retenido en cada malla}}{\text{peso total de la muestra seca}}$$

| Malla Tyler | Retenido Parcial (grs) | % Retenido Parcial |
|-------------|------------------------|--------------------|
| # 10        | 215,6                  | 21,56              |
| # 20        | 210,3                  | 21,03              |
| # 30        | 80,5                   | 8,05               |

$$\%RP = \frac{215,6 \text{ (grs)}}{1000 \text{ (grs)}} \times 100 = 21,56\%$$

Porcentaje retenido acumulado (%RA):

$$\%RA = \frac{\text{peso retenido en cada tamiz}}{\text{peso total de la muestra seca}}$$

| Malla Tyler | Retenido Acumulado (grs) | % Retenido Acumulado |
|-------------|--------------------------|----------------------|
| # 10        | 425,9                    | 42,59                |
| # 20        | 636,2                    | 63,62                |
| # 30        | 716,7                    | 71,67                |

$$\%RA = \frac{425,9 \text{ (grs)}}{1000 \text{ (grs)}} \times 100 = 42,59\%$$

Porcentaje Pasante Acumulado (%PA):

| Malla Tyler | Pasante Acumulado (grs) | % Retenido Acumulado |
|-------------|-------------------------|----------------------|
| # 10        | 574,1                   | 57,41                |
| # 20        | 363,8                   | 36,38                |
| # 30        | 283,3                   | 28,33                |

$$\%RA = \frac{574,1 \text{ (grs)}}{1000 \text{ (grs)}} \times 100 = 57,41\%$$

**Notas:**

|  |
|--|
|  |
|--|

| Nombre del Instructor | Fecha de la actividad | Firma |
|-----------------------|-----------------------|-------|
|                       |                       |       |
| Observaciones         |                       |       |
|                       |                       |       |



Consejo Minero  
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.  
Teléfono: (562) 2347 2200  
[www.ccm.cl](http://www.ccm.cl)

