



---

# Cuaderno del Instructor

## Asistente de Geología y Sondaje

### Módulo II: Conceptos Básicos

PFPSO-2-01/v.2 [PE01-M02/v.1]

---

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  
Ignacio Riffo C., Consultor Senior.  
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos

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

## Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material ha sido realizado por el Centro de Innovación en Capital Humano de Fundación Chile - Innovum, con la colaboración técnica del Centro de Entrenamiento Industrial y Minero - CEIM, para el Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero - del cual pasa a ser propiedad -.

Este 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 los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación 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 CITANDO LA FUENTE.

© Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; Freeport-McMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

## Índice

Descripción del documento.....	5
Módulo II: Conceptos Básicos.....	6
1. Introducción a la exploración y sondaje.....	7
1.1. Funciones del ayudante de sondaje .....	8
1.2. Introducción al proceso de exploración y sondaje .....	8
Actividad N° 1.....	10
2. Ciencias básicas aplicadas .....	16
2.1. Nociones de Geología .....	16
2.2. Sistema de unidades y conversiones .....	31
2.3. Equipos de medición: Huincha métrica, instrumentos de medición y balanzas ...	37
2.4. Introducción a las Bombas Centrífugas .....	41
2.5. Nociones de neumática .....	45
Actividad N° 2.....	72



## Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del modulo 2 del programa de formación de Asistente de Geología y Sondaje.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

**Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.**

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos:

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento “Instrumento de evaluación de proceso”.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

## Módulo II: Conceptos Básicos

## 1. Introducción a la exploración y sondaje

La exploración geológica y el sondaje minero busca identificar la presencia de minerales; tipo, calidad y cantidad estimada de los mismos en áreas de exploración. Para el desarrollo de las actividades se requiere el uso de equipos especializados y la participación de disciplinas como geología, geofísica, topografía y perforación, entre otras. Por medio de estas disciplinas, se pueden identificar grandes concentraciones de minerales de mena (sulfuros, óxidos), dando pie a la conformación de proyectos de extracción, los cuales pueden tomar la forma de faenas mineras a rajos abiertos o subterráneos. Las actividades implicadas en este proceso se realizan de manera continua y con gran planificación, permitiendo mantener el control del mineral presente en las faenas mineras y proveer información al modelo geológico del yacimiento; aportando valiosa información para la toma de decisiones y convirtiéndose en procesos esenciales para el negocio.

La perforación o sondaje constituye la culminación del proceso de exploración de minerales, que busca proporcionar la mayor parte de la información para la evaluación final de un prospecto y en última instancia, determinará si el prospecto es explotable económicamente. Los análisis químicos de las muestras de testigos de sondajes son la base para determinar la ley media del depósito de mineral. El cuidadoso registro de las muestras de testigos de sondajes ayuda a delinear la geometría, el cálculo del volumen de mineral y proporciona importantes datos estructurales. Los dos principales tipos de perforación son de diamantina (DDH) y los de aire reverso o circulación inversa (RC).

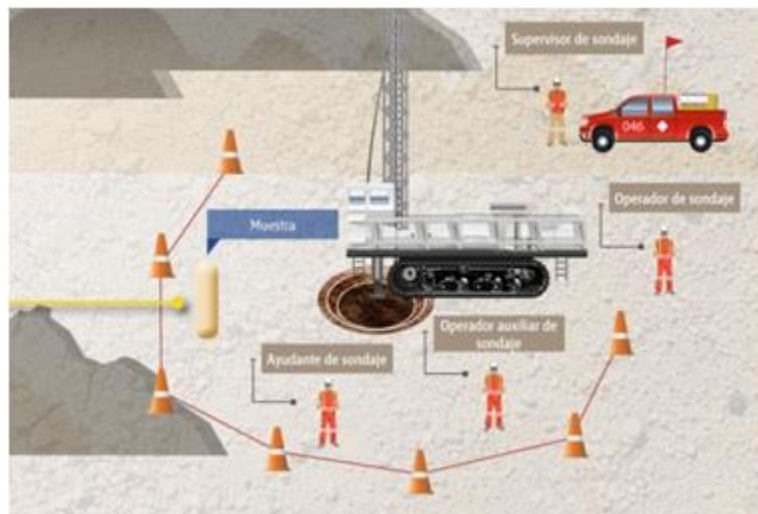


Figura 1

### 1.1. Funciones del ayudante de sondaje

El ayudante de sondaje desarrollará funciones que incluyen; apoyar en la preparación del área de sondaje, apoyar al operador de sondaje en la actividad de perforación, recepcionar testigos (muestras), y mantener en buen estado las herramientas de sondaje. Durante el desarrollo de las funciones debe mantener una efectiva comunicación con los operadores, así como respetar y cumplir los procedimientos además de las normas técnicas y de seguridad de la organización.

Entre las actividades principales se encuentra:

*Preparar herramientas y área para realizar el sondeo:* Utilizando los EPP durante las labores de preparación de área y recursos de perforación, identificando e informando potenciales irregularidades o desperfectos que puedan representar un riesgo para las personas, equipos y medio ambiente, chequeando la disponibilidad de implementos necesarios para cada operación, entre otros.

*Apoyar perforación y recepcionar muestras:* Realizando las actividades de apoyo de perforación, de acuerdo a procedimientos y normas de seguridad, en función de los requerimientos operacionales y plazos definidos; apoyando la instalación y desinstalación de herramientas de sondaje, preparando lodo de perforación, recepcionando y manipulando testigos (muestras, cutting), entre otros.

### 1.2. Introducción al proceso de exploración y sondaje

Para transformar un depósito de minerales en un yacimiento y operar como una Mina, se requieren una serie de etapas que necesitan de una fuerte inversión de recursos, tiempo, conocimientos técnicos y esfuerzo de un gran equipo humano.

Estas etapas se pueden resumir en:

- Prospección.
- Exploración.
- Evaluación del Proyecto.
- Construcción.
- Producción o explotación.
- Término.

El objetivo de la etapa de *Exploración* es lograr un conocimiento detallado del depósito de mineral descubierto en la fase de prospección, limitándolo a un área restringida, que permita delinear las dimensiones exactas y el enriquecimiento del depósito mineral, es decir el valor del depósito.



Las técnicas más utilizadas, y que se revisarán más adelante son:

- Sondajes por Diamantina.
- Sondajes por Aire Reverso.

La fase de exploración genera un modelo geológico y un modelo de recursos del depósito. En esta etapa se debe realizar un estudio de pre-factibilidad para tomar la decisión de seguir o no, adelante con el proyecto. Si el estudio de pre-factibilidad es positivo, se puede decir que se está en presencia de un yacimiento, es decir, de una formación en la que está presente una concentración o depósito excepcional de minerales que permite que su explotación desarrolle actividades mineras.



**Figura 2**  
**Exploración y sondaje**

## Actividad N° 1

### Objetivo

#### Introducción a la exploración y sondeo: Elementos de Protección Personal (EPP)

#### Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Recurso plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

### Objetivos de aprendizaje

- Identificar principales 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.

## **Materiales y recursos**

Se recomienda que la institución de formación adquiera los siguientes elementos para ser utilizados en el aula o talleres prácticos:

- Zapatos de seguridad.
- Overol con cintas reflectantes.
- Chaleco de geólogo.
- Cubrenuca.
- Guantes.
- Guantes de cabritilla.
- Guantes de goma.
- Respirador con filtros.
- Lentes de seguridad (claros y oscuros).
- Casco con protectores auditivos.

## **Desarrollo**


Los elementos de protección personal deberán estar sin nombres con la finalidad de aprender a reconocerlos mediante la observación de sus características. De no tener los elementos solicitados se podrán usar las fotografías contenidas en el material didáctico como Figuras referenciales.



El instructor podrá realizar esta actividad en grupos, en pares o de manera individual. 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 sin consultar sus cuadernos del participante.

El participante deberá considerar sus principales características, su clasificación y los riesgos o peligros con que se asocia. A modo de recordatorio para el instructor, las clasificaciones de los EPP son: protección para la cabeza, oídos, ojos y cara, vías respiratorias, manos y brazos, tronco y abdomen, pies y piernas, piel y total de cuerpo.

Una vez completada la actividad los participantes podrán compartir sus resultados con el resto del curso y comparar las respuestas. El instructor podrá crear condiciones para tener una discusión en clases y entregará las respuestas correctas al final de la actividad.

## Repuestas para el Instructor:

Elemento de seguridad	¿Qué es?	¿Para qué sirve? (qué parte del cuerpo protege, qué riesgos se asocian a su uso).
	<p>Zapatos de seguridad</p>	<p>El calzado es parte importante de la indumentaria de protección personal y es utilizada para proteger los pies.</p> <p>Entre los riesgos que previene el calzado de seguridad industrial se encuentran:</p> <p>Acciones mecánicas. Como caída de objetos, impacto sobre el talón, caminar sobre objetos puntiagudos o punzocortantes. El calzado debe tener resistencia en la punta, el tacón debe tener capacidad para absorber energía, la suela debe tener resistencia al deslizamiento y a la perforación.</p> <p>Acciones eléctricas y térmicas. Baja, media y alta tensión, además, frío y calor. Se debe elegir un zapato con aislamiento eléctrico, conductibilidad eléctrica, también con aislamiento térmico.</p> <p>Acciones químicas. Proyección o líquidos agresivos, proyección de metales en fusión. Debe elegirse un calzado con resistencia y estanquidad.</p>

Elemento de seguridad	¿Qué es?	¿Para qué sirve? (qué parte del cuerpo protege, que riesgos se asocian a su uso).
	Overol con cintas reflectantes	<p>Para protección del cuerpo en áreas de trabajo de la industria minera. Brinda protección para evitar la penetración de agentes peligrosos al cuerpo (salpicaduras químicas, polvo, chispas, etc.), bajo condiciones de humedad y calor.</p> <p>Con cintas reflectantes para lograr una alta visibilidad</p>
	Chaleco tipo geólogo	<p>Para protección de dorso y abdomen en ambientes exteriores e interiores, con cintas reflectantes para mantenerse visible durante la noche o en ambientes oscuros. Tiene bolsillos funcionales (radio, lápices, herramientas pequeñas).</p>
	Cubrenuca	<p>Para protección de los rayos solares y el frío de la parte posterior de la cabeza (nuca) y parte del rostro, adosable al casco.</p>
	Guantes	<p>Protegen los dedos, las manos y en ocasiones las muñecas y antebrazos contra los riesgos de: cortes, abrasiones, laceraciones y otras lesiones.</p>



Elemento de seguridad	¿Qué es?	¿Para qué sirve? (qué parte del cuerpo protege, que riesgos se asocian a su uso).
	Guantes de cabritilla	Para uso en labores con bajo nivel de riesgo de abrasión y cortes. Mayor resistencia a la abrasión siendo un cuero altamente recomendado para aplicaciones que requieran sensibilidad táctil ideal para operadores de maquinaria, operadores de camiones tanques y tractores de remolque, trabajos de servicios públicos y electricistas.
	Guantes de goma	Protegen las manos de cortes, la abrasión y son resistentes a la perforación. Tienen capacidad de agarre y se utiliza ampliamente en la industria minera para las actividades de mantenimiento en general y el manejo de materiales.
	Respirador con filtros	<p>Cubre la boca y nariz del trabajador y llevan acoplado uno o más elementos filtrantes en forma de cartucho cilindro que retienen el contaminante disperso en el aire, al ser inhalado por el trabajador.</p> <p>Su uso efectivo está condicionado a la hermeticidad entre la máscara y la piel del trabajador. El elemento filtrante debe ser seleccionado de acuerdo al contaminante (polvos, humos, productos químicos en estado de vapores o gases). No son intercambiables.</p>

## Cierre

El instructor deberá explicar que es importante siempre llevar consigo todo los elementos de protección personal aunque no se está usando en todo momento. Hay que respetar las normas de seguridad y las vías habilitadas. Siempre fijarse en la señalética y hay que conocer la zona de seguridad en caso de distintas emergencias.

Se debe conocer los equipos de sondaje (máquinas), las condiciones de trabajo y es muy importante que los ayudantes de sondaje sigan las instrucciones entregadas por el operador, lo que significa que no pueden tomar sus propias decisiones, ni actuar por iniciativa propia, pero sí se debe conocer muy bien los riesgos asociados a la actividad y tener conciencia de autocuidado.

## 2. Ciencias básicas aplicadas

### 2.1. Nociones de Geología

Se conoce como Geología a la ciencia que estudia los cambios sucesivos que han operado en los reinos orgánicos e inorgánicos en la naturaleza, los procesos geológicos y sus efectos.

En la actualidad la geología tiene una importancia fundamental en la exploración de yacimientos minerales, minería, hidrocarburos, gas natural y petróleo, así como la evaluación de recursos hídricos subterráneos.

Es tarea de la Geología y, dentro de ella, de la Exploración, la de ubicar los minerales requeridos por las distintas demandas, teniendo en consideración que los recursos minerales no son renovables, y se agotan con facilidad.

#### Algunas áreas de la Geología:

Especialidad	Área de Estudio
Edafología	Suelos
Estratigrafía	Sedimentos y rocas sedimentadas
Geofísica	Interior de la Tierra y Terremotos
Geología Ambiental	Medio Ambiente
Geología del Carbón	Rocas carbonosas
Geología Económica	Recursos minerales y energéticos
Geología Estructural	Deformación de las rocas
Geología del Petróleo	Hidrocarburos sólidos, líquidos y gaseosos
Geología Regional	Rasgos geológicos generales de una región dada
Geoquímica	Química de la Tierra
Hidrogeología	Recursos acuíferos
Mineralogía	Mineralogía
Oceanografía	Océanos
Petrología	Rocas y su génesis

En Chile, los últimos 30 años comienza a desarrollarse la Geología Aplicada a la Ingeniería, a propósito del riesgo permanente al que las obras civiles están sometidas por la frecuente actividad sísmica, volcánica y los procesos de remoción en masa asociados, que afectan la vida, seguridad, y bienes de las personas. Esta disciplina, según lo señala el Colegio de Geólogos, se orienta al conocimiento y resolución de los problemas

tecnológicos previos y necesarios para el uso y conservación del medio geológico, en las distintas industrias, considerando el desarrollo urbano y energético del país.

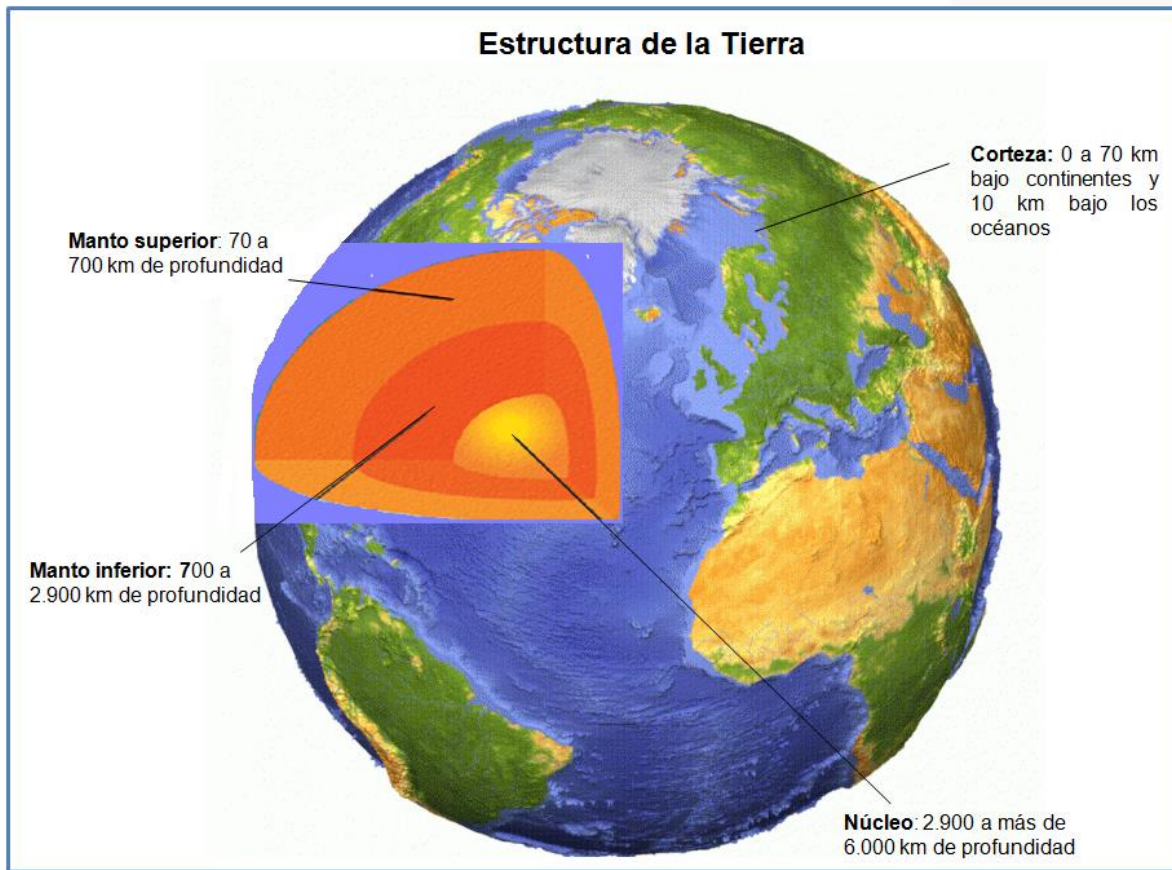
Las ciencias geológicas proporcionan entonces, la información fundamental para identificar, desarrollar y agregar valor al estudio y la explotación de los recursos minerales, a través de la entrega oportuna de información, aportando conocimiento de las variables naturales relevantes y los criterios técnicos que pueden generar impacto negativo. La geología reproduce un modelo del terreno, necesario para definir los lugares y las propiedades de los minerales que serán utilizados más adelante.

### **Geología de la Tierra:**

A nivel teórico es necesario comprender el contexto de estudio de la Geología: La Tierra. Probablemente en sus inicios, la Tierra era una mezcla homogénea sin continentes y sin océanos. Mediante el proceso de diferenciación, los elementos más livianos subieron hacia la superficie y formaron la corteza, mientras que el hierro y el níquel bajaron hacia al centro. La Tierra se estima se formó hace 4.650 millones de años y las rocas más antiguas marcan una edad de 3.750 millones en Océanos y Continentes.

Hoy día la Tierra está construida por zonas:

- Radio polo a polo: 6.357 kilómetros.
- Radio ecuatorial: 6.378 kilómetros.
- La forma de la tierra corresponde a un elipsoide de rotación.
- Volumen:  $1,083 \times 10^{12}$  km<sup>3</sup>.
- Masa:  $6 \times 10^{21}$  ton.
- Peso específico promedio (densidad): 5,517 g/cm<sup>3</sup>.
- Edad: 4,65 mil millones de años.
- Rocas más antiguas: 3,75 mil millones de años.



**Figura 3**

La geología es también la ciencia de la litósfera y sus relaciones con las otras tres capas de la tierra: atmósfera, hidrósfera, biósfera y litósfera.

- **Atmósfera:** Relacionada con los gases que envuelven la tierra.
- **Hidrósfera:** Relacionada con toda el agua en, sobre o por encima de la superficie terrestre, es decir, océanos, ríos, lagos, agua subterránea y lluvia.
- **Biósfera.** Parte del mundo en la cual están presentes los seres vivos, corresponde a la superficie de la tierra, el suelo, los mares y el aire.
- **Litósfera:** Parte sólida exterior de la tierra.

### **Conceptos Básicos en Geología:**

**Corteza:** Es la parte más superficial de la Tierra y se clasifica en:

- La *corteza continental* que, como su nombre lo indica, forma los continentes. Tiene en promedio entre 30 y 40 km de espesor.



- La *corteza oceánica* es la parte de la corteza terrestre que da forma al océano, y su estructura es bastante uniforme en las diferentes cuencas del océano, con un espesor medio de unos 7 km.

*Litósfera:* Engloba a la corteza terrestre (tanto a la continental como a la oceánica), y a una pequeña parte del manto superior. Se puede decir que es la parte rígida y externa que se apoya sobre la siguiente capa del manto que es fluida o semi-fluida. La litósfera llega hasta una profundidad de unos 100 km.

*Manto:* Es la capa que se encuentra inmediatamente bajo la corteza. El manto llega hasta los 2.950 km de profundidad.

*Núcleo:* A los 2.950 km de profundidad existe una fuerte discontinuidad entre capas, llamada de Gutenberg o fundamental, que separa el manto inferior del núcleo externo. Al pasar del manto inferior al núcleo externo se identifica material líquido, hasta el km 5.150 de profundidad, donde se encuentra una segunda discontinuidad llamada de Lehmann, la que es sólida y llega hasta el centro de la Tierra (situado a 6.371 km de profundidad).

Por otra parte, los principales constituyentes de las rocas de la corteza terrestre son *los minerales*; se trata de sustancias sólidas, naturales y homogéneas en su composición, que cuenta con una química y disposición atómica definida, fruto de procesos inorgánicos.

### **Sobre los minerales:**

Desde un punto de vista geológico, se distinguen minerales y rocas, sin embargo, designan realidades muy diferentes.

***Mineral:*** Es un elemento o compuesto inorgánico de ocurrencia natural, con estructura interna ordenada, de composición química, forma cristalina y propiedades físicas definidas, constituidos por materiales sólidos e inorgánicos, que se forman a partir de magma o de la alteración de minerales ya existentes.

***Propiedades de los minerales:*** Permiten diferenciarlos, facilitando su reconocimiento, composición y utilidad sin necesidad de realizar análisis químicos. Los minerales, como sustancias puras, presentan propiedades medibles y constantes. En general, un par de propiedades permiten identificar un mineral, aunque algunas varían entre diferentes muestras.

Las propiedades físicas más importantes son la densidad, las propiedades magnéticas, las propiedades eléctricas y la forma o hábito. Son fundamentales para su identificación y

algunas pueden determinarse mediante inspección ocular o mediante ensayos muy simples. Todas las características de los minerales dependen de su composición química y estructura, en la que ejercen una gran influencia los contaminantes, mezclas y defectos estructurales que posea cada tipo.

### Características de los minerales

Una sustancia para ser considerada un mineral debe poseer las siguientes características:

- Sólido.
- Estructura interna ordenada.
- Composición química definida. (Varía sólo dentro de estrechos límites)
- Inorgánico.
- Natural.

Según el tipo de mineral, también hay clasificaciones:

1. *Metalíferos*: Son formados a partir del magma, son mena de metales. Algunos ejemplos de minerales metalíferos son el cobre y plata nativos, oligisto, limonita, magnetita, pirita, calcopirita, malaquita, entre otros.
2. *No metalíferos*, hay dos tipos:
  - *Silicatos*, su componente principal es el sílice. Se forman a partir del magma que sube desde la Astenósfera. Algunos ejemplos son: olivino, almadía, augita, cuarzo, hornablenda, talco, biotita, arcillita, entre otros.
  - *Sales minerales*: son formados a partir de la re-cristalización de otros minerales y de sales que precipitan cuando se evapora el agua de mares y océanos. Ejemplos de minerales formados por precipitación: calcita, magnesita, halita, silvina, yeso, entre otros.
3. *Nativos no metales, carbonatos y haluros*: Son formados a partir del magma o por re-cristalización, algunos ejemplos son: azufre, grafito, calcita, entre otros.

### Minerales Metalíferos

Calcopirita	Pirita	Malaquita- Azurita
		

### Minerales No Metalíferos




Cuarzo	Mica	Ortosa
		

Figura 4

### Nativos No Metales, Carbonatos y Haluros




Azufre	Calcita	Grafito
		

Figura 5

Los minerales se clasifican también atendiendo a su composición química. Aunque son muchos grupos, los silicatos constituyen la mayor parte de las rocas terrestres.

Según su composición química:

1. Elementos nativos: formados por un solo elemento químico, por ejemplo, el oro, la plata, el platino, el azufre, el diamante y el grafito.
2. Halogenuros: son sales como la halita, que es la sal que utilizamos en los alimentos. Otras sales son, por ejemplo, la silvina y la fluorita.
3. Óxidos: se combinan metales con oxígeno, por ejemplo, la magnetita y hematites (óxidos de hierro), y corindón (de aluminio).
4. Sulfuros: son combinaciones de azufre y un metal, como la piritita (de hierro), la galena (de plomo) o el cinabrio (de mercurio).
5. Carbonatos: son minerales como calcita y dolomita que forman las rocas carbonatadas.
6. Sulfatos: el más abundante es el yeso. Otros sulfatos son por ejemplo, la anhidrita y la baritina.
7. Silicatos: son los minerales más abundantes, entre ellos estacan el cuarzo, los feldespatos, las micas (moscovita y biotita), el olivino y los granates.

**Roca:** Es un agregado compuesto por uno o más tipos de partículas minerales, que se forma como consecuencia de un proceso geológico. Existen rocas como la caliza o el mármol que están formadas por un solo tipo de mineral, en este caso se habla de rocas *monominerales*. Sin embargo, lo más frecuentemente es que las rocas estén formadas por varios minerales.

La composición y la disposición de los minerales (su textura) son determinantes para identificarlas y se originan en uno de estos tres procesos:


- Cristalización: surgidas del magma.
- Recristalización: rocas transformadas.
- Sedimentación: rocas estratificadas.

Se clasifican según el proceso que las originó en tres tipos:

1. **Magmáticas o Ígneas:** Se forman a partir del enfriamiento del magma que procede del interior de la Tierra. El magma puede enfriarse tanto dentro como fuera de la corteza terrestre, lo que genera rocas con diferentes texturas.
  - Granulada: Se obtiene cuando el magma se enfría lentamente, y cada mineral cristaliza formando granos visibles con tamaños similares.
  - Porfídica: Se observa cuando el magma se enfría lentamente primero y luego con más rapidez.

- Vítrea o porosa: Se obtiene cuando el magma se enfría con gran rapidez, y queda una masa amorfa, a veces con aspecto vidrioso.
2. **Sedimentarias:** Se constituyen a partir de materiales que proceden de la erosión de otras rocas. Estos materiales son transportados y depositados en el fondo de ríos o mares en capas, que una vez sedimentados, sufren un proceso de litificación o diagénesis. Este proceso consiste en la compactación o cambio de volumen y la cementación de los sedimentos de materiales hasta formar la roca.
  3. **Metamórficas:** Se forman a partir de otras rocas (sedimentarias, en general), cuando sufren procesos de transformación química producidos por la acción de agentes geológicos externos tales como; presión, temperatura o la combinación de ambos. El tipo de roca depende del mineral y del grado de transformación que ha soportado.

#### Rocas Magmáticas

Granulada	Porfídica	Porosa
		

#### Rocas Sedimentarias




Conglomerados	Arcilla	Areniscas
		

Figura 6



### Rocas Metamórficas




Esquisto	Marmol	Pizarra
		

Figura 7

Las rocas no son permanentes sino que están en constante cambio y evolución, formando parte del llamado *ciclo de las rocas*.

### Extracción y uso de minerales y de rocas

Los minerales y rocas proporcionan la mayoría de los materiales que usamos, y han sido una búsqueda permanente en la vida de las sociedades. Son utilizados en la construcción de viviendas y en la fabricación de insumos como; pinturas, vidrios y objetos utilizados en joyería. Los más usados son aquellos minerales que se obtienen de metales, y las rocas que se usan para la construcción de edificios.

La extracción de minerales y de rocas se realiza en minas y canteras, algunas veces a cielo abierto y otras en el subsuelo, siguiendo vetas de minerales.

Los minerales de interés para la explotación son asociados a procesos y ambientes geológicos específicos y de ocurrencia natural.

Un depósito mineral o yacimiento es una zona o cuerpo de concentración de recursos minerales. Los depósitos minerales son producto de procesos geológicos concentradores, endógenos o exógenos, a los cuales se asocia fraccionamiento geoquímico. Entre estos destacan; magmáticos, magmáticos hidrotermales, hidrotermales, volcanogénicos exhalativos, sedimentario exhalativos, metamórficos y sedimentarios. Para que se genere un depósito mineral se requiere de un origen de los elementos y de una serie de procesos que conduzcan a la concentración de ellos. Estos procesos pueden ser variados, dependiendo del tipo de depósito, y su comprensión es de vital importancia para la determinación de criterios de exploración.

Una Mina, en cambio, es un yacimiento en el cual es posible realizar la extracción de un mineral o elemento con un beneficio económico. Los recursos naturales que tiene la corteza terrestre tales como; rocas, minerales y combustibles fósiles, requieren varios tipos de métodos de minería. Los más comunes son:

1. A cielo abierto (rajo abierto): Consiste en llevar los minerales desde un gran hoyo en el suelo y se utilizan para la extracción de minerales de la tierra, arena y grava. El granito, por ejemplo, puede provenir de una cantera que se utilizará para mesadas y otras aplicaciones domésticas. Este tipo de minería es rentable si los minerales o rocas están cerca de la superficie o si la minería subterránea no es factible.
2. Extracción por banda: Los minerales que se desean extraer se encuentran bajo una capa de rocas y suelo llamado sobrecarga.
3. Extracción de la cima de la montaña: Literalmente quita la parte superior de una montaña para llegar al mineral necesario. Es común su utilización en la minería del carbón. Los explosivos se detonan para eliminar la sobrecarga y dejar que el equipo alcance la capa de mineral que está varios cientos de metros por debajo de la superficie. Es un método

## Óxidos y Sulfuros

Los sulfuros son minerales que combinan azufre y uno o dos metales. Ej. La calcopirita tiene cobre, hierro y azufre. La pirita es sólo hierro y azufre.

La galena es plomo y azufre. El oro no tiene combinación con azufre, o sea, en la naturaleza no se forma un sulfuro de oro.

Los sulfuros son los minerales metálicos más abundantes en los yacimientos de cobre chilenos; por ejemplo, el cobre se presenta sulfurado tanto como el mineral calcosina, y como la calcopirita. Las reservas de los yacimientos están en roca mineralizada con sulfuros de cobre, en pequeñas pecas o vetillas, constituyendo el 2 a 3 % del total del peso de la roca, y aportando cobre que suele dar una ley pura del metal de 1 % o 0.8% cobre. El resto es roca. La zona de los sulfuros se llama zona hipógena.

El azufre de los sulfuros también, a veces, suele ir acompañado con pequeñas cantidades de arsénico, formando otro mineral de la clase sulfuro, un sulfoarseniuro de cobre (enargita) que fue la forma de presentarse en la mina de oro y cobre El Indio. Aquí el arsénico es un contaminante. El azufre también lo es, y solo se separa del cobre en la fundición, donde sale por chimeneas y es captado para fabricar ácido sulfúrico de uso industrial.

Cuando se forma un depósito mineral o yacimiento, como un gran cuerpo o una veta, en la roca de la corteza terrestre, o sea bajo el desierto o cordillera, se mineraliza con sulfuros metálicos principalmente. Este yacimiento se formó, por decir, a 4 kms abajo de la superficie, y hará unos 35 millones de años atrás (Chuquicamata) o 5 millones (Pelambres). Son procesos volcánicos magmáticos profundos, donde interviene agua muy caliente que transporta metales y forma minerales y deposita sulfuros en roca alterada. Con el paso del tiempo la superficie antigua se erosiona, se desgasta, baja de nivel y el yacimiento de cobre queda aflorando en la superficie actual. Ahora se infiltra agua, de las lluvias, hacia abajo.

Proceso lento que oxida los minerales. Los sulfuros se transformaron en sulfatos y también en carbonatos. Forman la nueva zona de minerales oxidados del yacimiento de cobre (de color verde) en su parte superior. Suelen tener 100 a 200 metros de espesor (zona supérgena). Bajo ella está aún la zona de sulfuros que no alcanzó a oxidarse (zona hipógena).

En el caso de yacimientos de mineral de hierro, este se presenta en forma masiva, como magnetita o hematita, dos tipos de óxidos de hierro, materia prima para fabricar hierro metálico y acero.

Entre los minerales no metálicos destacan el yeso (sulfato de calcio) y la calcita (carbonato de calcio) y la apatita (fosfato de calcio).

Los silicatos son los minerales (no metálicos) que forman todas las rocas de la corteza terrestre; por eso son los minerales más abundantes que los típicos de los yacimientos metálicos. Son compuestos de silicatos complejos de calcio, potasio o sodio, con aluminio, y a veces además con hierro y magnesio. Los nombres son los feldespatos, micas, anfíbolos, piroxenos, etc. A veces se incluye el cuarzo, aunque es solo un óxido de silicio, SiO<sub>2</sub> (silice)-.

También existen yacimientos superficiales o depósitos en el Desierto de Atacama, como es la sal común (cloruro de sodio) o el salitre (nitrato de sodio).

El carbón de las minas chilenas de Lota, y otras de Arauco, no es un mineral. Puede ser clasificado como materia fósil combustible.

### **Yacimientos Minerales**

Los cuerpos o más de minerales o de roca mineralizada, tienen diferentes formas desarrolladas en el interior de las rocas de los cerros.

#### **a) Vetas**

Son cuerpo en forma de tabla (tabular) y de posición general vertical o inclinada. Su ancho puede variar de 10 centímetros (veneros de cuarzo con oro) a vetas de dos, cinco, diez o

más metros de ancho o potencia. Tienen largos de centenares de metros y profundidades de cien a mil metros en muchos casos.

El relleno de la veta pueden ser minerales puros diferente a la roca de caja. Por ejemplo, cuarzo, calcita, pirita, calcopirita. Otras veces es una mezcla de minerales con inclusiones de roca.

#### **b) Mantos**

Son capas de roca, de posición horizontal o inclinada, que tiene un relleno, en pocas o fracturas, de minerales metálicos. La mena que se extrae es casi siempre una mezcla de roca con mineral.

#### **c) Chimeneas**

Son cuerpos minerales en forma de un tronco cilíndrico (hay de 5 a 100 metros de diámetro) verticales y muy hondos. El mineral metálico de relleno está mezclado con fragmentos de la misma roca de caja.

**d) Cuerpos de forma irregular**, los grandes yacimientos de la minería chilena, (Chuquicamata, Escondida, Andacollo) son grandes extensiones de roca alterada, por ejemplo dos kilómetros de largo, uno de ancho y quinientos metros de profundidad, con mineralización metálica, de cobre, en pecas, guías o ventillas en la masa rocosa. La roca de estos yacimientos ha sufrido cambios de color (es más blanca o rojizo) debido a los procesos volcánicos o magmáticos, con aguas calientes (hidrotermales) que han traído la mineralización de cobre o de oro, por ejemplo.

---

### **Estructuras geológicas**

#### **a) Pliegues**

Como resultado de la deformación de las rocas debida a las fuerzas naturales, se forman varios tipos de estructuras. A altas presiones y temperaturas, a gran profundidad, las rocas se comportan dúctilmente, dando lugar a pliegues de diferentes tipos. Los pliegues, son estructuras curvadas y se clasifican de una manera general en anticlinales y sinclinales.

Los anticlinales, las capas se curvan inicialmente hacia arriba, de tal manera que, considerando una secuencia de capas, las más antiguas ocupan el centro de la estructura, es decir su núcleo.

En los sinclinales, por el contrario, las capas se curvan inicialmente hacia abajo, de tal manera que al observar una secuencia de capas, las que ocupan el núcleo son las más recientes.

## Tipos de pliegues

Según el sentido de la curvatura:



Pliegue anticlinal o antiformal



Pliegue sinclinal o sinforme



Pliegue neutro

Según la inclinación del plano axial:



Pliegue recto



Pliegue inclinado



Pliegue volcado



Pliegue tumbado

Figura 8

- b) **Diaclasas**, son fracturas en las rocas que no presentan desplazamiento transversal que seas detectable, solo manifiestan un poco de movimiento extensional. Entre ellas se distinguen: fisuras de enfriamiento, grietas de desecación, fisuras de tensión gravitacional.

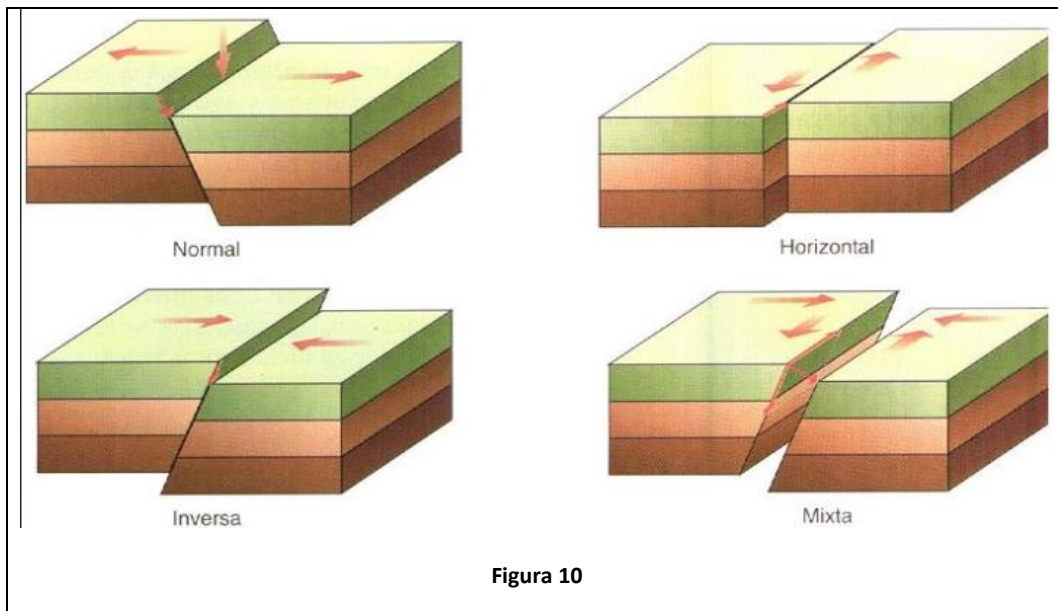


Figura 9



## Venas de cuarzo conjugadas cortadas por diaclasas

- c) **Fallas**, corresponde a la fractura que se presenta en las rocas a lo largo de las cuales ha tenido lugar un movimiento o desplazamiento. Los tipos de falla son: verticales, normales, recta, inversas, de corrimiento, con desplazamiento horizontal, dextral, siniestral, transformante, etc.

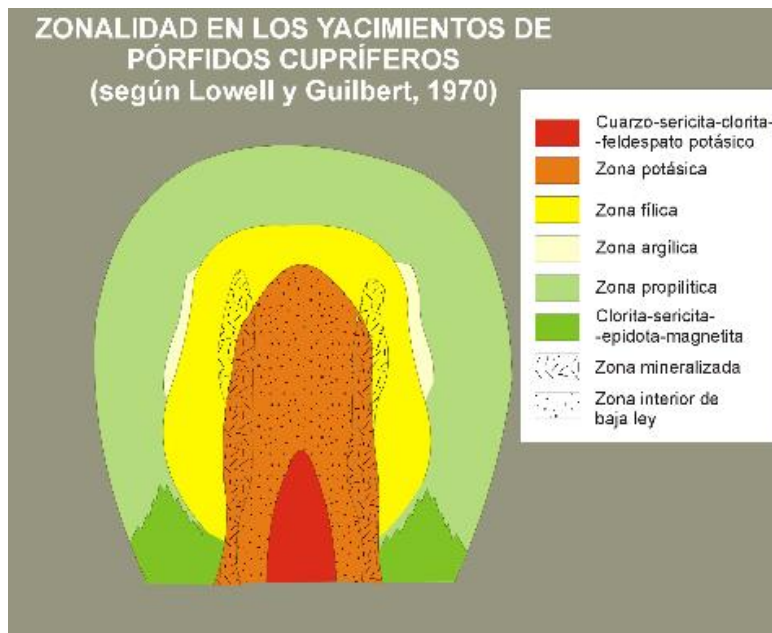


Tipos de Fallas

### Tipos de alteración hidrotermal

- **Alteración potásica**, caracterizada por la presencia de feldespato potásico secundario y/o biotita secundaria (anhidrita también puede estar presente). En términos fisicoquímicos esta alteración se desarrolla en presencia de soluciones casi neutras y a altas temperaturas (400°-600°C).
- **Propilítica**, caracterizada por la presencia de clorita, epidota y/o calcita, y plagioclasa albitizada. Generada por soluciones casi neutras en un rango variable de temperaturas.
- **Alteración fílica**, también denominada cuarzo-sericítica o simplemente sericítica: caracterizada por el desarrollo de sericita y cuarzo secundario. Es el resultado de una hidrólisis moderada a fuerte de los feldespatos, en un rango de temperatura de 300°-400°C.

- **Alteración argílica**, también denominada argílica intermedia: caracterizada por la presencia de caolinita y/o montmorillonita.
- **Argílica avanzada**, caracterizada por la destrucción total de feldespatos en condiciones de una hidrólisis muy fuerte, dando lugar a la formación de caolinita y/o alunita.
- **Silicificación**, caracterizada por la destrucción total de la mineralogía original. La roca queda convertida en una masa silícea. Representa el mayor grado de hidrólisis posible. Los rellenos hidrotermales de espacios abiertos por cuarzo "no son" una silicificación



**Figura 11**

Zonalidad en los yacimientos de pórfidos cupríferos

### Columna de alteración supergena

La alteración supergena es un proceso de reequilibrio de la mineralogía hipógena (hidrotermal) a las condiciones **oxidantes** cerca de la superficie terrestre (sobre el nivel de las aguas subterráneas). La mayoría de las asociaciones de minerales sulfurados son inestables en estas condiciones y se descomponen (meteorizan) para originar una nueva mineralogía estable en condiciones de meteorización.

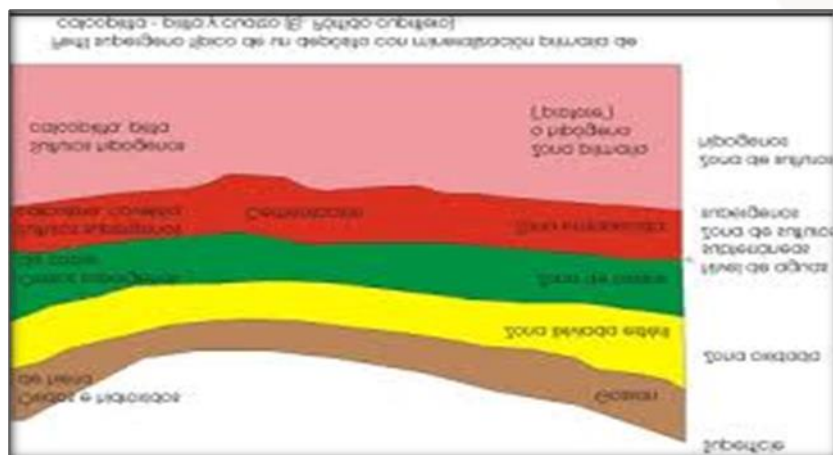


Figura 12

Perfil supérgeno de un depósito con mineralización primaria de calcopirita, pirita y cuarzo

## 2.2. Sistema de unidades y conversiones

### Unidades del SI

¿Qué significa SI?

Sistema Internacional de Unidades, que se abrevia en muchos idiomas como unidades del SI.

Este sistema es internacional y utiliza unidades comunes para los valores mecánicos, térmicos y eléctricos. La siguiente tabla muestra las unidades básicas del SI.

Tabla 1: Unidades Básicas del SI

Cantidad		Unidades	
Cantidad Física	Símbolo de la Cantidad	Nombre de la Unidad	Símbolo de la Unidad
Longitud	l	Metro	M
Masa	m	kilogramo	kg
Tiempo	t	Segundo	S
Corriente eléctrica	I	Ampere	A
Temperatura	T	Kelvin	K
Intensidad luminosa	I	Candela	cd
Ángulo de rotación	$\alpha$	radián	rad

## Definiciones

**Tabla 2 : Definición de las Unidades**

Unidad	Definición
Metro	Es la longitud de la trayectoria que viaja la luz en el vacío durante el intervalo de tiempo de $1/299.792.458$ segundos.
Kilogramo	La masa del Prototipo internacional del Kilogramo. (Platino - Iridio) Además la masa de 1 litro de agua
Segundo	El intervalo de tiempo correspondiente a $9.192.631.770$ oscilaciones de un átomo de cesio 133 a $0^{\circ}\text{K}$
Ampere	La corriente necesaria para que fluya en 2 conductores paralelos, ubicados con 1 un metro de separación en un vacío para producir una fuerza de $2 \times 10^{-7}$ Newton metros entre los conductores. (1 ampere es igual al paso de $6,37 \times 10^{18}$ electrones en un conductor de un segundo)
Kelvin	$1/273,16$ del (punto triple) del agua (punto de congelación)
Candela	La intensidad luminosa, en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de $54.012$ Hz y posee una intensidad energética de $1/683$ watt por esterorradián.
Radián	El ángulo entre 2 radios del mismo círculo, que se marcan en la circunferencia del círculo, un arco igual a la longitud del radio del círculo.

## Unidades Derivadas

Otras unidades, llamadas unidades derivadas, se desarrollan a partir de las unidades básicas de la Tabla 1. Un buen ejemplo es la velocidad. Esta se desarrolla a partir de:

- La distancia viajada (metros).
- El tiempo que toma (segundos).

Para el uso diario sólo se necesitan algunas unidades del SI.

## Mecánica

**Tabla 3: Unidades mecánicas derivadas**

Cantidad		Unidades	
Cantidad Física	Símbolo de la Cantidad	Nombre de la Unidad	Símbolo de la Unidad
Fuerza	F	Newton	N
Presión	P	Pascal	Pa
Energía y trabajo	E y W	Joule	J
Temperatura	T	Grado Celsius	°C
Volumen	V	Metros cúbicos	m <sup>3</sup>

## Definiciones

**Tabla 4: Definiciones mecánicas derivadas**

Unidad	Definición
Newton	La fuerza necesaria para darle a un objeto cuya masa es de 1 kg una aceleración de 1m/s <sup>2</sup> .
Pascal	La presión que se ejerce cuando se aplica una fuerza de 1N en una área de 1m <sup>2</sup>
Joule	Energía empleada cuando se aplica una fuerza de 1N a lo largo de 1m.
Celsius	La temperatura usando el punto triple del agua como punto de referencia inicial.

## Unidades Eléctricas

**Tabla 5: Unidades eléctricas derivadas**

Cantidad		Unidades	
Cantidad Física	Símbolo de la Cantidad	Nombre de la Unidad	Símbolo de la Unidad
Potencia	P	Watt	W
Carga	Q	Coulomb	C
Frecuencia	f	Hertz	Hz
Potencial	V	Volt	V
Capacidad	C	Faradio	F

## Definiciones

**Tabla 6: Definiciones eléctricas derivadas**

Unidad	Definición
Watt	La potencia utilizada cuando la energía se emplea a una tasa de 1 Joule por segundo.
Coulomb	La cantidad de carga eléctrica transferida cuando se aplica una corriente de 1 Ampere durante 1 segundo.
Hertz	El número de oscilaciones periódicas por segundo.
Volt	La diferencia potencial entre 2 puntos en un conductor cuando una corriente de 1 Ampere causa una disipación de energía de 1 Watt
Faradio	La capacidad entre dos placas de un condensador cuando la aplicación de 1 Volt causa la transferencia de una carga de 1 Coulomb.

## Notación científica y de ingeniería

El uso de números muy grandes o muy pequeños en su forma total en cálculos es tanto engorrosa como también una causa común de errores.



Una forma más simple de expresar estos valores es mediante el uso de exponentes, ya sea en el uso de la notación científica o de ingeniería. Tanto la notación científica como la de ingeniería expresan valores con un exponente de 10, (la potencia de 10) sin embargo hay diferencias fundamentales entre las dos formas.

### Notación científica

Un número se expresa en la notación científica, cuando es escrito con un dígito (entre 1 y 9) a la izquierda de la coma decimal y multiplicado por la potencia de 10 con el índice del número del multiplicador. (Ya sea un índice positivo o negativo)

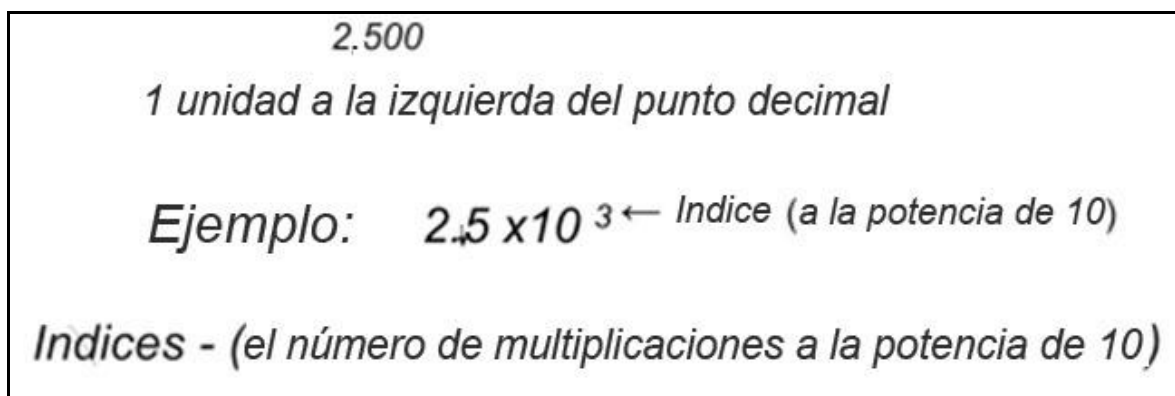


Figura 13

Índices positivos

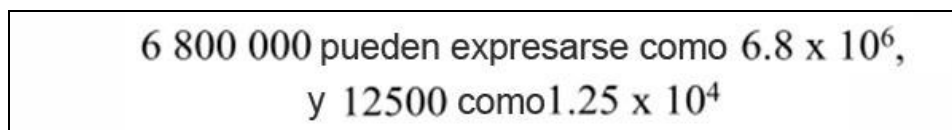


Figura 14

Índices negativos

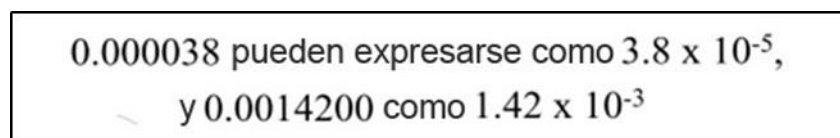


Figura 15

Para realizar transformaciones desde la notación científica a la forma estándar, siga los siguientes pasos:

- Mover la coma decimal a la derecha para exponente positivo de 10

Ejemplo: exponente positivo (grandes magnitudes expresadas en notación positiva)

Dado:  $5,243 \times 10^3$  (exponente positivo)

El exponente positivo mueve el decimal a la derecha

$(\times 10^3) \rightarrow 5,243$

Respuesta: 5.243 (3 lugares hacia la derecha)

b) Mover la coma decimal a la izquierda para un exponente negativo de 10

Ejemplo: exponente negativo (un valor muy pequeño expresado en notación negativa)

Dado:  $1,15 \times 10^{-6}$  (exponente negativo)

El exponente negativo mueve el decimal a la izquierda

$(\times 10^{-6}) \rightarrow 1,15$

Respuesta: 0,00000115 (6 lugares hacia la izquierda)

### Tabla de prefijos

factor de multiplicación	prefijo	símbolo	valor
$10^{24}$	yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000
$10^{21}$	zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000
$10^{18}$	exa	E	1 000 000 000 000 000 000
$10^{15}$	peta	P	1 000 000 000 000 000
$10^{12}$	tera	T	1 000 000 000 000
$10^9$	giga	G	1 000 000 000
$10^6$	mega	M	1 000 000
$10^3$	kilo	k	1 000
$10^2$	hecto	h	100
$10^1$	deca	da	10
$10^{-1}$	deci	d	0.1
$10^{-2}$	centi	c	0.01
$10^{-3}$	mili	m	0.001
$10^{-6}$	micro	$\mu$	0.000 001
$10^{-9}$	nano	n	0.000 000 001
$10^{-12}$	pico	p	0.000 000 000 001
$10^{-15}$	femto	f	0.000 000 000 000 001
$10^{-18}$	atto	a	0.000 000 000 000 000 001
$10^{-21}$	zepto	z	0.000 000 000 000 000 000 001
$10^{-24}$	yocto	y	0.000 000 000 000 000 000 000 001

Figura 16

### 2.3. Equipos de medición: Huincha métrica, instrumentos de medición y balanzas

Las herramientas son instrumentos –que pueden ser manuales- diseñados para realizar trabajos específicos, es decir, que usan fuerza muscular humana o mecánica, o bien pueden usar una fuente de energía externa como la eléctrica.

Las herramientas manuales y/o eléctricas son una parte común de la vida diaria y a la vez son usadas en la mayoría de las industrias mineras.

Todas las herramientas tienen manuales que explican sus funciones, uso adecuado, precauciones que se debe tomar para evitar accidentes y la manera en que se debe guardar cuando no está en uso, para su mejor mantención.

Por su parte, los instrumentos de medición son aparatos que se utilizan para comparar magnitudes físicas mediante el proceso de medición. Las unidades de medida que se utilizan son objetos y/o sucesos establecidos previamente como estándares. La medición es entonces el resultado (un número) de la relación entre el objeto que se estudia y la unidad de referencia o estándar.

Dos aspectos centrales en un instrumento de medición son la precisión y la sensibilidad.

*Precisión:* Es la capacidad de un instrumento de –en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones- entregar el mismo resultado (no es lo mismo que reproducibilidad ni exactitud).

*Sensibilidad:* Es la mínima magnitud requerida (como señal de entrada) para producir una determinada magnitud en la señal de salida, según la relación, criterio o especificación que se determine. Se entiende también por sensibilidad la capacidad de detectar ondas o señales de forma precisa.

A continuación revisaremos la cinta métrica y la balanza:

#### Huincha métrica

- Una cinta métrica es una cinta de tela, plástico o metal con marcas de medición lineales, a menudo en unidades métricas e imperiales. Es una herramienta de medición conveniente. Su flexibilidad permite medir grandes distancias, se puede llevar en el bolsillo fácilmente o en la caja de herramientas y permite medir en esquinas y curvas redondas.
- Las cinta métricas diseñadas para la construcción usan una cinta metálica curva y rígida que puede permanecer rígida y derecha cuando esté extendida, pero se enrolla en una bobina para un almacenamiento conveniente. Este tipo de cinta métrica tendrá una lengüeta flotante en el extremo para ayudar en la medición. La

lengueta flotará una distancia igual a su espesor, para permitir una medición precisa si la cinta está en tensión o compresión. Una cinta métrica de 25 o incluso de 100 pies se puede enrollar en un contenedor relativamente pequeño.

### **Escuadra de acero**

Es una herramienta que los canteros usan para revisar la veracidad de los ángulos rectos en las piedras de construcción. Hoy en día la escuadra de acero es más comúnmente llamada escuadra de carpintero. Consta de un brazo largo y uno más corto que se desliza a 90 grados. La escuadra puede estar hecha de aluminio que es liviano y resistente al óxido.

Los brazos llevan el nombre de lengua y cuerpo. El cuerpo es de 50mm de ancho y la lengua es de 38mm de ancho. La escuadra tiene numerosos usos tales como posicionar vigas comunes, vigas de rincón y escaleras.



**Figura 17**

### **Trazado de línea y marcas en material**

El marcado es el proceso de trazar información tales como líneas centrales, círculos, contornos, etc.



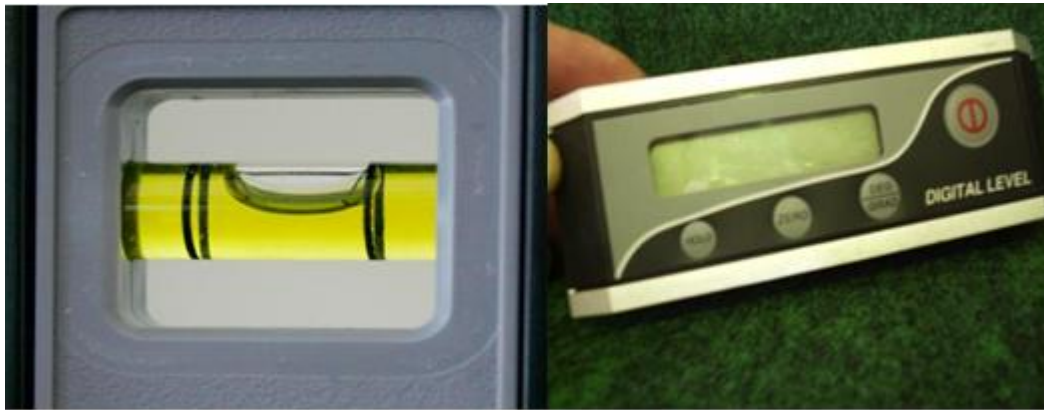
**Figura 18**

- Para mostrar si hay suficiente material.
- Ayuda a ajustar máquinas.
- Muestra dónde se debe eliminar material.
- Indica la posición de los agujeros que se deben hacer.

- Para el estudio cuidadoso de planos.
- Verifica el material para su calidad e idoneidad.
- Se aplica una mejora del marcado, es decir: tinta, azulado, blanquear o tiza.
- Se mide desde el plano y se transfiere al material de trabajo. Se traza o dibuja el contorno del trabajo que se realizará en el material.
- Se comienza la construcción.

### **Nivel, regla de nivelar**

Un nivel de burbuja es un instrumento diseñado para saber si una superficie está nivelada. Los niveles tienen un tubo de vidrio ligeramente curvado que está casi lleno con líquido de color amarillo, dejando una burbuja en el tubo. El etanol se usa por su bajo punto de congelación,  $-114^{\circ}\text{C}$ , lo que evita que se congele en ambientes fríos.



**Figura 19**

Los niveles de burbuja son más comúnmente empleados para indicar cuán horizontal o vertical está una superficie. Un nivel a menudo tiene un cuerpo amplio y parece un tablón pequeño de madera, para asegurar la estabilidad y que la superficie se esté midiendo de manera correcta. Hay una pequeña ventana incrustada en medio del nivel donde se montan el tubo con la burbuja. Dos marcas indican donde debería estar la burbuja si la superficie está nivelada. A menudo se incluye un indicador de 45 grados de inclinación.

### **Balanzas**

La realización de sondeos en minería requiere de un adecuado muestreo tanto en la etapa de exploración, evaluación e, incluso, en la de explotación. Por ello, hay que poner un especial énfasis en todo lo relacionado con la testificación y toma de muestras, así como en el correcto pesaje y medición de las mismas.

En lo relativo al pesaje de las muestras, se utilizan, entre otras herramientas, distintos tipos de balanzas de industriales (principalmente digitales), debido a las condiciones ambientales adversas tales como; grandes variaciones de temperatura ambiental, altura geográfica, polvo en suspensión, humedad, entre otros.

Cabe mencionar que la función del pesaje de muestras, en la labor de sondaje, se asocia principalmente al sondaje con equipos de aire reverso, dado que el pesaje de muestras (testigos) en sondaje con equipos de diamantina, se asocia principalmente al trabajo desarrollado en muestreras o testigotecas.

Aspectos importantes a considerar al realizar pesaje de muestras:

- Balanza apropiada para el pesaje de la muestra (capacidad del equipo, tolerancia a condiciones medioambientales adversas, entre otros).
- Balanza calibrada, reduciendo al máximo el error de pesaje.
- Muestra preparada de acuerdo al protocolo o procedimiento de pesaje.
- Implementos y documentos de registro preparados.



**Figura 20**

Muestras de sondaje por aire reverso





Figura 21

Balanzas digitales

## 2.4. Introducción a las Bombas Centrífugas

### Bombas Centrífugas

En las bombas centrífugas, se imparte energía a un fluido por la acción centrífuga causada por la rotación. Las bombas centrífugas se pueden clasificar por la forma y características de su rotor. Los rotores se agrupan de acuerdo a la mayor dirección de flujo con respecto al eje de rotación en la bomba. Se pueden encontrar una amplia gama de tipos de rotores. Estos varían desde el tipo de flujo radial (que desarrolla la velocidad de flujo principalmente por la acción de la fuerza centrífuga), al tipo de flujo axial (que desarrolla la mayor parte de la presión de velocidad de flujo por la acción de propulsión o levantamiento de las aspas), pasando por los tipos de flujo mixto.

### ¿Cómo funciona una bomba centrífuga?

Imagínese girando un balde con agua en el extremo de una cuerda sobre su cabeza.

El agua se queda en el balde debido a la fuerza centrífuga.

El rotor en una bomba centrífuga hace girar el agua a su alrededor y la fuerza centrífuga hace que al agua sea arrojada hacia afuera, al igual que en el balde.

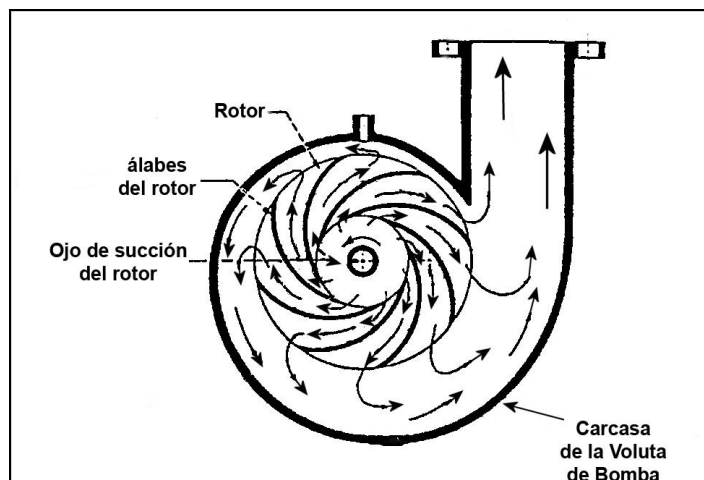


Figura 22

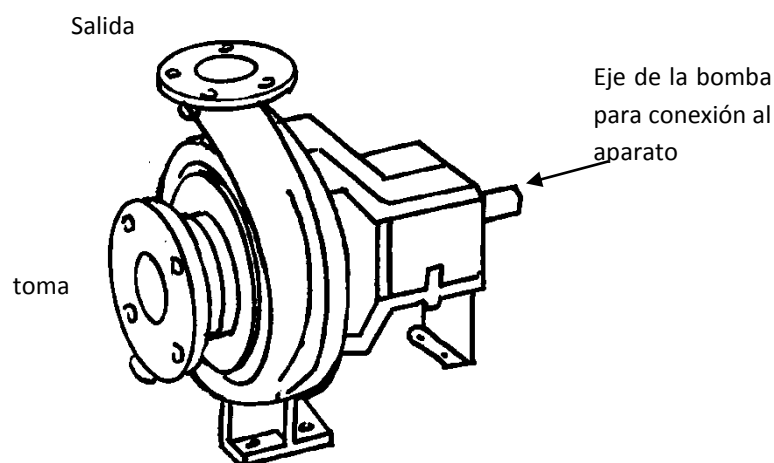


Figura 23

La carcasa o voluta en la bomba es de forma espiral para canalizar el agua alrededor para que salga al punto de descarga. Esto quiere decir que la bomba debe rotar en la dirección correcta.

Con una instalación y mantenimiento apropiado, las bombas operan satisfactoriamente por mucho tiempo.

Los diferentes tipos de bombas, motores y conexiones son:

- Bombas centrífugas.
- Bombas centrífugas multietapa.
- Bombas sumergibles.

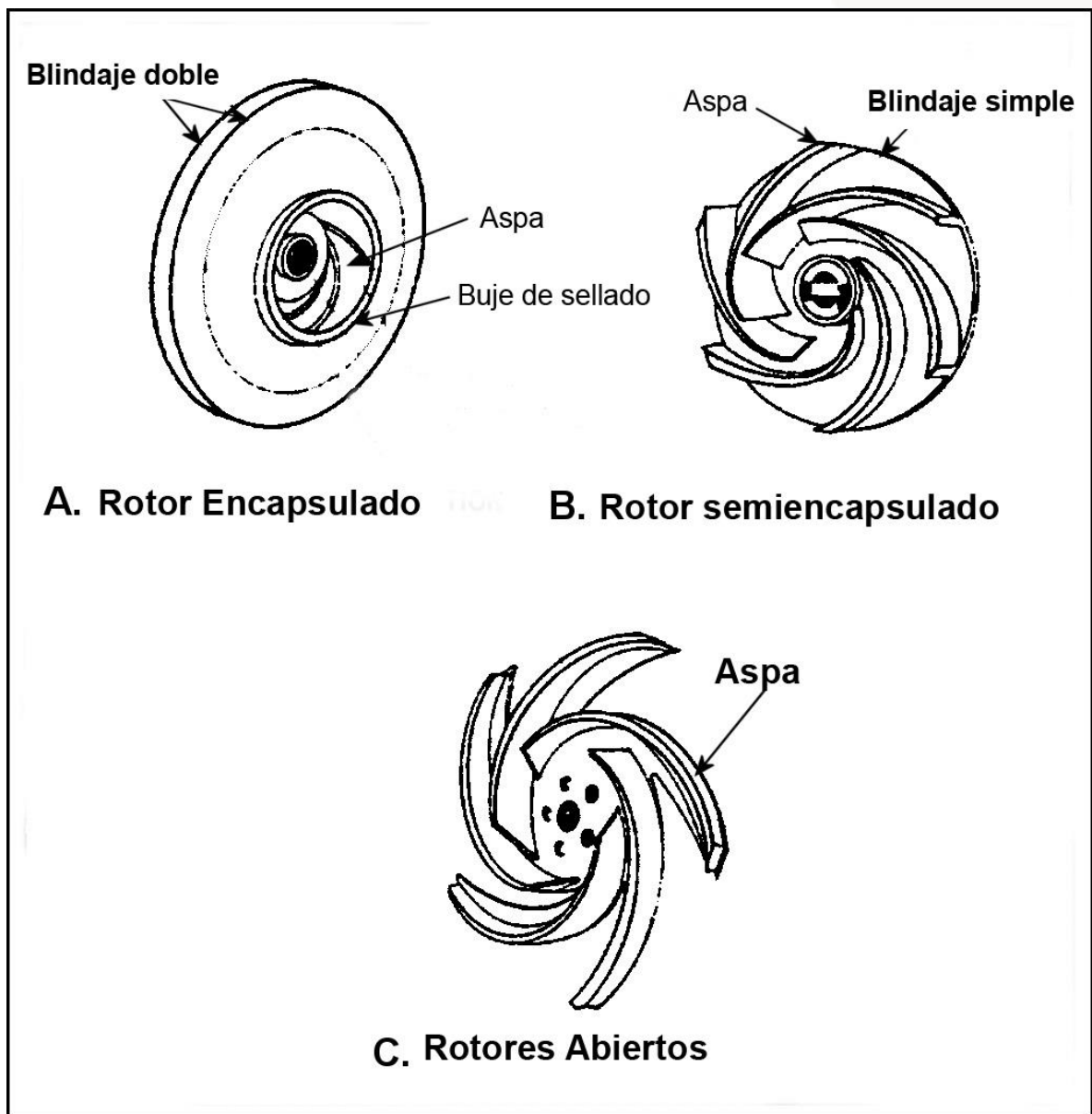


Figura 24

La mayoría de estas bombas usan rotores encapsulados o semi-encapsulados. Los rotores abiertos se usan en aplicaciones para remover el agua y requieren ajustes frecuentes dado que la distancia entre los rotores y el cuerpo es crítica.

### Protecciones para partes móviles

Dado que las bombas tienen partes móviles, puede ser necesario instalar protecciones. Las protecciones pueden venir como parte de la bomba o ser fabricadas para adecuarse a la situación en la cual van a ser usadas. Las protecciones de bomba deben diseñarse para prevenir herir a cualquier persona, incluyendo a las personas que trabajan cerca de la

bomba. Una protección debe cumplir con todos los requerimientos OH&S (seguridad y salud laboral).

### Términos comunes

Las bombas son sistemas que involucran componentes mecánicos, hidráulicos y eléctricos. Para entender cómo funcionan, cómo instalarlas y probarlas, hay algunos términos necesarios de conocer.

Tabla 7

Término	Definición
Capacidad	<p>El volumen de líquido que entrega una bomba por unidad de tiempo.</p> <p>Las unidades métricas de capacidad son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeñas capacidades – Litros por segundo (l/s)</li> <li>• Grandes capacidades – metros cúbicos por segundo (<math>m^3/s</math>).</li> </ul>
Succión	La toma o puerto de entrada a la bomba.
Descarga	El puerto de salida de la bomba.
Altura	<p>La altura es la presión expresada como una columna vertical de agua (m).</p> <p>Las unidades métricas son metros de agua (mw).</p>
Altura estática	La altura vertical que el agua debe tener para ser bombeada.
Altura de Operación	La diferencia en presión (altura) entre el puerto de entrada y el puerto de salida de una bomba en operación.
Altura de succión	La diferencia en altura vertical entre el nivel del agua y la toma de la bomba o el puerto de succión.
Altura de descarga	La presión (altura) medida en la salida de la bomba.
Altura de	Las pérdidas de presión por fricción que ocurren a medida

fricción	que el agua pasa a través de una cañería y los fittings se expresan como la altura vertical equivalente.
Cavitación	La formación de burbujas de vapor en el ojo del rotor debido a malas condiciones de toma de agua. La cavitación hace un sonido parecido al maicillo pasando por una bomba.
Rotor	Las hojas o aspas dentro de una bomba centrífuga.  Los rotores pueden tener un diseño de cara abierta o cerrada.
Voluta	La carcasa alrededor del rotor. Esta carcasa tiene un pasaje que se ensancha gradualmente y que lleva al puerto de descarga de la bomba.
Placa base	El marco de acero sobre el cual se monta la bomba y el ensamblado del motor.
Lechado	Una mezcla ligera de concreto que se vierte alrededor de la placa base después que la placa base ha sido montada sobre su fundación.

## 2.5. Nociones de neumática

### Ventajas y desventajas de los sistemas neumáticos

A continuación se indican las *ventajas principales* de un sistema neumático:

- El aire es un gas fácilmente disponible que se comporta como un fluido y que puede ser devuelto a la atmósfera luego de ser utilizado.
- El aire comprimido puede ser almacenado en contenedores contruidos y diseñados adecuadamente como medio de almacenamiento de energía.
- El aire comprimido puede ser distribuido de manera rápida y eficiente dentro de una planta o fábrica.
- Las filtraciones de aire comprimido son un desperdicio de energía y en la mayoría de los casos no constituye un peligro serio.

- El aire comprimido es relativamente fácil de controlar en una amplia gama de aplicaciones donde se necesite el control de la velocidad y la potencia.
- Las herramientas o equipos que utilizan aire comprimido no se dañan por sobrecarga bajo muchas circunstancias de uso, sólo se detiene.
- El equipamiento de aire comprimido puede ser usado en temperaturas altas, ambientes húmedos o peligrosos.

A continuación se indican las *desventajas principales* de los sistemas neumáticos:

- El aire exterior de entrada debe ser filtrado y limpiado.
- Los conductos de escape y válvulas de alivio en equipos accionados por aire necesitan silenciadores para minimizar el ruido de la máquina.
- Las máquinas neumáticas funcionan comparativamente a bajas presiones, limitando la cantidad de energía disponible para impulsar maquinaria o herramientas y por ende, su tamaño.
- Debido a la compresibilidad del aire, es difícil regular y lograr velocidades constantes en pistones o ejes.
- El aire, especialmente cuando está comprimido, se escapa fácilmente por puntos de filtración tales como espacios pequeños.

### **Seguridad en sistemas neumáticos**

Cuando se trabaja con cualquier equipo que involucre el uso de aire comprimido, se debe aislar y dejar seguro para hacerlo de acuerdo a la Hoja de Análisis de Seguridad del Trabajo (Job Safety Analysis Sheets – JSA) o los Procedimientos de Operación Estándar (Standard Operating Procedures - SOP)

El aire comprimido es más seguro de usar que la electricidad, pero como todas fuente de energía, se debe usar con cuidado y precaución. El personal de mantenimiento deberá estar consciente de los peligros potenciales que están presentes cuando se utilice aire comprimido a altas presiones.

*Antes de comenzar cualquier prueba o mantenimiento en un sistema neumático, se debe observar las siguientes reglas como mínimo:*



- Aislar el compresor y/o la máquina neumática de suministros de energía externos y de todas las fuentes de presión. Drenar o ventilar completamente hacia la atmósfera antes de dismantelar algún componente.
- Cuando se realice el mantenimiento en compresores accionados eléctricamente, bloquear el interruptor en la posición abierta (off), o usar otro medio seguro de interrupción de corriente tales como el retiro de fusibles.
- Usar tarjetas de bloqueo para evitar que otras personas intenten operar la máquina.
- Proporcionar soporte a las cargas sostenidas por presión que puedan caer cuando las presiones sean eliminadas al momento de desconectar la unidad de trabajo.
- Asegurar que la presión del sistema ha sido liberada. Es peligroso retirar una manguera de aire o deshacer una conexión que contenga aire bajo presión. Operar las válvulas en cada posición luego que el compresor haya sido aislado y liberado de la presión para asegurar que es seguro trabajar en la máquina o en el sistema.
- Sostener el extremo de toda manguera que no cuente con una válvula de cierre, mientras encienda el aire. Esto evitará que la manguera se deslice bajo la presión.
- Usar antiparras protectoras o una máscara para la cara cuando se use aire para limpiar herramientas o fittings. No usar aire a alta presión para limpieza. Usar un mando de extracción de polvo de presión limitada diseñado para dicho propósito (ejemplo, un Difusor).
- Mantener las corrientes de aire comprimido lejos del cuerpo. Pueden ocurrir daños oculares, ruptura de tímpanos, ampollas y otras lesiones a causa de descuidos y juegos bruscos. Las filtraciones de aire deberán ser revisadas con el uso de una solución de agua con jabón, ino con las manos!
- Nunca dirigir la corriente de aire a alguna apertura del cuerpo humano. Puede causar lesiones graves o la muerte.
- Verificar que los ductos de descarga aire de la herramienta estén limpios y que la carcasa no esté dañada.
- Desconectar la línea de aire antes de hacer algún reajuste de las herramientas eléctricas.

- Bajo ninguna circunstancia, usar líquidos inflamables para limpiar válvulas, filtros, tomas de aire de los enfriadores, cañerías de aire o alguna otra pieza expuesta al flujo de aire durante la operación normal. Los humos pueden quedar atrapados en los componentes (ejemplo, los cilindros del compresor) y cuando se compriman y calienten, pueden causar una explosión resultando en daños y lesiones graves.
- Si se usan líquidos no inflamables de Hidrocarburo clorinado para la limpieza, tomar todas las precauciones de seguridad adecuadas en contra de todo vapor tóxico que pueda ser liberado durante su uso.
- NO usar tetracloruro de carbono. Ha sido una sustancia prohibida durante 30 años. Puede causar enfermedades renales graves y en otros órganos también.
- Nunca usar una llama para la inspección del interior de un compresor o tanque de presión. El aceite u otros vapores pueden estar presentes y se pueden encender o causar una explosión.
- Mientras se use equipos de pruebas acoplados a mangueras flexibles, amarrar las mangueras y/o el equipamiento para pruebas. Como las mangueras flexibles están presurizadas se vuelven rígidas y tienden a enderezarse. Todo equipo para pruebas acoplado al extremo de una manguera se levantará por los aires y entonces, cuando se libere la presión, caerá al suelo dañándose.
- Asegurar que todas las conexiones de líneas estén firmes y que las líneas no estén dañadas. El aire bajo presión que se escapa es un peligro y puede causar lesiones personales.

### **Compresores de aire**

Los compresores de aire están diseñados para comprimir aire o gas desde una presión de entrada inicial (normalmente atmosférica) a una presión más alta de salida.

Los compresores pueden ser clasificados en dos (2) grupos básicos, con varios diseños dentro de cada grupo:

- Compresores recíprocos (recíprocos).
- Compresores de pistón rotatorio.
- Compresores de flujo.

Los primeros dos (2) grupos funcionan sobre el principio de desplazamiento positivo donde el aire se comprime al confinarlo en una cámara o cilindro, luego reduciendo el volumen de la cámara.

El último grupo funciona sobre el principio de ingresar aire por un lado y comprimiéndolo por aceleración de masa hacia el otro.

### **Compresores reciprocantes**

Los Compresores del Tipo Pistón de una etapa están diseñados en una variedad de tamaños para cubrir un amplio rango de volúmenes y presiones de operación de salida. Este tipo de compresor normalmente se descarga en un receptor de aire para almacenar el aire comprimido para su uso. La parte de arriba del pistón y la cabeza del cilindro siempre se mantiene al menor mínimo factible para lograr la eficiencia volumétrica.

Los anillos y sellos del pistón deben ser herméticos, por lo tanto estos elementos necesitan una adecuada instalación. La mayoría de los anillos de los pistones de los compresores son de un grado especial de hierro fundido y están mecanizados y rectificados. Los diámetros internos de los cilindros están mecanizados y pulidos de manera precisa para que un mínimo de fricción se genere entre los anillos y las paredes del cilindro cuando estén lubricados de manera adecuada.

Algunos de los grandes compresores reciprocantes fijos tienen camisas de enfriado por agua para eliminar el exceso de calor causado al comprimir grandes volúmenes de aire.

Los compresores del tipo pistón de dos (2) etapas comprimen el aire en dos (2) etapas y usan dos (2) pistones de tamaños diferentes.

El pistón más grande comprime el aire a un volumen establecido y lo descarga normalmente a través de un enfriador dentro del cilindro a un segundo pistón más pequeño, que comprime el aire a la presión deseada. Los compresores de dos (2) etapas son mucho más eficientes y malgastan menos energía.

Los compresores de diafragma tienen el pistón separado de la cámara de succión por un diafragma flexible. Este tipo de compresor no sufre de contaminación por aceite en el aire de salida. Se usan comúnmente en situaciones donde se necesita aire limpio, tales como en aplicaciones de procesamiento de alimentos, farmacéuticas y químicas. Éstos son muy similares en diseño a una bomba de agua de diafragma.

## Compresores rotativos

Los Compresores de Flujo Axial son compresores muy eficaces con relaciones de presión de etapas que varían entre ocho y doce. Constan normalmente de aspas o paletas alineadas que se deslizan en un rotor, que funciona de manera excéntrica en un estator o carcasa.

La combinación de paletas deslizantes, en contacto con la superficie interna del estator y el rotor que opera de manera excéntrica, tiene el efecto de ingresar el aire cuando las aspas están extendidas a su posición exterior. Esto comprime gradualmente el aire debido a la reducción de volumen, hasta que se descarga a máxima presión, que es cuando las aspas son retraídas a su posición interna.

Los compresores rotativos de paletas deslizantes emplean un rotor montado de manera excéntrica que gira en una carcasa cilíndrica con ranuras de entrada y salida. Las ventajas de este compresor son sus dimensiones compactas y además su funcionamiento silencioso y entrega de aire estable.

Las paletas deslizantes están contenidas en ranuras en el rotor y forman cámaras con la pared cilíndrica. Cuando giran, la energía centrífuga fuerza las paletas hacia la pared y debido a la forma de la carcasa, las cámaras aumentan o reducen su tamaño.

Los compresores de tornillo constan de dos (2) rotores inter-deslizantes, uno que tiene un perfil convexo y el otro un perfil cóncavo. Existen tolerancias finas entre los tornillos mismos y la carcasa circundante. Los tornillos se mantienen normalmente alejados de contacto entre ellos por engranajes de sincronización. El aire ingresa por un extremo de la carcasa, es luego atrapado entre las ranuras del tornillo y finalmente es forzado hacia afuera de la salida del compresor. Estos compresores típicamente funcionan a altas rpm.

## Compresores de flujo

**Los compresores Roots (de lóbulos):** transportan el aire de un lado a otro sin ningún cambio en el volumen. Se evita que los lóbulos de rotación entren en contacto unos con otros por engranajes de sincronización y los bordes de los lóbulos producen el sellado necesario en el lado de la presión.

**Los Compresores de Flujo Radial:** entregan grandes cantidades de aire a baja presión, con una proporción de presión de cuatro (4) etapas, siendo ésta cerca del máximo factible. El principio de operación es que cuando el eje gira, el efecto de la fuerza centrífuga sobre el

aire dentro del álabe causa su compresión y al mismo tiempo lo induce para que fluya hacia el álabe.

El aire ingresa al ojo del álabe y el álabe rotativo acelera el aire de manera radial. A medida que el aire deja el álabe, ingresa a un ducto con forma divergente antes de salir del compresor. Esto disminuye la velocidad del aire y aumenta su presión.

## **Componentes auxiliares del compresor**

### *Dispositivos de regulación*

Un requisito fundamental de muchos compresores es la capacidad para mantener una presión constante predeterminada en el receptor, sin importar las variaciones de demanda. Hay dos (2) sistemas de regulación, descargadores de aire y dispositivos de protección:

### *Descargadores de aire*

Un descargador es un dispositivo automático que varía la cantidad de aire que se comprime. Están incorporados en los compresores, a fin de conservar el gasto de energía cuando no hay demanda de aire. Además, tienen un propósito secundario en que el compresor es más fácil de arrancar en la condición sin carga. Una aplicación particular es cuando se usan ciertos tipos de accionamiento eléctrico, en los que no se alcanza un torque total hasta que el motor esté a la velocidad total.

Hay muchos dispositivos de descarga asociados a los compresores, pero en general, pueden clasificarse por su operación en siete (7) principios, a saber:

1. Descarga de línea de entrada.
2. Descarga de entrada y de descarga.
3. Válvula de entrada mantenida cerrada.
4. Válvula de entrada mantenida abierta.
5. Válvula de descarga mantenida abierta.
6. Carrera de compresión ajustable.
7. Volumen de cámara de compresión variable.

## Válvulas de admisión y descarga del compresor

Las válvulas de admisión y descarga son tal vez las piezas más vitales de un compresor en relación al trabajo eficiente del mismo.

La forma más común de la válvula usada en el diseño de compresores modernos es el tipo check de placas. La válvula se abre o cierra bajo una diferencia en la presión de aire en él y se cierra bajo un ligero accionamiento por resorte. Las piezas movibles son livianas y necesitan un recorrido comparativamente corto.

El área cubierta por la válvula es relativamente grande y por lo tanto responde a diferenciales de presión muy leves, abriendo y cerrando rápidamente. Las velocidades del aire a través de ella son relativamente bajas y es por estos motivos que la eficiencia de la válvula es buena. Es generalmente fácil de fijar y mantener.

Se emplean placas de varias formas incluyendo:

- Discos o rectángulos ranurados.
- Anillos concéntricos.
- Láminas paralelas.

Las válvulas de succión y entrega utilizan el mismo principio de diseño, con un número de piezas en común. Esto reduce la cantidad de repuestos necesarios. En algunos compresores antiguos, se incluyen válvulas de resorte.

## Mantenimiento de los sistemas neumáticos

Un sistema neumático es fácil de mantener. Sin embargo, como cualquier otro mecanismo, debe ser operado y mantenido adecuadamente ya que se puede dañar el sistema neumático por velocidades y presiones excesivas, por contaminación de fluidos y por temperaturas de funcionamiento altas. El mantenimiento regular reducirá las averías del sistema o sus componentes.

Con el uso de un programa de mantenimiento frecuente (llamado Mantenimiento Preventivo) para cuidar el sistema y sus subsistemas, se puede eliminar los problemas comunes y corregir antes que ocurra alguna avería.



La siguiente lista muestra los principales problemas de mantenimiento a un sistema neumático:

- Aire contaminado con agua.
- Filtraciones.
- Configuraciones de presión incorrecta.
- Configuraciones del lubricador incorrectas dando como resultado válvulas atascadas.
- Temperatura elevada del aire.
- Líneas de suministro sueltas.
- Sellos defectuosos.

### **Limpieza**

*La limpieza es de suprema importancia* cuando se trata de dar mantenimiento a los sistemas neumáticos. Se debe mantener la suciedad, polvo y otros contaminantes fuera del sistema y componentes. Las partículas pequeñas pueden dañar las válvulas, atrapar componentes y obstruir orificios, causando trabajos de reparación caros.

Se puede mantener limpio un sistema neumático durante el siguiente mantenimiento:

- Manteniendo limpios todos los aceites de lubricación.
- Manteniendo limpias las piezas del sistema y subsistemas.
- Manteniendo su área de trabajo, herramientas y equipamiento de reparaciones limpios y teniendo cuidado al momento de cambiar o agregar aceite.
- Mantener el aceite limpio desde el minuto en que se entrega en bodega.
- Cuando se saca el aceite fuera de la bodega, usar sólo los contenedores aprobados y con tapas para llevar el aceite desde la bodega al punto de uso.
- Usar un tipo adecuado de embudo limpio con filtro de malla fina cuando vierta el aceite desde el contenedor dentro del compresor o el equipamiento auxiliar que necesite aceite.
- Mantener un suministro adecuado de coladores limpios, embudos y contenedores de aceite. Se deben almacenar en un ambiente limpio libre de polvo y usar telas limpias libres de pelusas para limpiar la varilla indicadora cuando se revisen los niveles de aceite.

**¡Se debe usar el sentido común. Hay que detenerse, mirar, tocar, escuchar antes de recoger herramientas. Cambiar el aceite y los filtros del compresor de manera regular. Mantener buenos registros!**

### Detección de fallas

Como las válvulas del compresor son los componentes con mayor carga de trabajo, son las primeras en sufrir por la supervisión y mantenimiento inadecuado de los compresores. La presión registrada en el indicador de presión del inter-cooler puede ayudarle a localizar una válvula defectuosa.

*Las válvulas defectuosas pueden ser ubicadas como se indica en la tabla de abajo:*

Síntoma	Causa posible
Presión del Inter-cooler por sobre lo normal	Una de las válvulas de alta presión (HP) del cilindro está defectuosa
Presión del Inter-cooler por debajo de lo normal	Una de las válvulas de baja presión (LP) del cilindro está defectuosa

Tabla 8

Una vez que se ha determinado que la válvula defectuosa está en el lado HP (Presión alta) o LP (Presión baja), se debe proceder como se indica a continuación:

1. Desconectar la cañería entre el cabezal del cilindro LP y la válvula de alivio del inter-cooler en el codo; luego se debe conectar el codo.
2. Descargar el compresor al soltar el tornillo de descarga en la válvula de regulación. El defecto ahora se puede atribuir a una válvula de entrada o salida, como se indica en la Tabla 9, de abajo.

Causa posible	Síntoma
Válvula defectuosa en el cabezal del cilindro HP	Si la presión del inter-cooler se eleva durante la descarga, entonces una válvula de salida está defectuosa.  Si la presión del inter-cooler permanece inmóvil, una válvula de entrada está defectuosa.
Válvula defectuosa en el cabezal del cilindro LP	Si la presión del inter-cooler cae rápidamente durante la descarga, entonces una válvula de salida está defectuosa.  Si la presión del inter-cooler permanece inmóvil, una válvula de entrada está defectuosa

Tabla 9

- Desmontar las válvulas, teniendo cuidado de mantener las piezas de cada válvula individual todas juntas. Inspeccionar las placas de la válvula para encontrar desgaste o grietas.
- Descartar todas las placas que estén agrietadas o torcidas. Los asientos dañados de la válvula pueden ser superpuestas en una placa de superficie o reacondicionadas en un torno o esmeril.

Para reducir el periodo de inactividad del compresor en la reparación de las válvulas, es aconsejable contar con un conjunto de válvulas de repuesto así como también las placas de válvula y resortes del amortiguador.

*Una válvula defectuosa debe ser atendida inmediatamente. Si un compresor funciona con una válvula rota, puede ocasionar un daño grave.*

### Válvulas de aire

Los varios tipos de válvulas de aire en el uso general pueden clasificarse como tipos de placa plana, aleta (o lengüeta, lengua u hoja), pluma y anillo y de canal. Una breve descripción de cada tipo a continuación:

**Ensamble de válvula de placa plana**, también conocido como una *válvula Rogler*, puede ser reparada o mantenida. Pueden venir en una unidad combinada donde las válvulas de entrada y de salida están combinadas, o las válvulas de entrada y de salida son su propia unidad individual. Estos tipos de ensambles se encuentran comúnmente en grandes compresores de pistón.

Una válvula del tipo placa plana combinada se aborda a continuación (véase la Figura 21):

- Estas válvulas constan de discos planos de acero especial sujetado sobre el asiento de la válvula y sostenidos en posición por brazos de resorte, formado integralmente con la válvula misma.
- En la construcción, la válvula B, que tiene brazos de resorte integrales C, es afirmada en su asiento A, por la placa de detención D, la que está hecha de acero para válvulas de entrada.
- La placa de detención tiene brazos de resorte, que presionan la válvula B, limitando el movimiento de apertura y cerrando la válvula al término del recorrido.
- La placa de detención D es respaldada por una placa amortiguadora E, que es idéntica a la placa de detención D, salvo que los brazos de resorte no están cortados a través de ella.

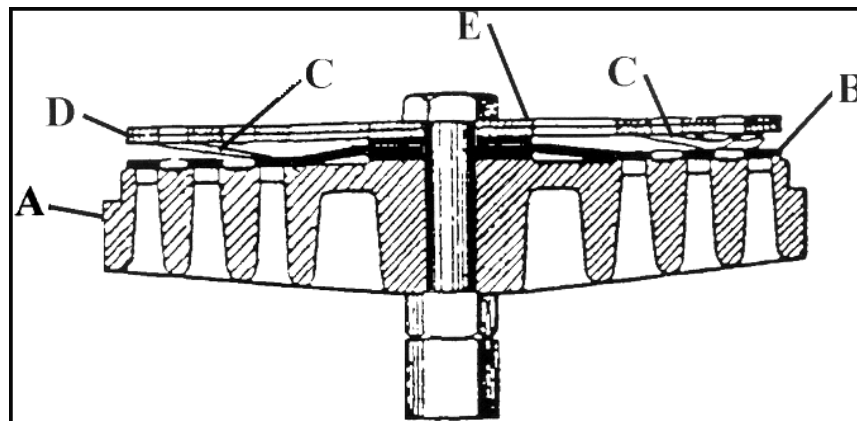


Figura 25

**Válvula de aleta o lengüeta** es un diseño de válvula flexible ampliamente usado en compresores pequeños y normalmente se considera como un ítem desechable. Un ejemplo de la válvula de aleta, del cual hay numerosas variaciones, se muestra en la Figura 76.

La válvula aleta es una lámina de acero delgado que se sujeta de manera segura normalmente en un extremo, mientras que el extremo opuesto descansa en el asiento de la válvula sobre el paso de la válvula.

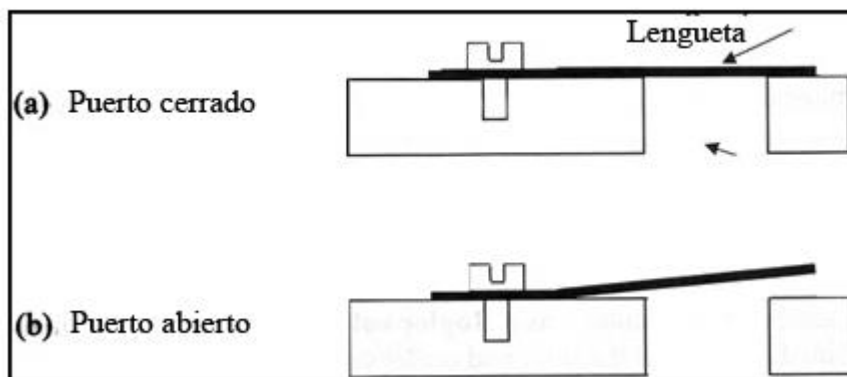


Figura 26

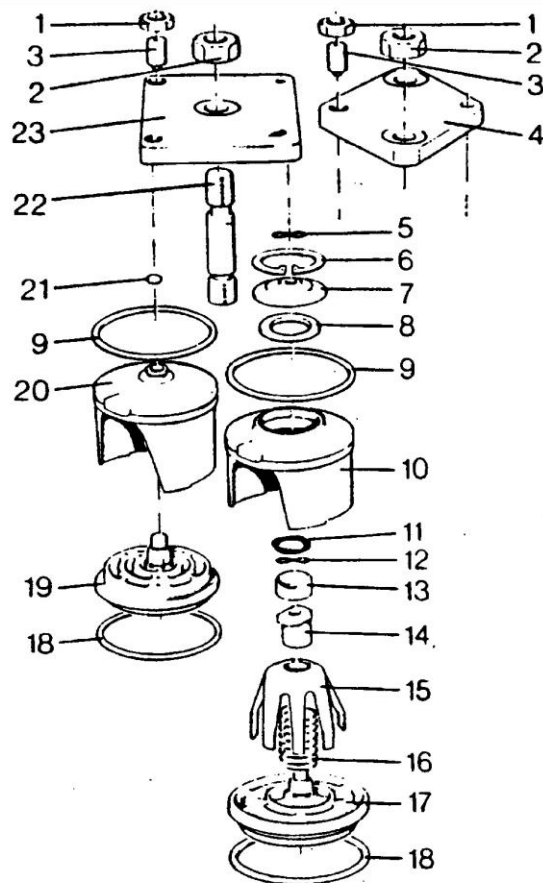
El diferencial de presión causa que el extremo libre de la lámina de la válvula se “flexione” o “aletee” para cubrir o descubrir el paso de la válvula durante la operación del compresor.

**Válvula de pluma** es similar en diseño y construcción a una pluma. Están hechas a partir de una pieza de material de resorte plano y delgado, compuesto de una “espiná” de soporte central que emite una serie de dedos con forma rectangular espaciados de manera regular – cuyos extremos están redondeados y no tienen soportes. La válvula de pluma está fija a través de su espina central a una placa de sellado.

**\*Nota: las descripciones de válvula de hoja y dedo son un término genérico usado para cubrir válvulas del tipo disco aleta, pluma y generales.**

**Válvula tipo anillo** consta de anillos perforados de una aleación delgada de acero, amortiguado por resortes especiales. El resorte de la válvula anular tiene un número de flexiones u ondas con espacios iguales, igual que la placa de reacción. La placa de reacción tiene dos (2) ondas para cada onda del resorte de la válvula. La diferencia de presión en los lados opuestos del resorte de la válvula causa una reacción al cambio desde la parte de arriba hasta debajo de la placa de reacción, lo que resulta en la obtención del doble de la reacción normal del resorte.

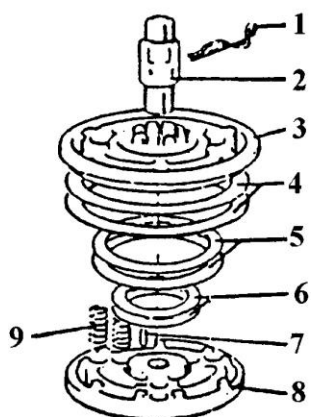
Los detalles de las válvulas se muestran en la Figura 78



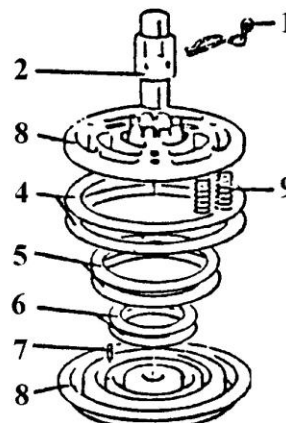
1. tuerca
2. tuerca
3. tornillo de ajuste
4. placa de fijación del cilindro H.P.
5. junta tórica
6. circlip
7. cubierta
8. junta de goma
9. junta tórica
10. retenedor de válvula de entrada
11. anillo de sello
12. junta tórica
13. punzón
14. tuerca
15. abrazadera de descarga
16. resorte de descarga
17. válvula de entrada, completa
18. junta de cobre
19. válvula de salida, completa
20. retenedor de válvula de salida
21. inserción del impulsor de acero
22. espárrago de válvula del retenedor
23. placa de fijación del cilindro L.P.

#### Ensamblaje de la válvula

La válvula podrá ser desarmada luego de la remoción de este ensamblaje.



VÁLVULA DE ENTRADA



VÁLVULA DE SALIDA

1. Resorte de bloqueo 2. Perno central 3. Asiento de válvula 4. Placas de válvula 5. Placas de válvula
6. Placas de válvula 7. Pasador de posicionamiento 8. Placa posterior 9. Resortes de amortiguación

Figura 27

## Notas de mantenimiento

- No sujetar la válvula directamente en un tornillo de banco durante el mantenimiento, ya que esto podría dañar o distorsionar el asiento o el cuerpo de la válvula.
- Tomar nota del montaje y del orden en que las desmontó. Siempre es una buena práctica dejar el ensamble en un ambiente limpio para evitar la rotación o mezcla de los componentes durante la desmantelación o reensamblado.
- Si las piezas sólo necesitan limpieza, no usar ruedas de pulido o cepillos de alambre, ya que las placas y asientos se encuentran recubiertas con un acabado superficial.
- Si hay marcas profundas en la placa de la válvula serán muy difíciles de eliminar, antes de esmerilar estas marcas, se debe consultar el manual de mantenimiento del fabricante.
- Algunas placas de válvula no pueden ser esmeriladas porque han sido tratadas con calor y se podrían deformar por el estrés interno.



Figura 28



**Las Válvulas de tipo canal** están diseñadas para trabajo pesado. La válvula usa una serie de canales de acero inoxidable como válvulas. Estas válvulas están amortiguadas para aumentar su vida útil como lo muestra la Figura 79.

Las válvulas de hoja y dedo no se usan para presiones de descarga más altas que 3.500 kPa. Las válvulas de canal están disponibles para presiones hasta 10,5 MPa. Las válvulas de anillo están disponibles para todas las presiones con diseños especiales a 420 MPa y superiores.

### **Dispositivos de protección**

*Interruptor de temperatura* – protege la unidad en contra de altas temperaturas del aire de descarga.

*Presostato* – asegura que el compresor se corte una vez que el aire en el receptor alcance la presión máxima requerida y vuelve a arrancar el compresor cuando ocurre un preajuste mínimo. El tipo de interruptor usado lo determina la fuente de energía, motor eléctrico o motor pequeño de combustión.

El presostato puede ser uno de tres (3) tipos diferentes, dependiendo del tamaño del compresor y del tipo de unidad propulsora usada para accionar el compresor.

En el caso de un motor eléctrico, el presostato normalmente es un tipo de diafragma de presión balanceado con resorte. Consta de un diafragma sellado que es contrapeso con un resorte y un tornillo de ajuste. El tornillo de ajuste permite que se haga el ajuste para las presiones de conexión y desconexión. El eje del diafragma activa un interruptor eléctrico o relé.

En unidades impulsadas por motor de combustión, el presostato es un dispositivo mecánico que descarga los cilindros del compresor para que no sigan comprimiendo aire. También hace que la unidad de regulación del motor ponga el motor en modo ralentí. Cuando la presión cae, pasa lo contrario y el compresor vuelve a su estado de operación.

*Válvula de seguridad* – evita la elevación descontrolada de la presión del aire. Configurado para funcionar cuando la presión de entrega permisible máxima del compresor se exceda.

*Indicador de presión* – LÍNEA ROJA a la presión de trabajo segura.

## **Lubricación del compresor**

Los compresores, dependiendo de su tamaño y tipo, pueden tener una variedad de sistemas de lubricación tales como:

- Gravedad.
- Salpicado.
- Inyección.
- Bomba de alimentación forzada.

### **Lubricación por gravedad**

La lubricación por gravedad de una u otra forma depende del uso de anillos de aceite o discos presentes en el cigüeñal. Éstos llevan el aceite desde el cárter hasta un punto de distribución a un nivel más alto desde el cual el aceite penetra a través de las galerías de aceite.

Donde se usen bombas de aceite para forzar la alimentación a los rodamientos y lubricar las piezas movibles, se incluye un mecanismo de ajuste de presión. Siempre deberá revisar las especificaciones del fabricante o manual de reparaciones para conocer los ajustes correctos.

### **Lubricación por salpicado**

Esta es la más antigua y simple forma de lubricación. La tapa del rodamiento de la vara de conexión tiene un pin como una parte integral. A medida que el cigüeñal gira, el pin golpea la superficie del aceite contenido en el cárter y salpica los puntos de distribución o las partes en movimiento.

### **Lubricación por inyección**

Algunos tipos de compresores rotatorios usan inyección de aceite o agua para lubricar las piezas sujetas a desgaste en la cámara de compresión. Esto se logra con el uso de la presión del aire de descarga para inyectar el lubricante en la entrada del compresor.

## **Filtros**

Todos los compresores usan filtros de aire de una forma u otra tanto en el lado de la entrada como en el lado de la descarga del compresor. Los tipos usados principalmente en el lado de entrada del compresor deberán siempre asegurar buen atrapamiento de

partículas y contaminantes abrasivos para evitar el desgaste en el compresor. Los tipos más comunes de filtros de entrada son:

- Laberinto de aceite húmedo.
- Baño de aceite.
- Tela.
- Papel.
- Combinación ciclón/papel.

Los filtros deberán ser reparados o cambiados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Esto se basa normalmente en el número de horas de funcionamiento.

### **Drenaje de humedad del receptor**

Todos los receptores cuentan con un tipo adecuado de trampa y drenaje de humedad. Los receptores de aire acumulan agua del aire comprimido y debe ser continuamente drenado o de lo contrario el receptor se llenará gradualmente, así como también ocurrirá la acumulación de corrosión. La trampa de humedad debe ser reparada y se debe verificar su funcionamiento de manera periódica. Véase el manual del fabricante para conocer las instrucciones de reparación o mantenimiento.

### **Distribución del sistema de aire**

Cuando se instalen líneas desde el compresor o receptor hasta el punto de distribución, es aconsejable mantener la velocidad del aire en las cañerías por debajo de los 13 metros por segundo. Ya que las pérdidas por fricción entre el aire y la cañería varían directamente según la longitud de las cañerías y el cuadrado de la velocidad del aire, y de manera inversa al diámetro de la cañería, puede ocurrir que una cañería deba ser diseñada dentro de los límites razonables.

### **Cañerías**

Se puede entender las cañerías neumáticas fácilmente cuando se comparan con cañerías hidráulicas que usan energía de fluidos de un modo similar:

### **Presión**

La presión neumática es normalmente de 500 - 850 kPa (74 -125 psi aprox) y casi siempre bajo 750 kPa (110 psi) cuando se usa con herramientas de aire y equipamiento neumático. Por lo tanto, un sistema de cañería, método de unión y material de la cañería son simples

de construir y asequibles de adquirir en comparación con las hidráulicas. Ya que los sistemas hidráulicos tienen "golpe de ariete", causado por la incompresibilidad del aceite, se debe considerar cuidadosamente el desempeño de la presión que se soporta. Sin embargo, para los sistemas neumáticos, los tipos y tamaños adecuados de tubos de nylon y poliuretano se pueden usar ya que el aire es compresible. Por lo tanto, un sistema neumático puede ser usado con menos consideración de desempeño de presión.

### **Cañerías de retorno**

Un sistema neumático es un sistema de circuito abierto. El aire de la atmósfera se comprime y se libera a la atmósfera nuevamente después que un accionador o herramienta consume la energía. Por lo tanto, la cañería de retorno a un estanque, que es necesaria para el sistema hidráulico, no es necesaria para un sistema neumático.

En una situación donde no se desea ruido del escape o que la contaminación ambiental ocurra, se puede rectificar al instalar una cañería de retorno o un silenciador.

### **Fuga**

En los sistemas neumáticos, no hay problemas serios causados por fugas en comparación con un sistema hidráulico, donde puede ocurrir el peligro de contaminación ambiental e incendios. Para válvulas operadas por solenoide y válvulas reductoras de presión, se puede mantener la vida útil y el alto rendimiento por una fuga intencional de aire. Sin embargo, las cañerías con fugas deben ser evitadas tanto como sea posible porque se perderá energía valiosa. Por ejemplo, en una fábrica grande, muchas fugas pequeñas de aire dará como resultado una pérdida grande de energía neumática. Por lo tanto, las pérdidas de aire deben ser minimizadas mediante la inspección periódica de las cañerías.

### **Agua y corrosión**

El agua presente en el aire se convierte de gas a vapor de agua durante la compresión y se licúa durante el enfriado. Esta agua se puede acumular en cañerías que luego actúan como drenaje. La corrosión causada por este líquido condensado en la cañería se descascara en las cañerías y enviado con el aire al extremo del equipo. Ya que esta corrosión impide el funcionamiento del equipo, se debe eliminar este condensado de manera eficiente y eficaz. Si se deja el condensado de agua en las cañerías y el estanque sin ser eliminado, la capacidad de acumulación de volumen y energía disminuye, la carga en el compresor aumenta y la resistencia al flujo dentro de la cañería aumenta. Entonces,

el líquido se debe eliminar del sistema de alguna manera para evitar este problema indeseable.

### *Congelamiento*

Ya que la temperatura del aire comprimido disminuye debido a la expansión, el agua en la cañería puede congelarse a sólo los 0°C de temperatura atmosférica. Esto causa una caída en la capacidad del equipamiento y posiblemente una falla en la cañería. Esto se debe considerar cuidadosamente en un caso donde la instalación de la cañería externa ocurra en un ambiente frío.

### *Funcionamiento intermitente*

En los casos donde el equipamiento neumático consuma un gran volumen de aire en un momento, es conveniente instalar un estanque suplementario cerca del equipamiento para acumular el aire. El uso de un estanque suplementario es eficaz porque la capacidad del compresor puede ser pequeño, las cañerías pueden ser angostas, el cambio de presión será bajo y la influencia sobre otros equipos puede ser minimizado. Este es un método muy conveniente para hacer uso de la compresibilidad del aire.

### **Consideraciones sobre las cañerías**

Cuando se usan muchos equipos en una fábrica, planta o taller, las cañerías deberán ser hechas de tal manera que la cañería principal circule en un circuito como se muestra en la Figura 25. Esto es para minimizar el constante cambio de presión. Al añadir válvulas de cierre a intervalos adecuados, se puede realizar la inspección de cañerías individuales y del equipamiento sin detener otro equipamiento. Algunos puntos principales a considerar:

- Es una práctica habitual instalar todas las cañerías de distribución neumática con una pendiente hacia abajo (aproximadamente  $1/2^\circ$ ) Esto se debe incorporar para ayudar al condensado que fluya al punto más bajo del trabajo de la cañería. Se deberá instalar un acumulador de drenaje de condensado y una válvula de eyección al extremo de la cañería o bifurcación de drenaje de cañería colocadas de manera adecuada.

- Cuando se conectan ramales con la cañería principal, los ramales deberán ser más altos y ajustados con conexiones desde la parte de arriba de la cañería principal. Esto se realiza para que el condensado de la línea principal no ingrese a la línea ramal.
- Se deberá conectar los filtros a intervalos adecuados en las cañerías principales y ramales para que el óxido, carbono y agua no ingresen en el equipamiento.
- En la situación donde los filtros y las válvulas reductoras de presión sean instaladas en la cañería, se deberá usar uniones por flanges o juntas de unión, que pueden ser desarmadas para el cambio o inspección del equipamiento. Además, se deberá dejar y mantener espacio suficiente necesario para el desarme.
- Si se usan cañerías largas y rectas, se deberá considerar cuidadosamente la expansión y contracción por calor y tomar las medidas necesarias.
- El interior de la cañería debe ser purgado totalmente antes del ensamble.

## Típico Taller de Instalación de Tuberías

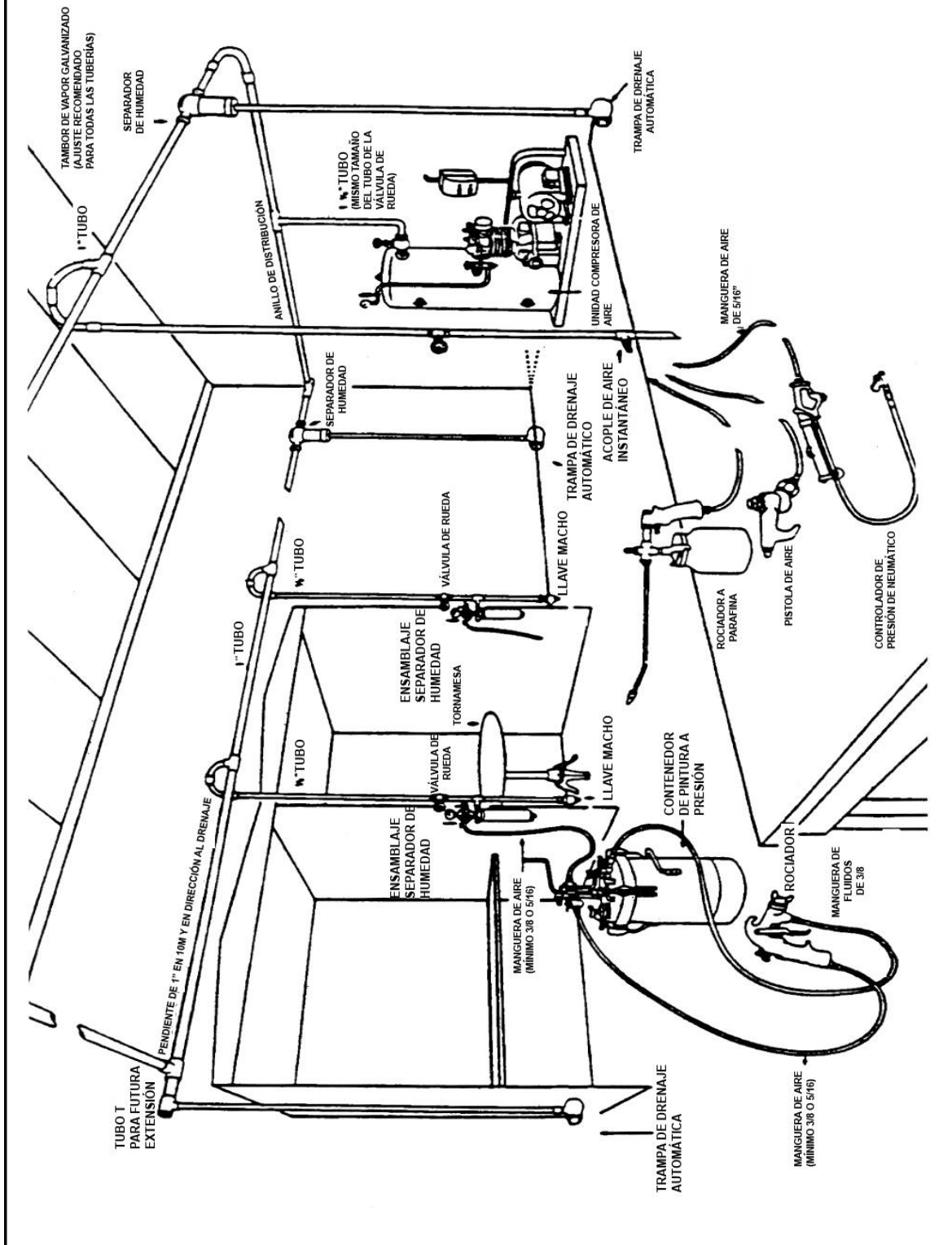


Figura 29



Cuando se usa la cinta de sellado (teflón) en la porción roscada, uno o dos de los primeros hilos de la rosca no deberá ser cubiertos. Esto se realiza para que la cinta no sea arrastrada dentro de la cañería e interfiera en el correcto funcionamiento del sistema.

Cuando se usan mangueras de goma y cañerías de nylon, se deberá usar una cubierta protectora, principalmente si existiera la posibilidad que algunos equipos pasen sobre ella o sean maltratadas de alguna manera.

### **Materiales de unión**

Los materiales con los cuales se construyen las cañerías utilizadas en los sistemas neumáticos son los siguientes:

- Cañería de acero.
- Cañería de cobre y latón.
- Tubo de Nylon.
- Manguera de goma.

Se pueden usar varios métodos para conectar mangueras y líneas de aire comprimido. Estas son:

- Juntas de tipo tornillo.
- Uniones por brida (flanges) apornada.
- Juntas con soldadura de plata.
- Fittings de cobre Yorksil o juntas con soldadura de plata.
- Conexiones avellanadas.
- Conexiones no avellanadas.
- Fitting dentado.

### **Tubo de Nylon**

Se utiliza principalmente donde es necesario tener tubos neumáticos de diámetro pequeño. Esto se debe a su buena resistencia a la corrosión, gran resistencia y aceptable dureza, a pesar de su baja resistencia al calor.

Sin embargo, no se pueden usar donde el material sufra fuertes golpes, ya que se deforma fácilmente y rompe debido a estas interacciones.

Ya que no son rígidas, no pueden soportar un filtro sin un soporte adicional. Están disponibles en diferentes diámetros, tanto en el sistema métricos, como el inglés.

Por lo tanto, se deben examinar cuidadosamente las combinaciones de cañerías y juntas. Importante es saber que, los tubos de poliuretano suave se usan preferentemente para conexiones de menos de 6 mm de diámetro.

### **Manguera de goma**

Ya que la goma tiene buena elasticidad, es la más adecuada en un caso donde un operario, que use herramientas accionadas por aire, pueda mover la manguera a diferentes posiciones. SIEMPRE se debe estar alerta cuando se tire de una manguera, ésta se puede atascar en algo que no se desea tirar.

### **Juntas tipo tornillo**

Se denomina a las juntas donde existen roscas externas en el extremo de cañerías y roscas internas en los fittings de unión. Se conectan al atornillar la cañería en el fitting. Se usa una rosca cónica en cañerías, lo que hace que la unión establecida, permanezca completamente sellada.

Aun cuando las roscas cónicas de alta precisión pueden lograr un buen sellado, se usan los compuestos de sellado o cintas de sellado de Teflón para un mucho mejor sellado de la conexión.

### **Uniones por flange**

Un flange se forma o suelda en un extremo de la cañería que es luego conectada en la superficie plana de otro flange. Este tipo de unión se llama unión por flange.

Ya que las uniones por flanges pueden conectarse o desconectarse fácilmente, y sellarse con una junta, se usan comúnmente para uniones de cañerías y compresores; y para cañerías de diámetro muy grandes.

### **Fittings avellanados**

Se consiguen al agrandar y dar forma al extremo de una cañería de acero de pared delgada o cañería de cobre en una forma avellanada con una herramienta de abocinado. Presionando y juntando esta parte con un fitting avellanado, se puede lograr la conexión y sellado deseado. Como se muestra en la Figura inferior, esto es lo que se sucede cuando las dos piezas son conectadas.

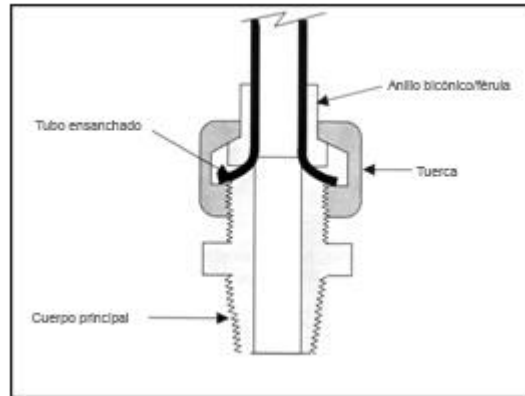


Figura 30

### Fittings no avellanados

Existen principalmente tres (3) tipos de fittings en esta categoría. Un tipo tiene una manga hecha de un material blando que se desliza sobre el exterior de la cañería (a veces llamado casquillo). La cañería entonces presiona la manga dentro de la cañería desde el exterior. Otro tipo tiene una manga dura con dientes que afirma la cañería. Un tercer tipo tiene ambas características. Este fitting se usa para tubos de nylon y cañerías de cobre blando. Un ejemplo se muestra a continuación:

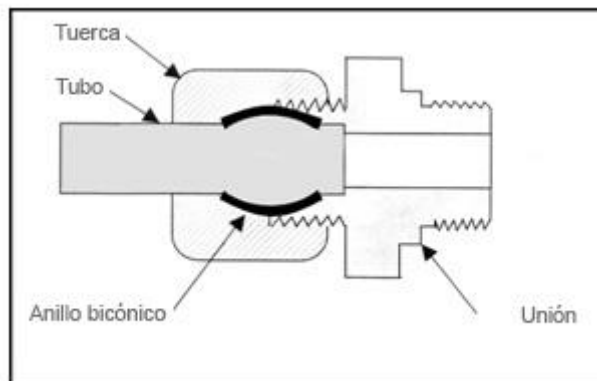


Figura 31

Recientemente, se han desarrollado varios tipos de fittings de conexión inmediata (conexiones de un click), fundamentalmente para optimizar las labores. Su uso es cada vez más habitual.

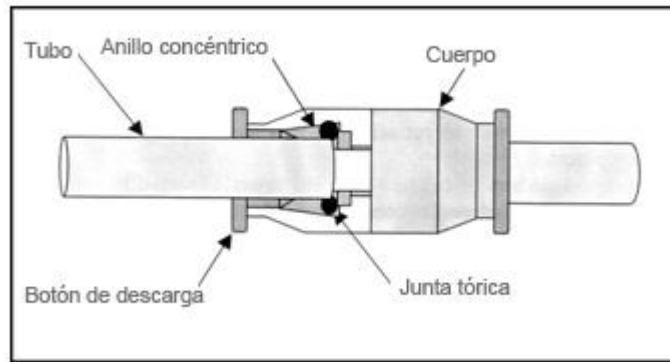


Figura 32

La Figura superior muestra un ejemplo de una conexión de un click. Cuando se inserta un tubo, un anillo concéntrico agarra el tubo. El tubo se puede sacar fácilmente después de soltar el agarre del anillo al presionar un botón de liberación.

### Unión de mangueras de goma

Generalmente, esta unión, que tiene una forma dentada característica, se inserta en una manguera de goma. Este tipo de fitting se llama espiga para manguera. Se usa un anillo de sujeción (abrazadera) de manguera para apretar desde el exterior de la manguera, con lo que se sella la unión.

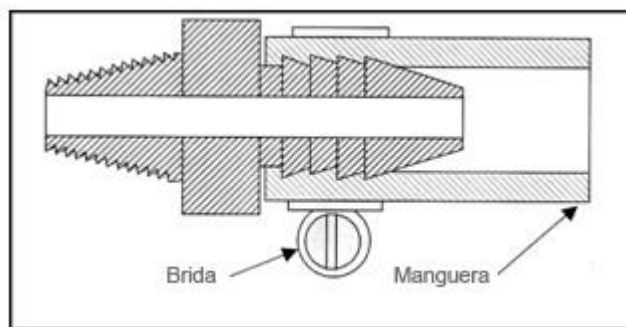


Figura 33

### Cañería de distribución, utilizando tubos de acero

Se deberá cortar una rosca rebajada precisa para cañería con una máquina de roscas adecuada o terraja y acople. El interior de la cañería deberá ser purgado totalmente usando aire comprimido después de ser roscado, esto con el fin de eliminar toda viruta.

La cinta de sellado de teflón se enrolla en la rosca. Cuando la porción roscada necesita ser enrollada con una o dos (2) capas de cinta de sellado, una o dos hilos de la rosca se deben dejar sin cinta de sellado. La cinta de sellado se presiona hacia la rosca con la punta de los

dedos. Si la cinta de sellado se enrollase al extremo de la rosca, una parte de la cinta puede cortarse cuando se une la rosca. Esto puede causar fallas en el equipo.

Al utilizar una cantidad adecuada de compuesto de sellado líquido, se debe aplicar cuidadosamente en la parte roscada, dejando uno o dos (2) pasos de rosca libres de compuesto de sellado. No se debe aplicar en las roscas internas de los equipos. Si se aplica en la rosca interna, puede ocurrir alguna avería de las partes móviles o deslizantes del equipamiento debido al exceso de cemento de sellado que ingresa al sistema.

Si se desea privilegiar algunas labores de mantenimiento, tales como el intercambio e inspección del equipamiento, se deberá usar juntas de unión de cañerías. Esto ahorrará tiempo al permitir la desconexión localizada en vez de desconectar todas las cañerías.

### **Sistema por tubos y Fittings**

Los tubos de Nylon y cobre dúctil se conectan a través de fittings. Al conectarse estos con los equipos, se pueden aplicar los métodos de sellado mencionados anteriormente.

Los tubos se deben cortar con el uso de cortadores de tubos adecuados para que la superficie del extremo del tubo sea perpendicular a la longitud axial del tubo. Si el tubo se corta con alicates, pinzas, o tijeras (sierras para metal en el caso de tubos de cobre o latón) el extremo del tubo puede quedar aplastado o deformado. Las partículas de metal pueden también quedar en el tubo. Las partículas de metal pueden causar fallas prematuras del sellado, trabas u otros tipos de averías.

## Actividad N° 2

### Introducción a la actividad

La siguiente actividad sobre “Ciencias básicas aplicadas” se divide en 4 secciones: nociones de geología, sistemas de unidades y conversiones, equipos de medición y bombas centrífugas. El cierre es común a las tres secciones.

### Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Explicación demostrativa vía plataforma web.	✓
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

- Nociones de geología

### Objetivos de aprendizaje

- Conocer las propiedades básicas de rocas y minerales a través de un muestrario.
- Identificar y clasificar rocas y minerales.

## Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, aplicarán los conocimientos adquiridos a través de los contenidos de la unidad y clasificarán rocas y minerales extraídos en faenas mineras, y organizados en un muestrario. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con estos elementos.

## Materiales y recursos

Se recomienda que la institución de formación y/o el instructor prepare los muestrarios con los minerales y rocas a continuación mencionados.

### Muestrario

#### Metales Metalíferos:

- Calcopirita.
- Piritita.
- Malaquita-azurita.

#### Rocas Magmáticas

- Granulada.
- Porfídica.
- Porosa.

#### Metales no metalíferos:

- Cuarzo.
- Mica.
- Ortosa.

#### Rocas sedimentarias

- Conglomerados.
- Arcilla.
- Areniscas.

#### Nativos no metales:

- Azufre.
- Calcita.
- Grafito.

#### Rocas metamórficas



- Esquisto.
- Mármol.
- Pizarra.





## Desarrollo

El instructor deberá dividir al curso en grupos de acuerdo al número de muestrarios que tenga. Los minerales y rocas del muestrario deberán estar sin nombres con la finalidad de aprender a reconocerlos mediante la observación de sus características.

El instructor podrá además trabajar con las fichas y material gráfico didáctico, en las cuales los participantes podrán registrar las características observables en las fotografías y compáralos con las muestras reales para luego discutir los resultados de sus observaciones.

Roca o Mineral	¿Es roca o mineral? Marque su respuesta	Descripción
	<p>Roca ✓</p> <p>Mineral</p>	<p>¿Qué color tiene?</p> <p>¿Es brillante?</p> <p>¿Se observa la presencia de otro mineral?</p> <p><b>Mencione sus características:</b></p> <p>Es una roca Magmática Granulada (Granito). Se obtiene cuando el magma se enfría lentamente, y cada mineral cristaliza formando granos visibles con tamaños similares.</p>
	<p>Roca</p> <p>Mineral ✓</p>	<p>¿Qué color tiene?</p> <p>¿Es brillante?</p> <p>¿Se observa la presencia de otro mineral?</p> <p><b>Mencione sus características:</b></p> <p>Es azufre. Según su composición química es un elemento nativo: formado por un solo elemento químico.</p>



	<p><b>Roca</b> ✓</p> <p><b>Mineral</b></p>	<p><b>¿Qué color tiene?</b></p> <p><b>¿Es brillante?</b></p> <p><b>¿Se observa la presencia de otro mineral?</b></p> <p><b>Mencione sus características:</b></p> <p>Es una roca sedimentaria (arcilla). Se constituyen a partir de materiales que proceden de la erosión de otras rocas. Estos materiales son transportados y depositados en el fondo de ríos o mares en capas y una vez sedimentados, sufren un proceso de litificación o diagénesis. Este proceso consiste en la compactación o cambio de volumen y la cementación de los sedimentos de materiales hasta formar la roca</p>
	<p><b>Roca</b></p> <p><b>Mineral</b> ✓</p>	<p><b>¿Qué color tiene?</b></p> <p><b>¿Es brillante?</b></p> <p><b>¿Se observa la presencia de otro mineral?</b></p> <p><b>Mencione sus características:</b></p> <p>Es cuarzo. Es un mineral no metalífero, de tipo silicato, su componente principal es el sílice. Se forman a partir del magma que sube desde la Astenósfera.</p>

- **Sistemas de unidades y conversiones**

**Objetivos de aprendizaje:**

- Resolver ejercicios de conversión de unidades.

**Descripción de la actividad**

Los participantes deberán distinguir cuales son las unidades de medidas específicas y ser capaces de convertir una cantidad en otra utilizando operaciones matemáticas y notación científica, para resolver las preguntas y problemas que se presentan a continuación.

**Materiales y recursos**

- Lápiz y papel.
- Recurso WEB: [www.convertworld.com](http://www.convertworld.com).

**Desarrollo**

El instructor indicará a los participantes que trabajarán individualmente, en pares o en grupos para resolver las siguientes situaciones con lápiz y papel. También podrán apoyarse en la plataforma de conversiones “covertworld.com” para realizar de manera sencilla los cálculos requeridos (ver: [www.convertworld.com](http://www.convertworld.com)).

1. Exprese 45 km en metros usando anotación científica

$$4,5 \times 10^3 \text{ m}$$

2. Convierta las siguientes unidades y expréselas en notación científica. Todas estas unidades son de área.

$$100 \text{ mm}^2 \text{ a } \text{m}^2 = 10^{-4}$$

$$3 \text{ m}^2 \text{ a } \text{mm}^2 = 3 \times 10^6$$

$$35 \text{ mm}^2 \text{ a } \text{m}^2 = 3,5 \times 10^{-5}$$

$$10 \text{ m}^2 \text{ a } \text{mm}^2 = 10^7$$

$$48 \text{ cm}^2 \text{ a } \text{m}^2 = 4,8 \times 10^{-10}$$

$$2 \text{ m}^2 \text{ a } \text{cm}^2 = 2 \times 10^4$$

3. Liste las unidades de medición en el sistema internacional (SI):

Magnitudes	Símbolo de la unidad	Unidad básica
Longitud:	m	Metro
Masa:	kg	Kilogramos
Tiempo	s	Segundos
Corriente eléctrica	A	Ampere
Temperatura	°C	Grados Celsius
Fuerza:	N	Newton
Presión:	Pa	Pascal
Energía:	J	Joule
Trabajo:	J	Joule
Temperatura:	°C	Grados Celsius
Volumen:	m <sup>3</sup>	Metros Cúbicos
Potencia:	W	Watts
Carga:	c	Coulomb
Frecuencia	Hz	Hertz
Potencial:	V	Volt
Capacitancia	F	Faraday
Flujo másico:	kg/s	Kilogramos /segundos
Caudal de flujo:	m <sup>3</sup> /s	Metros cúbicos/segundo
Inductancia:	H	Henrio

4. Convierta:

1200 volts a kilovolts.	KV
0.250Amps amilliamps.	mA
4500 microwatts a milliwatts.	mW
400 $\mu$ AamA	mA
150 000 $\Omega$ a M $\Omega$ .	M $\Omega$

5. Escriba en el espacio en blanco los valores faltantes o palabras.

1 hp = 745,7Watt

5.000 W = 5 kW

2,5 kW = 2.500 W

746 W = 0,746kW

5 MW = 5.000.000 W

6. Convierta 6000 W a kilowatt:

6

7. Convierta 6.6kV a volts:

6.600

8. Convierta 100mA a amperes:

0,1

9. Mega es el prefijo que se utiliza cuando una unidad se multiplica por:

Un millón

10. El promedio de vuelta desde la playa al hotel es de 60 km/h. ¿Cuánto tiempo llevará manejar de vuelta si la distancia es 120 km?

Tiempo = 2 horas

11. Un auto utiliza 40 litros de gasolina para un viaje a la playa ida y vuelta. Calcule el consumo de combustible promedio por cada 100 kilómetros si la distancia ida y vuelta a la playa es 200 km.

Son 20 litros.

- **Equipos de medición. Huincha métrica y balanza**

### **Objetivos de aprendizaje**

- Realizar mediciones de longitud y masa.

### **Descripción de la actividad**

Los participantes deberán realizar diversas mediciones de longitud y masa de acuerdo a las instrucciones del instructor.

### **Materiales y recursos**

- Balanza, rango de medición de 0 a 100 kg.
- Huincha métrica, rango de medición de 0 a 5 m.
- 5 Tubos de PVC (50 mm de diámetro) de diferentes longitudes. Por ejemplo: 30 cm, 60 cm, 90 cm, 1,5 m y 2 m.
- Sacos de arena de distinta masa. Por ejemplo: 2 kg, 8 kg, 15 kg, 20 kg y 40 kg.

### **Desarrollo**

El instructor indicará a los participantes que trabajen individualmente, en pares o en grupos y registren sus resultados teniendo en consideración que las mediciones deben ser lo más exactas posibles al largo y peso real del objeto.

El instructor dispondrá de los materiales en el orden que considere apropiado, por ejemplo los tubos de PVC se pueden ordenar de mayor a menor y se deberán medir en mm.

En el caso de la balanza primeramente el instructor debe enfatizar a los participantes que revisen que la balanza este bien calibrada. Luego se sugiere que los participantes vayan pesando cada saco individualmente. Luego pueden pesar todos los sacos juntos. Se solicitará a que lleguen a ciertos pesos específicos como por ejemplo decirles que deben llegar a 40 kilos exactos o 23 kilos y así. Es importante que los participantes registren sus resultados.

Luego que cada participante o grupo haya realizado las mediciones solicitadas, deberán presentar sus resultados al resto de la clase y comparar si hay diferencias en las mediciones.

De haberlas el instructor podrá preguntar a los participantes que harían para determinar el peso real de los objetos con la mayor precisión posible.



Elemento:	Peso (kg) o medida (mm)

- **Bombas centrífugas**

#### **Objetivos de aprendizajes**

- Reconocer el rodete, la carcasa, el eje, el motor eléctrico y sus dimensiones principales.

#### **Descripción de la actividad**

Los siguientes videos son un instrumento en el proceso de enseñanza aprendizaje, que ofrecen una manera estructurada de presentar información relevante sobre nociones básicas en relación las características, tipos, componentes, configuraciones y problemas frecuentes de las bombas centrífugas. El instructor podrá generar una conversación con los participantes a partir de la observación del material audiovisual. Luego de haber visto estos videos los participantes aplicarán lo aprendido reconociendo las partes de una bomba centrífuga y sus principales características.

#### **Materiales y recursos**

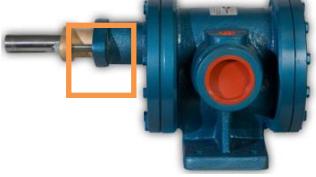
- Material didáctico (Figuras).

Los participantes deberán reconocer las partes de una bomba centrífuga y mencionar su función y/o usos en el cuaderno de actividades.

El instructor decidirá si los participantes trabajaran en grupos, pares o individualmente y al final de la actividad entregará las respuestas correctas y deberá destacar que la actividad más recurrente del mantenedor es el cambio de empaquetadura de la bomba centrífuga.

Respuestas instructor:

Partes básicas	Nombre	Función y/o uso
	Impulsor (álabes)	Es el corazón de la bomba centrífuga, recibe líquido y le imparte velocidad de la cual depende la carga producida por la bomba.
	Voluta	Se llama así por su forma de espiral tipo caracol, su función es convertir energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor de energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante reducción de velocidad por un aumento gradual del área.
	Eje	Es el soporte de todos los elementos que giran en ella, transmitiendo además el movimiento que le imparte el eje del motor.
	Rodamientos	Los rodamientos de las bombas centrífugas soportan las cargas hidráulicas que se producen sobre el impulsor, la masa del impulsor y el eje.
	Descansos	Los descansos son la zona donde “descansa” el eje. Su función es servir de soporte desde la base de la bomba hacia el eje aplicando fuerza transversal para sostenerla.

	Prensa Estopa	Su función es presionar las empaquetaduras que se instalan dentro del cuerpo de la bomba, en la parte trasera del cuerpo de esta, para que no haya fugas de agua.
---	---------------	---

- **Nociones de neumática**

### Objetivos de aprendizajes

- Identificar procesos de producción y distribución de aire comprimido.
- Identificar principales componentes de una red de aire comprimido.

### Descripción de la actividad

Los siguientes videos son un instrumento en el proceso de enseñanza aprendizaje, que ofrecen una manera estructurada de presentar información relevante sobre nociones básicas en relación a la identificación de procesos de producción, componentes de una red y distribución de aire comprimido. El instructor podrá generar una conversación con los participantes a partir de preguntas seleccionadas para guiar la observación del material audiovisual.

### Materiales y recursos:

- Un computador con conexión a Internet.
- Datashow y parlantes de sonido.

### Recursos audiovisuales:

- **Fundamentos de neumática básica:**
- <http://www.youtube.com/watch?v=JrV4SSXipmk>
- **Fundamentos físicos aplicados a neumática:**
- <http://www.youtube.com/watch?v=nFtNyBta-zU>
- **Producción y distribución del aire comprimido:**
- <http://www.youtube.com/watch?v=FJevxFr5ru0>
- **Preparación del aire comprimido:**
- <http://www.youtube.com/watch?v=jKrJJRcurK4>
- **Actuadores neumáticos lineales:**
- [http://www.youtube.com/watch?v=BeS5aXR\\_u2I](http://www.youtube.com/watch?v=BeS5aXR_u2I)
- **Actuadores neumáticos rotativos:**
- <http://www.youtube.com/watch?v=-65-t7ST6Tw>

## **Desarrollo**

El instructor invitará a los participantes a observar con atención cada uno de estos videos y les solicitará que respondan las preguntas a continuación, generando condiciones para una conversación. Se sugiere que el instructor lea o reparta las preguntas por escrito antes de la exhibición de los videos y discuta las respuestas una vez exhibidos.

El instructor podrá adoptar un estilo de dirección que ayude a construir aprendizajes a partir de los videos y la conversación respecto a estos, utilizando técnicas como: clarificar, profundizar, reformular. Para esto deberá pedir aclaraciones cuando intervienen los participantes, profundizará en los temas, escribirá en la pizarra u otro soporte para destacar lo relevante, dará la palabra a la mayor parte posible de participantes y resumirá lo relevante durante el cierre de la actividad.

De igual forma el instructor deberá enfatizar que la fuerza neumática puede realizar diversas funciones y juega un papel relevante en la mecánica.

### **“Fundamentos de neumática”**

#### **Video 1: Fundamentos de neumática básica.**

##### **Según lo expuesto en el video, ¿Qué se entiende por neumática?**

El aire comprimido se puede utilizar para realizar un trabajo y controlar un sistema es lo que estudia la neumática.

##### **¿Qué usos tiene el aire comprimido en un sistema?**

El aire comprimido se utiliza indistintamente en un sistema como un medio para producir trabajo y como un medio de control.

##### **Mencione algunas de las ventajas del uso del aire comprimido expuestas en el video.**

- Efectividad por su accionar en ciclos de tiempos cortos.
- Es seguro ante sobrecarga, si hay bloqueos no quemará ningún motor neumático ni componentes.
- Su limpieza, lo cual permite importantes aplicaciones en el área alimenticia entre otras.
- Su seguridad, el aire comprimido no arde ni explota, permitiendo trabajar en amplia gamas de temperatura.
- Se puede disponer de el almacenándolo, listo para usarse cuando se necesite.
- Es barato en relación a otros elementos de transmisión de energía y control.

## **Video 2: Fundamentos físicos aplicados a neumática**

### **¿Por qué se habla de presión relativa?**

Se considera presión relativa a aquella medición de presión que está por sobre la presión atmosférica tomada esta como punto cero.

### **¿Qué instrumento nos ayuda a medir la presión?**

El instrumento que nos ayuda a medir la presión es el Manómetro.

### **¿Cómo se denomina a la presión que está por bajo la presión relativa?**

Se denomina presión de vacío.

### **¿Cuál es la ventaja de utilizar aire comprimido?**

El aire comprimido puede almacenarse en un recipiente y contiene energía que se puede transformar en movimiento.

### **¿Explique en términos prácticos la fórmula expuesta en el video $V \cdot P = K$ ?**

La fórmula nos dice que si la presión aumenta el volumen debe disminuir proporcionalmente en consecuencia, también nos dice que si la presión disminuye, el volumen deberá aumentar proporcionalmente.

## **Video 3: Producción y distribución del aire comprimido**

### **¿Cuáles son los tipos más comunes de compresores?**

Lo tipos más comunes son de émbolo y de tornillo.

### **¿Cómo funciona el émbolo?**

Cuando el émbolo se desplaza hacia abajo se llena el cilindro de aire, después se eleva el émbolo en esta fase se comprime el aire, cada giro del embolo produce aire comprimido.

### **¿Cómo funciona el tornillo?**

A medida que los torillos giran transportan el aire de manera que lo van comprimiendo desde la entrada a la salida del aire dentro del compresor.

#### **Video 4: Preparación del aire comprimido**

**Según el video, ¿Qué elementos perjudiciales puede tomar el aire comprimido?**

El aire comprimido puede portar humedad y suciedad.

**¿De qué manera perjudican el correcto funcionamiento del aire comprimido?**

La suciedad podría obstruir el paso del aire comprimido y la humedad podría causar oxidación en algunos elementos.

#### **Video 5: Activadores neumáticos lineales**

**¿Qué es el movimiento lineal?**

Un movimiento es lineal cuando el operador se traslada siguiendo la trayectoria de una línea recta

**¿Qué función tiene un activador neumático lineal?**

Un activador lineal transforma la energía neumática en energía mecánica produciendo un movimiento lineal.

#### **Video 6: Activadores neumáticos rotativos**

**¿Cuál es el propósito de los activadores neumáticos rotativos?**

Su propósito es convertir la energía neumática en energía mecánica con movimiento giratorio o lineal.

**Según el video ¿Qué variable es importante considerar en la regulación del funcionamiento de un activador rotatorio?**

Es importante considerar y establecer su ángulo de giro

## Cierre

El instructor deberá destacar que en las tareas de ayudante de sondaje la medición es un aspecto muy relevante de su labor. Podrá explicarles a los participantes que lo que ellos mayormente realizarán son medidas de “magnitudes” y estas magnitudes son extensivas. Esto quiere decir que longitud y peso se pueden describir como “proporcionalmente agregables”.

Por otra parte al medir cantidades de magnitudes continuas se cometen errores debido a diferentes causas, que van desde el propio procedimiento hasta errores de la persona que mide, por tanto los valores que se obtienen son aproximados. El error de medida también puede estar dado por errores del instrumento por lo que es importante revisar y/o calibrar los equipos para medir y pesar.

El instructor deberá enfatizar la importancia que tiene el uso adecuado, el cuidado, la limpieza y la manipulación de los instrumentos de medición, sobretodo porque el desarrollo del oficio se realiza en condiciones de terreno y climáticas complejas, que afectan los equipos.



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





Consejo de Competencias Mineras  
Apoquindo 3500, Piso 7,  
Las Condes, Santiago.  
Teléfono: (562) 2347 2200  
[www.ccminero.cl](http://www.ccminero.cl)