

# GUIA DE ESTUDIO DE LA MATERIA DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE METALES FERROSOS

## ACTIVIDAD PRELIMINAR: MATERIAS PRIMAS DE LOS METALES NO FERROSOS

Competencia específica a desarrollar: Analizar las características y las propiedades de las materias primas y los procedimientos de acondicionamiento a que deben someterse para poder ser utilizadas de manera eficiente en los procesos de obtención sus respectivos metales.

### A. Generalidades de los Metales no Ferrosos.

Materiales no ferrosos Los metales no ferrosos son aquellos en cuya composición no se encuentra el hierro. Los más importantes son: aluminio, cobre, zinc, plomo, estaño, níquel, magnesio y manganeso. Hay otros elementos que con frecuencia se fusionan con ellos para preparar aleaciones de importancia comercial. También hay alrededor de 15 metales menos importantes que tienen usos específicos en la industria. Los metales no ferrosos se clasifican en tres grupos:

- Pesados: son aquellos cuya densidad es igual o mayor de  $5 \text{ kg/dm}^3$ .
- Ligeros: su densidad está comprendida entre 2 y  $5 \text{ kg/dm}^3$ .
- Ultraligeros: su densidad es menor de  $2 \text{ kg/dm}^3$ .

En general, los metales no ferrosos son blandos y tienen poca resistencia mecánica. Para mejorar sus propiedades se alean con otros metales. Ordenados de mayor a menor utilización, son: cobre (y sus aleaciones), aluminio, estaño, plomo, cinc, níquel, cromo, titanio y magnesio. Aunque los productos ferrosos todavía siguen siendo los metales más utilizados en la actualidad, el resto de metales, es decir, los metales no féreos, son cada día más imprescindibles y se emplean cada vez más en la industria para la fabricación de multitud de productos. Los metales no ferrosos se diferencian de los ferrosos principalmente en:

- Resisten mejor la oxidación y corrosión, en general
- Son más difíciles de obtener, por lo que resultan más caros.
- Tienen un punto de fusión relativamente bajo.
- Tienen una resistencia mecánica menor



Productos de los Metales No Ferrosos

# METALES NO FERROSOS

- Comprende todos los metales a excepción del hierro
- Su utilización no es tan masivas como los productos féreos (hierro, acero y fundición) pero tienen una gran importancia en la fabricación de gran cantidad de productos, por propiedades como, en ocasiones:
  - el bajo peso específico
  - la resistencia a la oxidación condiciones ambientales normales
  - la fácil manipulación y mecanizado.
- Las aleaciones de productos no ferrosos tienen gran cantidad de aplicaciones:
  - monedas (fabricadas con aleaciones de cobre, níquel y aluminio)
  - filamentos de bombillas (de wolframio)
  - material de soldadura de componentes electrónicos (estaño-plomo)
  - recubrimientos (cromo, níquel, cinc)
  - etcétera.

## CLASIFICACIÓN DE LOS METALES NO FERROSOS

- En general, los metales no ferrosos son blandos y tienen poca resistencia mecánica. Para mejorar sus propiedades se alean con otros metales.
- Atendiendo a su densidad, se pueden clasificar en:

<i>Tipo</i>	<i>Características</i>	<i>Ejemplo de metal no férrico</i>
<i>Pesados</i>	Su densidad es igual o mayor de 5 kg/dm <sup>3</sup> .	Estaño, cobre, cinc, plomo, cromo, níquel, wolframio y cobalto.
<i>Ligeros</i>	Su densidad está comprendida entre 2 y 5 kg/dm <sup>3</sup> .	Aluminio y titanio.
<i>Ultraligeros</i>	Su densidad es menor de 2 kg/dm <sup>3</sup> .	Magnesio y berilio.

- Los metales no ferrosos, ordenados de mayor a menor utilización, son:
  - *cobre* (y sus aleaciones)
  - *aluminio*
  - *estaño, plomo*
  - *cinc*
  - *níquel*
  - *cromo*
  - *titanio*
  - *magnesio.*

## B. **Minerales de Aluminio (Al) y su Proceso Beneficio**

Es el metal más abundante en la naturaleza. Se encuentra como componente de arcillas, esquistos, feldespatos, pizarras y rocas graníticas, hasta constituir el 8 % de la corteza terrestre. Desafortunadamente, no se encuentra en la naturaleza en estado puro, sino combinado con el oxígeno y otros elementos. El mineral del que se obtiene el aluminio se llama bauxita, que está compuesto por alúmina y es de color rojizo. Se obtiene de la bauxita, su densidad es de 2,7 kg/dm<sup>3</sup>, su punto de fusión es de 660 °C, es muy ligero e inoxidable, es buen conductor de electricidad y del calor. Aleaciones y aplicaciones: Al +Mg: se emplea en la aeronáutica y automoción.



**Mineral de Bauxita**

### Las características del aluminio son:

- ❖ Es muy ligero e inoxidable al aire, pues forma una película muy fina de óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) que lo protege.
- ❖ Es buen conductor de la electricidad y del calor. Se suele emplear en conducciones eléctricas
- ❖ (cables de alta tensión), ya que además pesa poco.
- ❖ Es muy maleable (papel de aluminio para envoltorios) y dúctil.
- ❖ Es un metal muy ligero (2,7 5 gr/cm<sup>3</sup>) y muy resistente a la oxidación.
- ❖ Es un buen conductor eléctrico y del calor.



**Yacimiento de Bauxita**

## **Proceso de beneficio de mineral de aluminio**

Tiene muchos métodos para retirar alúmina, por ejemplo: Bayer , soda de lima sinterización , Bayer – método de sinterización combinado , etc. El método Bayer aplica en la fabricación de alúmina generalmente, y la capacidad de fabricación ocupa en 95% de la capacidad total de alúmina. Desde la década de 1970 , el estudio del ácido ha sido un gran avance, pero aún no aplica en industrial.

En la calcinación de grog refractarios, aplica la fórmula de contenido de álcalis relación bajo, y en la tecnología de digestión de clinker, aplica el relleno abrasivo de sección primera, y la solución de menor proporción molecular, para comprimir la pedida de efectos secundarios en disolución, deja la tasa de disolución de  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  llega a  $94\sim 96\%$  y  $92\sim 94\%$  respectivamente. La tasa de recuperación total de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  es de 90%, el consumo de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en cada tonelada de alúmina es de 95kg. El método de aglomeración de jabón de limón puede tratar el mineral de ley bajo, la relación de Al-Si es tan bajo como 3.5, tiene una mejor utilización de materias primas.

## **Equipo de trituración de beneficio de mineral de aluminio**

Colocado la machacadora de tipo reacción desde la boca de suministro de mineral, y desliza lo largo a platos perforados, el mineral sobre el cedazo, durante el otoño, está machacados por la cabeza de rotor con la velocidad de rotación alta, y vuela a la placa de reacción lo largo a tangente con la velocidad alta, y la placa de reacción contrarresta la placa y conectado con otros minerales, por lo tanto, en la primera cámara de trituración por las crisis repetidas en el mineral es triturado.

La machacadora de cono aplica en Industria metalúrgica, industria de la construcción de materiales, industria de construcción de camino, industria química y industria portland, aplica en machacar los varios minerales y rocas con la dureza intermedia o más intermedia. La machacadora tiene las características como la fuerza grande, alta eficiencia y alta capacidad, bajos costos de operación , el ajuste fácil y económico. Debido a la selección de materia de pieza y el diseño de estructura es razonable, y la vida útil es larga, y el tamaño de partícula de producto es regular, reduce la carga de ciclo. En la machacadora pequeña y grande, aplica el sistema de limpieza de cámara hidráulico, reduce el tiempo de apagado, y tiene varios tipos de cámaras de machacadora, los usuarios puede seleccionar el tipo de cámara de acuerdo con las demandas de clientes, para ajustar las demandas.



**Proceso de Beneficio de la Bauxita**

## Obtención del aluminio

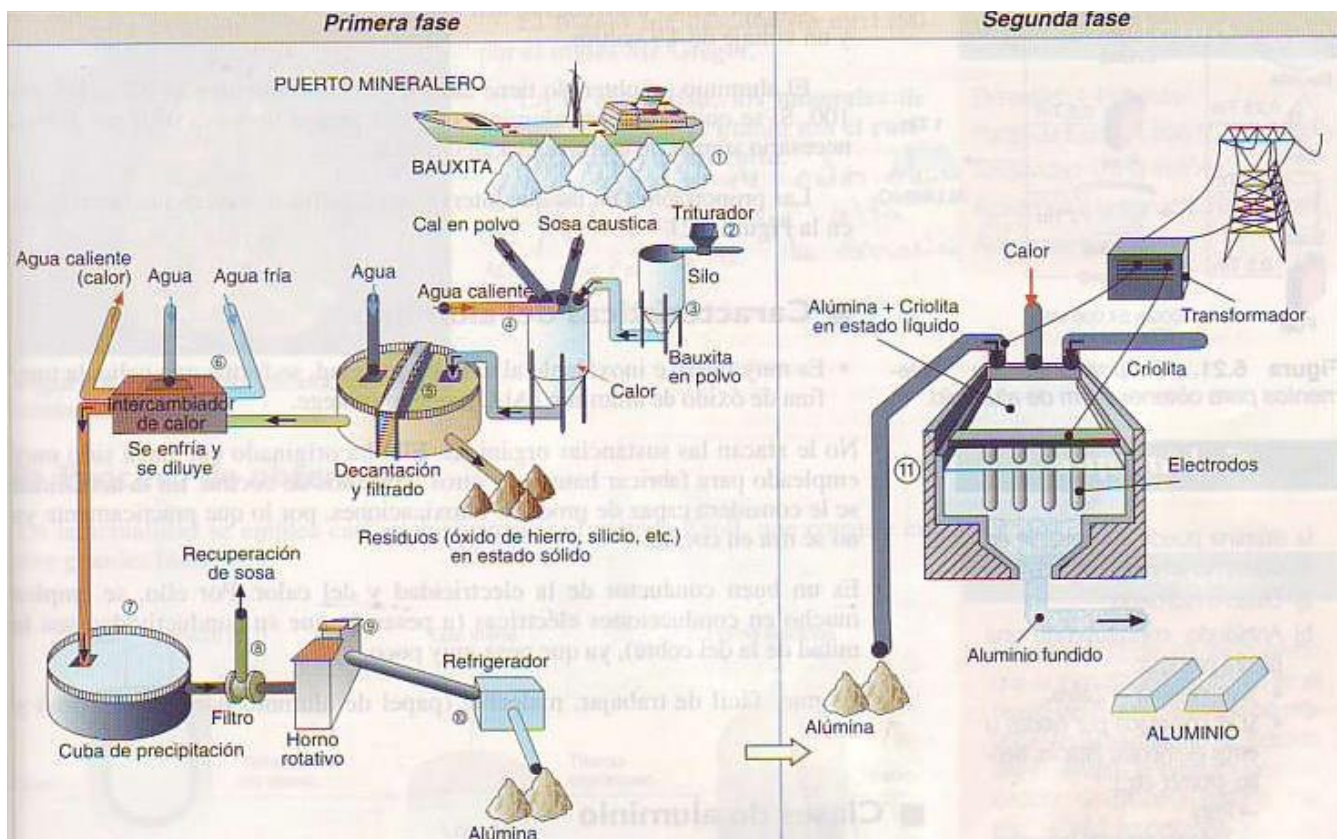
El *método Bayer* es el proceso de obtención de aluminio más empleado por resultar el más económico, por lo que la bauxita se transporta desde la mina al lugar de transformación (cerca de puertos, ya que la mayoría se importa). Se tritura y muele hasta que queda pulverizada. Se almacena en silos hasta que se vaya a consumir. En un mezclador se introduce bauxita en polvo, sosa cáustica, cal y agua caliente.

Todo ello hace que la bauxita se disuelva en la sosa. En el decantador se separan los residuos (óxidos que se hallan en estado sólido y no fueron atacados por la sosa). En el intercambiador de calor se enfría la disolución y se le añade agua. En la cuba de precipitación, la alúmina se precipita en el fondo de la cuba. Un filtro permite separar la alúmina de la sosa. La alúmina se calienta a unos 1200 °C en un horno, para eliminar por completo la humedad. En el refrigerador se enfría la alúmina hasta la temperatura ambiente.

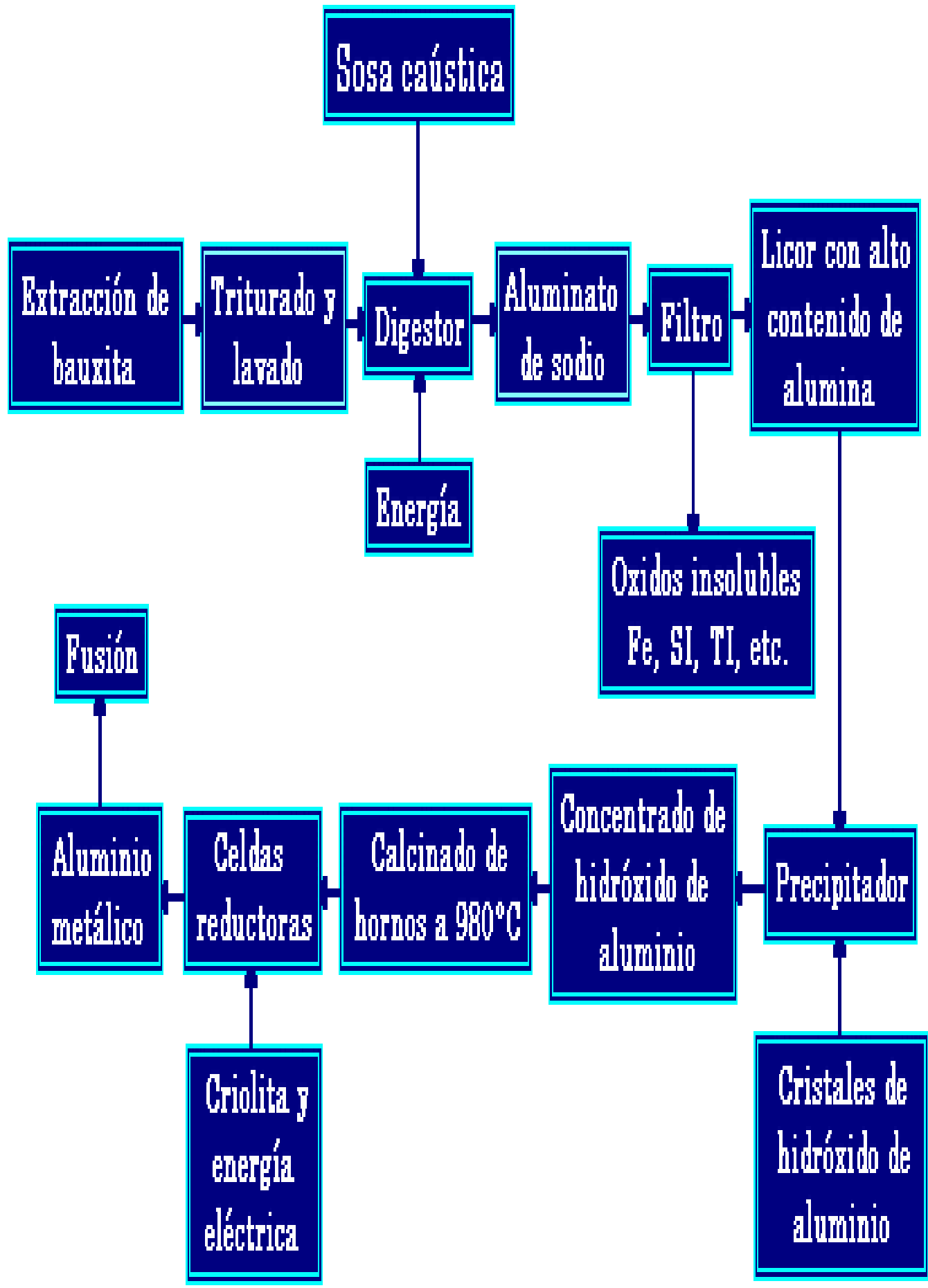
Para obtener aluminio a través de la alúmina, ésta se disuelve en criolita fundida (que protege al baño de la oxidación), a una temperatura de unos 1000 °C, y se la somete a un proceso de electrólisis que descompone el material en aluminio y oxígeno.

El mineral del que se extrae el aluminio es la bauxita. El método de extracción tiene dos fases: Se emplea un método llamada Bayer y después se combina con la electrólisis:

1. Se tritura y muele el mineral hasta reducirlo a polvo
2. Se mezcla el polvo con sosa caustica, cal y agua caliente.
3. La sosa disuelve la bauxita, separándose los residuos en el decantador.
4. El material útil se llama alúmina, al cual debe eliminarse todo el agua que posea y refrigerarse.
5. Para obtener el aluminio, se disuelve la alúmina en una sustancia llamada criolita a una temperatura de 1000 °C y se somete a un proceso de electrólisis que descompone el material en aluminio.



**Diagrama de Flujo de la obtención de Aluminio**



## Aleaciones del aluminio

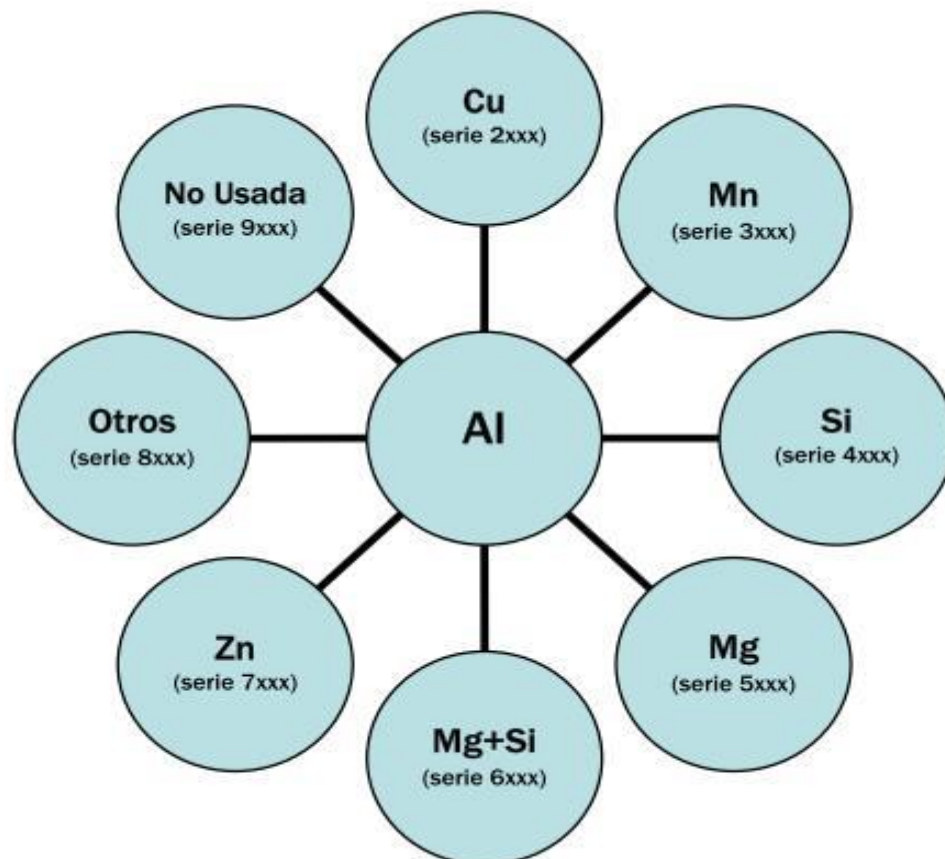
El aluminio suele alearse con otros metales para mejorar sus propiedades mecánicas.

- ✓ Con cobre: Es el duraluminio. Es un aluminio de alta dureza y buena maquinabilidad, además de ser ligero
- ✓ Aluminio + cobre (Duraluminio o bronce de aluminio): Se usa en bases de sartenes, llantas de coches, bicicletas, etc.
- ✓ Con Cinc: Es un aluminio duro y resistente a la corrosión.
- ✓ Aluminio + magnesio: Se emplea mayoritariamente en aeronáutica y en automoción.
- ✓ Aluminio + cobre + silicio: Ideal para obtener piezas de moldeo por inyección.
- ✓ Aluminio + níquel + cobalto (Alnico): Con esta aleación se fabrican potentes imanes permanentes.
- ✓ Aluminio puro (en polvo): Mezclado con pintura, protege muy bien de la intemperie.

En cuanto a las clases de aluminio y sus aplicaciones, el aluminio se utiliza normalmente aleado con otros metales con objeto de mejorar su dureza y resistencia. Pero también se comercializa en estado puro.

- ✓ Por ser ligero se emplea en la industria aeronáutica, automovilística, ...
- ✓ Por ser buen conductor eléctrico, se utiliza en conducciones aéreas de alta tensión.
- ✓ Por su resistencia a la corrosión: se emplea para fabricar depósitos para bebidas, baterías de cocina, envolver alimentos, ...

Las formas usualmente empleadas en la comercialización del aluminio son: alambres de diferentes diámetros, chapas, perfiles y barras de diferentes secciones.



**Tipos de Aleaciones del Aluminio**

## C. **Minerales de Cobre (Cu) y su Proceso Beneficio**

Los minerales de cobre más utilizados en la actualidad se encuentran en forma de cobre nativo, sulfuros (calcopirita y calcosina) y óxidos (malaquita y cuprita).



### **Minerales de Cobre**

Características: se encuentra en el cobre nativo, la calcopirita, la calcosina, la malaquita y la cuprita; su densidad es de 8,9 kg/dm, su punto de fusión es de 1083 ° C, su resistencia de tracción es de 18 kg/mm<sup>2</sup>; es dúctil, manejable y posee una alta conductividad eléctrica y térmica. Aleaciones: las más importantes son el bronce (cobre + estaño), latón que se compone por cobre y cinc. Aplicaciones: Campanas, engranes, cables eléctricos, motores eléctricos.

Todos estos metales no ferrosos, es estado puro, son blandos y poseen una resistencia mecánica bastante reducida. Para mejorar sus propiedades, los metales puros suelen alearse con otros.

#### **Las características del cobre son:**

- Es muy dúctil (se obtienen hilos muy finos) y maleables (pueden formarse láminas hasta de 0,02 mm de espesor).
- Posee una alta conductividad eléctrica y térmica.
- Es uno de los metales no ferrosos de mayor utilización.
- Tiene un color rojo-pardo.
- Su conductividad eléctrica es elevada (solo superada por la plata)
- Su conductividad térmica también es elevada.
- Es un metal bastante pesado, su densidad es 9 5 gr/cm<sup>3</sup>.
- Resiste muy bien la corrosión y la oxidación.
- Es muy dúctil y maleable.



Los minerales más utilizados para obtener cobre son sulfuros de cobre, especialmente la calcopirita. También existen minerales de óxido de cobre, destacando la malaquita y la cuprita. Los minerales de cobre suelen ir acompañados también de hierro. Existen dos métodos de obtención del cobre

- ✓ La vía húmeda
- ✓ La vía seca

A. Vía húmeda: Se emplea solamente cuando el contenido de cobre en el mineral es muy reducido (menos de un 10%). Consiste en triturar todo el mineral y añadirle ácido sulfúrico y aplicar a la mezcla el proceso de electrólisis (es decir, aplicar una corriente continua introduciendo dos electrodos en la mezcla).

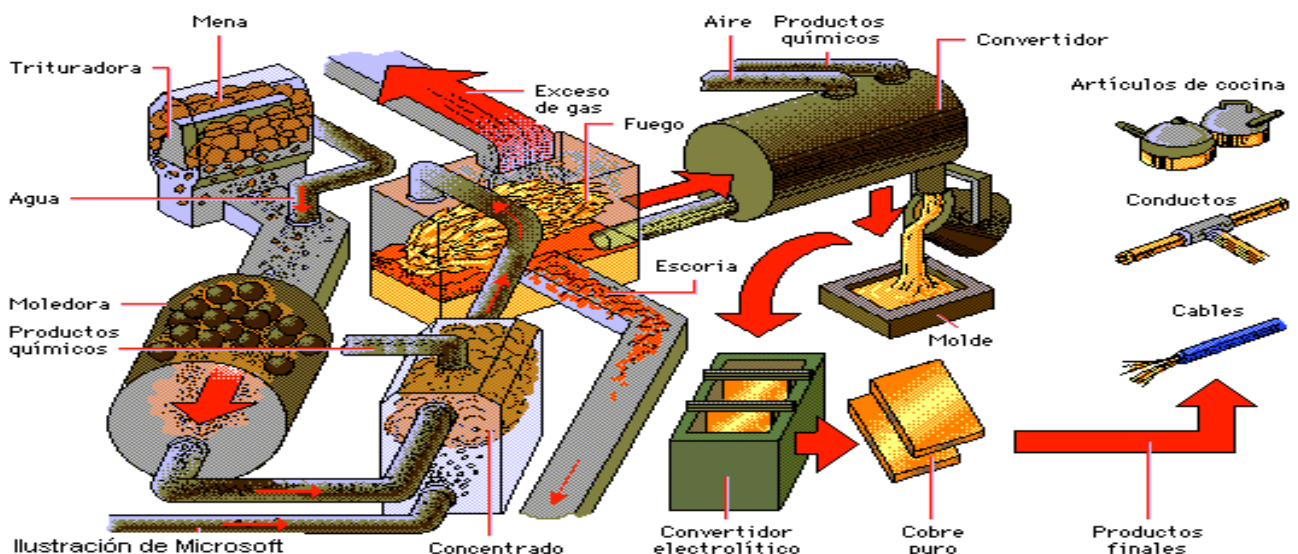
B. Vía seca: Se emplea solamente cuando el contenido de cobre supera el 10%. Consta de las siguientes fases:

a) El mineral de cobre (1) se introduce en la trituradora o machacadora (2). Luego se pasa por un molino de bolas (3) con objeto de pulverizarlo. Este molino consta de un cilindro con agujeros muy finos, por donde saldrá el mineral pulverizado, y unas bolas de acero que giran libremente cuando lo hace el cilindro.

b) Para separar la mena de la ganga, se introduce el mineral en polvo en un depósito lleno de agua (4) y se agita. El mineral, más pesado, se irá al fondo, mientras que la ganga flotará y se sacará por arriba.

c) El mineral concentrado se llevará a un horno (5), donde se oxidará parcialmente. El objetivo es oxidar el hierro presente, pero no el cobre. Actualmente se suele colocar en una cinta transportadora metálica que se mueve lentamente al mismo tiempo que se calienta la mena. De esta manera se consigue separar el hierro del cobre.

d) A continuación se introduce todo en un horno de reverbero (6), donde se funde. Se le añade fundente (sílice y cal) para que reaccione con el azufre y el óxido de hierro y forme la escoria. El cobre aquí obtenido tiene una pureza aproximada del 40 % y recibe el nombre de cobre bruto o cobre blíster. Si se quiere obtener un cobre de pureza superior al 99,9 % (9), es necesario un refinado electrolítico en la cuba (8).



**Proceso de Obtención del Cobre**

## Aleaciones del cobre

La adición de otros metales no ferrosos al cobre mejora sustancialmente sus propiedades mecánicas y de resistencia a la oxidación, aunque empeora ligeramente su conductividad eléctrica y calorífica. Las aleaciones más usadas son:

- Bronces: Son aleaciones de cobre y estaño; y en ocasiones, de otros elementos. Es mucho más duro resistente que el cobre.
- Latones: Son aleaciones de cobre y cinc
- Cuproaluminio: Son aleaciones de cobre ya aluminio. Son muy resistentes a la oxidación y la corrosión.

Composición química, % peso	Tratamiento	Resistencia a tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Aplicaciones típicas
99.75Cu	Pieza fundida	172	62	40	Conductores eléctricos y térmicos, aplicaciones de resistencia a la corrosión.
96.4Cu, 1.7Be, 0.25Co	Pieza fundida Tratamiento térmico	497 1035	255 966	20 1	Herramientas de seguridad, moldes para piezas de plástico, levas, manguitos aisladores, cojinetes, válvulas, partes de bombas, engranajes.
85Cu, 5Sn, 5Pb, 5Zn	Pieza fundida	255	117	30	Válvulas, llantas, conexiones de cañerías, instalaciones de cañerías, cuerpos de bombas, rotores de bombas de agua y armazones, accesorios ornamentales.
89Cu, 4Si	Pieza fundida	379	172	30	Cojinetes, cintas transportadoras, propulsores, componentes de válvulas y bombas, accesorios de montaje marino, piezas fundidas resistentes a la corrosión.
93Cu, 8Sn, 4Zn	Pieza fundida	310	145	30	Cojinetes, manguitos aisladores, bombas de propulsión, aros de pistón, componentes de válvulas, anillos de estancamiento, adaptadores de vapor, engranajes.
85 Cu, 4 Fe, 11 Al	Pieza fundida Tratamiento térmico	586 725	242 373	18 8	Cojinetes, engranajes, tornillos sin fin, manguitos aisladores, válvulas de asiento y guías.
69 Cu, 30 Ni, 0.9 Fe	Pieza fundida	469	255	28	Válvulas, cajas de bombas, zapatas, tubos acodados destinados a resistir la corrosión del agua del mar.

## Aplicaciones del cobre

Su principal aplicación es como conductor eléctrico. Pues su ductilidad le permite transformarlo en cables de cualquier diámetro. Por su alta resistencia a la oxidación se emplea en instalaciones de fontanería, tuberías y calderas.

- Bronce (aleación de cobre y estaño):
  - Ordinario. Sólo lleva cobre y estaño (del 5 al 30%). Campanas y engranajes.
  - Especial. Lleva cobre, estaño y otros elementos químicos. Esculturas y cables eléctricos.
- Latón (aleación de cobre y cinc):
  - Ordinario. Sólo lleva cobre y cinc (del 30 al 55%). Tornillería.
  - Especial. Lleva cobre, cinc y otros elementos químicos. Grifos, tuercas y tornillos.
- Cuproaluminio: Aleación de cobre y aluminio. Hélices de barco, turbinas, etc.
- Alpaca: Aleación de cobre, níquel y cinc. Tiene un color plateado. Joyería barata, cubiertos.
- Cuproníquel: Aleación de cobre y níquel (del 40 al 50%). Monedas y contactos eléctricos.



Productos de Cobre

## D. **Minerales Plomo ( Pb ) y su Proceso de Beneficio**

Se empieza a utilizar, aproximadamente, en el año 5000 a.C., adquiriendo gran importancia durante el periodo romano y a partir del siglo XIX. El mineral de plomo más empleado es la galena, que está compuesta de sulfuro de plomo.



**Minerales de Plomo ( Galena )**

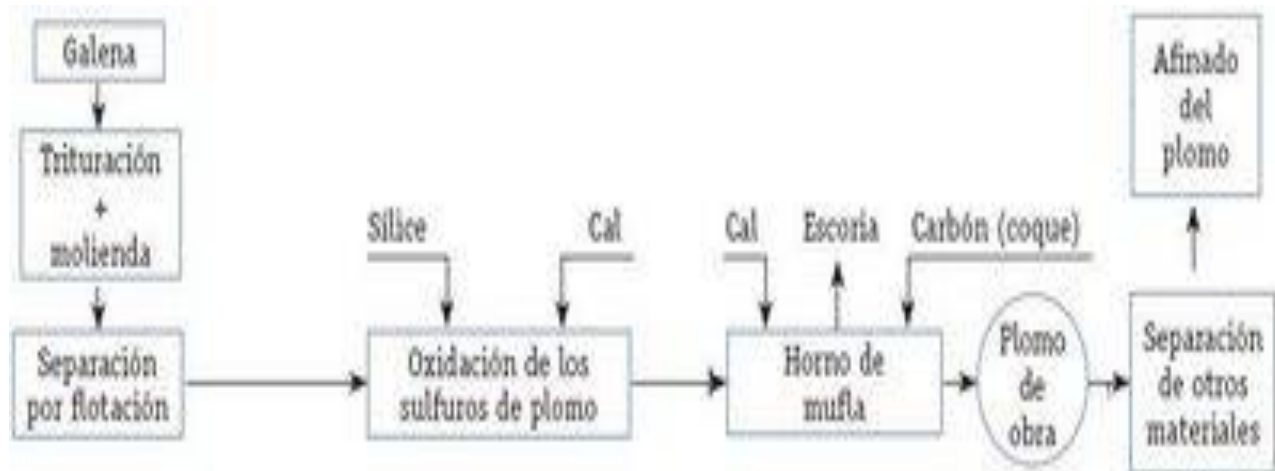
### **Sus características son:**

- ✓ Es muy maleable y blando.
- ✓ De color grisáceo-blanco muy brillante cuando está recién cortado. Se oxida con facilidad, formando una capa de carbonato básico que lo autoprotege.
- ✓ Resiste bien a los ácidos clorhídrico y sulfúrico, pero es atacado por el ácido nítrico y el vapor de azufre.



## La obtención del plomo consta de cuatro fases:

1. **Enriquecimiento:** La galena se tritura y muele. Luego se separa la ganga de la mena mediante flotación.
2. **Oxidación de los sulfuros:** Hay que tostar (a unos 700 °C) todos los sulfuros de Pb para transformarlos en óxidos. Al añadir sílice y cal, se obtiene monóxido de plomo (PbO).
3. **Reducción del monóxido de Pb:** Se realiza en un horno de mufla (especie de horno alto en pequeño). Se usa carbón de coque y cal. El plomo obtenido contiene muchas impurezas. Se llama plomo de obra.
4. **Afinado del plomo:** Hay dos fases: 1ª Separación de otros metales (cobre, cinc, plata, etc.) y la 2ª Afinado electrolítico.



Por su capacidad de resistir bien a los agentes atmosféricos y químicos, el plomo tiene multitud de aplicaciones, tanto en estado puro como formando aleaciones. Las más importantes son:

### *En estado puro:*

Óxido de plomo. Usado para fabricar pinturas al minio (antioxidantes).

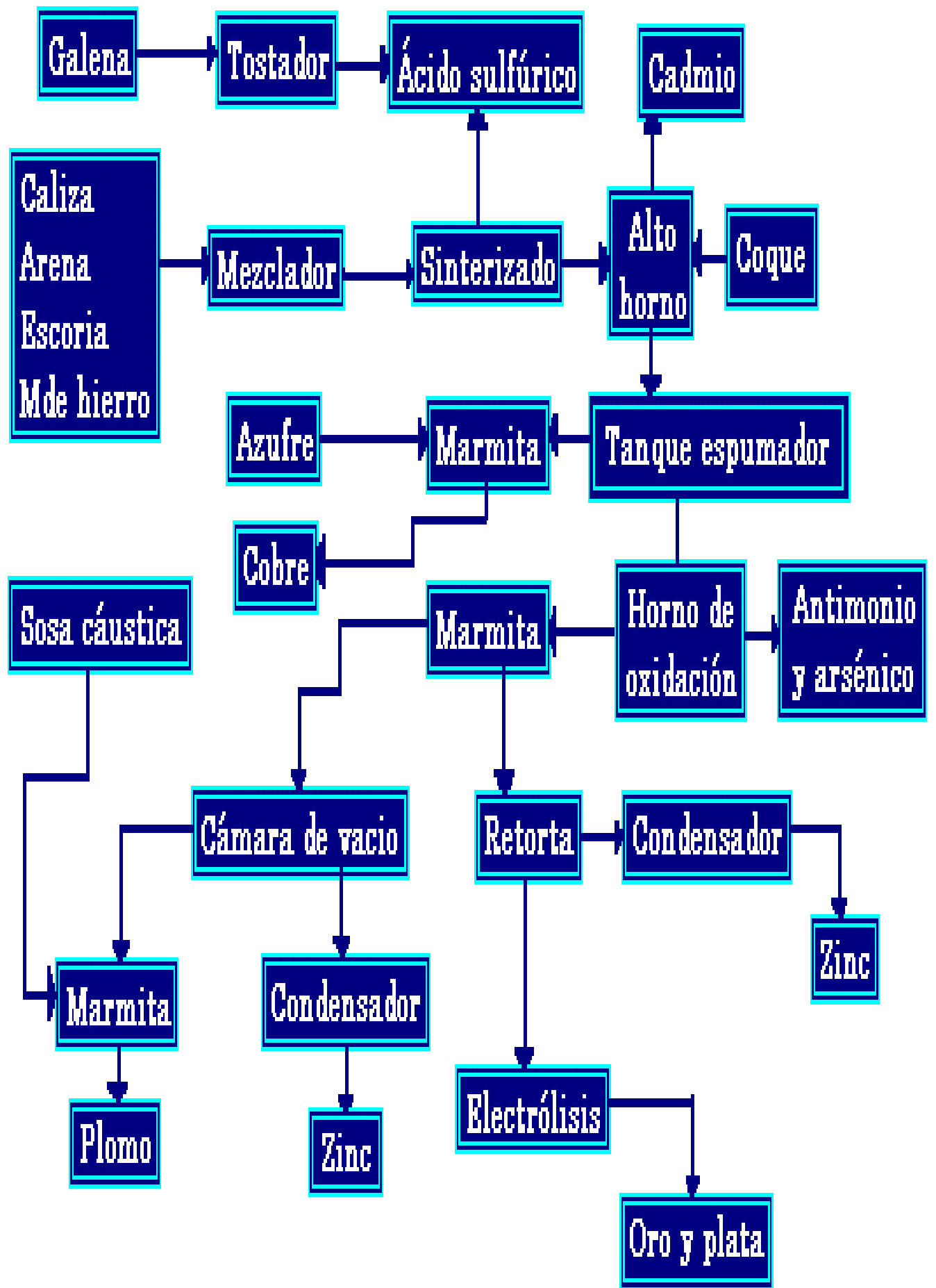
Tuberías. Está prácticamente en desuso.

Recubrimiento de baterías, protección de radiaciones nucleares (rayos X), etc.

### *Formando aleación:*

Soldadura blanda, a base de plomo y estaño, empleado como material de aportación.





## E. **Minerales de Zinc ( Zn ) y Estaño (Sn) y su Proceso de Beneficio**

Es conocido desde la más remota antigüedad, pero no se consiguió aislarlo de otros elementos, por lo que no se obtuvo en estado puro hasta el siglo XVII. Los minerales más empleados en la extracción del zinc son la blenda y la calamina.



**Minerales de Zinc**

### El zinc posee las siguientes características:

- ✓ Es muy resistente a la oxidación y corrosión en el aire y en el agua, pero poco resistente al ataque de ácidos y sales.
- ✓ Tiene el mayor coeficiente de dilatación térmica de todos los metales.
- ✓ A temperatura ambiente es quebradizo, pero entre 100 y 150 °C es muy maleable.

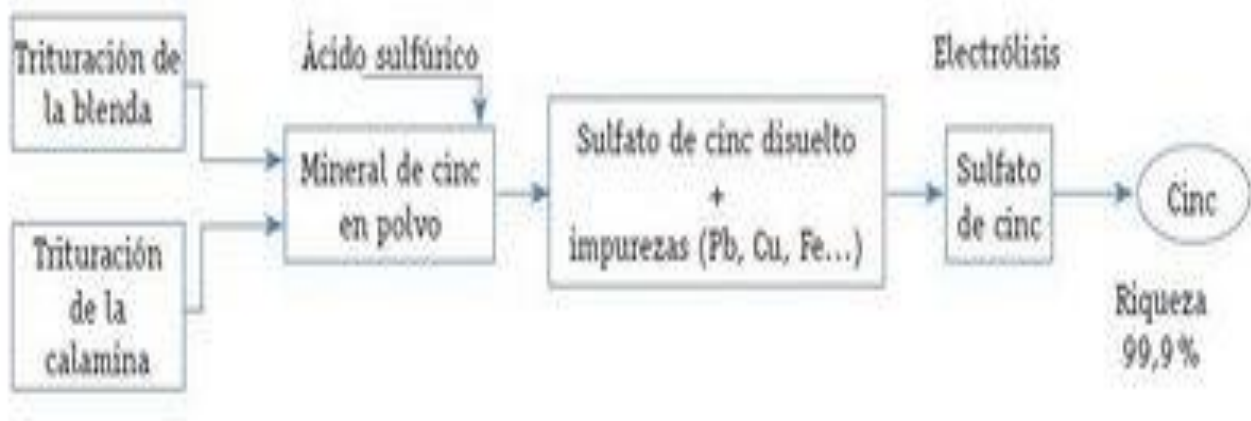
### Proceso de Obtención del Zinc

Al igual que con el cobre, dependiendo de la concentración de zinc se emplean dos procedimientos de obtención: vía seca (mayores del 10%) y vía húmeda (inferiores al 10%).

#### *Vía Seca*



## Vía Húmeda



## Aleaciones de Zinc

- ✓ Latones (Cobre y zinc): Al ser más barato el zinc que el estaño, en muchas aplicaciones está sustituyendo al bronce.
- ✓ Plata alemana o alpaca (Cu + Ni + Zn): Utilizada antiguamente en cubertería y en la actualidad en joyería barata y fabricación de estuches.
- ✓ Zamak (Al + Cu + Zn): Obtención de piezas de gran precisión y de gran calidad superficial, con lo que no necesitan mecanizado.
- ✓ Chapas de diferentes espesores: Recubrimiento de tejados; Canalones y cornisas, así como tubos de bajada de agua y depósitos; Recubrimiento de pilas.
- ✓ *Recubrimiento de piezas*
- ✓ Galvanizado electrolítico: consiste en recubrir, mediante electrólisis, un metal con una capa muy fina de zinc (unas 15 milésimas de milímetro).
- ✓ Galvanizado en caliente: la pieza se introduce en un baño de zinc fundido. Una vez enfriada, el zinc queda adherido y la pieza protegida.
- ✓ Metalizado: se proyectan partículas diminutas de zinc, mezcladas con pintura, sobre la superficie a proteger.
- ✓ Sherardización: consiste en recubrir con polvo de zinc una pieza de acero e introducirla en un horno. Por el calor, el zinc penetra en el acero.
- ✓ Óxidos de zinc: Bronceadores, desodorantes, etc.; Colorantes, pegamentos, conservantes, etc.





## **Estaño (Sn)**

Características: su densidad, su punto de fusión alcanza los 231° C, tiene una resistencia de tracción de 5 kg/mm<sup>2</sup>; en estado puro tiene un color brillante pero a temperatura ambiente se oxida y lo pierde, en temperatura ambiente es muy blando y flexible, sin embargo en caliente es frágil y quebradizo, por debajo de -18°C se empieza a descomponer convirtiéndose en un polvo gris.

Este proceso se conoce como peste de estaño; al doblarse se oye un crujido denominado grito de estaño. Aleaciones: las más importantes son el bronce (cobre y estaño) y las soldaduras blandas (plomo + estaño con proporciones de este entre el 25% y el 90%) Aplicaciones: sus aplicaciones más importantes son la fabricación de hojalata y proteger el acero contra la oxidación.

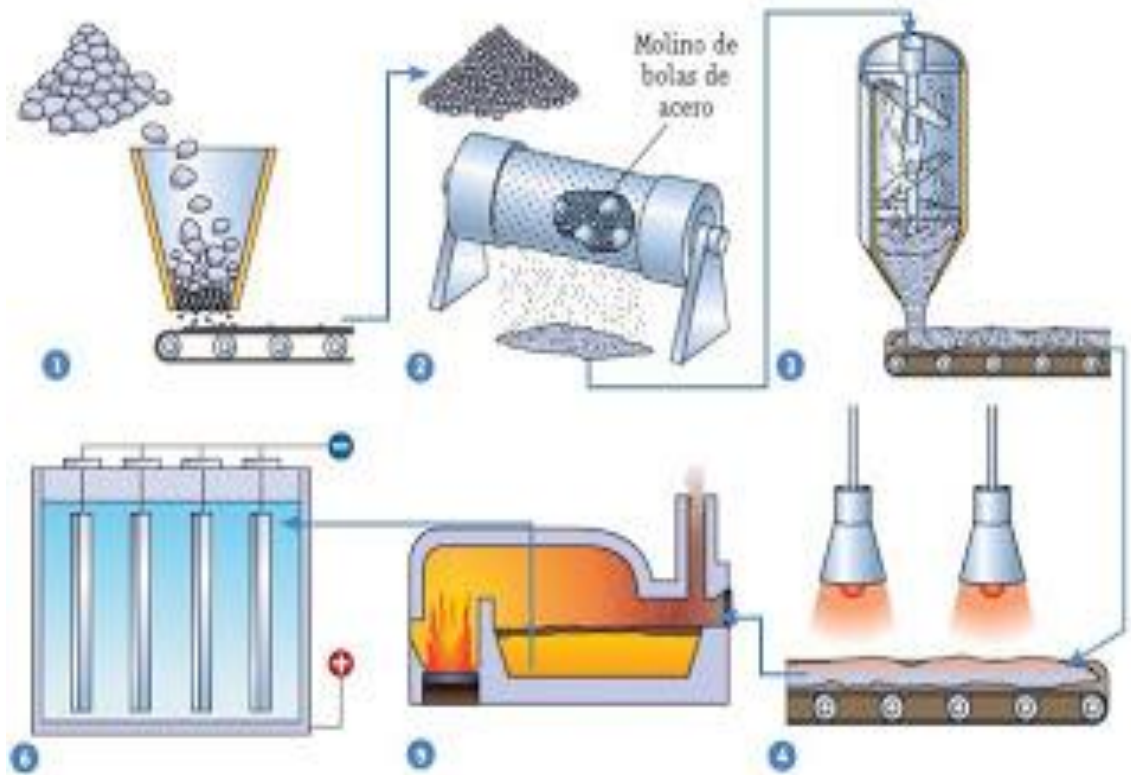
Se trata de un metal bastante escaso en la corteza terrestre. Afortunadamente, se suele encontrar concentrado en minas, aunque la riqueza suele ser bastante baja (del orden del 0,02 %). El mineral de estaño más explotado es la casiterita, en el que este metal se encuentra en forma de óxido (SnO<sub>2</sub>).



**Mineral de Estaño**

### **El proceso de obtención del estaño es el siguiente:**

- La casiterita se tritura (1) y muele (2) en molinos adecuados. Luego se introduce en una cuba con agua (3), en la que se agita. Por decantación, el mineral de estaño (que es más pesado) se va al fondo y se separa de la ganga.
- Posteriormente se introduce en un horno (4), donde se oxidan los posibles sulfuros de estaño que hay en el mineral y se transforman en óxidos.
- La mena de estaño, en forma de óxido, se introduce en un horno de reverbero (5), donde se produce la reducción (transformación de óxido de estaño a estaño), depositándose el estaño en la parte inferior y la escoria en la superior.
- Finalmente, para obtener un estaño con porcentaje del 99 %, es necesario someterlo a un proceso electrolítico (6).



### Proceso de Obtención del Estaño

#### Las características principales del estaño son:

- ✓ El estaño puro tiene un color muy brillante. A temperatura ambiente se oxida y pierde el brillo exterior.
- ✓ A temperatura ambiente es muy maleable y blando, y pueden obtenerse hojas de papel de estaño de algunas décimas de milímetro de espesor. Sin embargo, en caliente es frágil y quebradizo.
- ✓ Por debajo de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  empieza a descomponerse y a convertirse en un polvo gris. A este proceso se le conoce como enfermedad o peste del estaño.
- ✓ Cuando se dobla se oye un crujido denominado grito del estaño.

#### Las aleaciones principales de estaño son:

- ✓ **Bronce.** Es un aleación de cobre y estaño.
- ✓ **Soldaduras blandas.** Son aleaciones de plomo y estaño con proporciones de estaño entre el 25 y el 90 %.
- ✓ **Aleaciones de bajo punto de fusión.** Las más importantes son:
  - Darcet (25 % Sn + 25 % Pb + 50 % Bi), que funde a los  $97\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - Cerrolow (8,3% Sn + 22,6% Pb + 44,7% Bi + 5,3% Cd + 19,1% In), que funde a los  $470\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Una de las aplicaciones más importantes del estaño es la fabricación de hojalata. Consiste en recubrir una chapa de acero con dos capas muy finas de estaño puro. El estaño protege al acero contra la oxidación.

## F. Metales de Oro (Au) y Plata (Ag) y su Proceso de Beneficio

Se denomina metal nativo a cualquier metal que se encuentra en su forma metálica (sin ningún tipo de Mena) ya sea puro o como una aleación en la naturaleza. Los metales que se pueden encontrar como depósitos nativos individualmente y / o en aleaciones y de zinc, así como dos grupos de metales: el grupo de oro, y el grupo del platino. El grupo de oro consiste en oro, cobre, plomo, aluminio, mercurio y plata.

Sólo el oro, la plata, el cobre y los metales del platino se producen en la naturaleza en grandes cantidades. En escalas de tiempo geológicas, muy pocos metales pueden resistir los procesos de meteorización naturales como la oxidación, por lo general, sólo los metales menos reactivos como el oro y el platino se encuentran los metales nativos. Los otros se producen por lo general como bolsas aisladas donde un proceso químico natural reduce un compuesto común o de mineral del metal, dejando el metal puro como pequeños copos o inclusiones.

El oro es el más conocido de los metales nativos. El oro extraído es casi siempre retratado como pepitas sólido o venas. En efecto, la mayor parte del oro se extrae como metal nativo y se puede encontrar como venas o alambres de oro en una matriz de la roca, o granos finos de oro, mezclado con sedimentos o unido dentro de la roca. La imagen icónica de la minería de oro para muchos es el lavado de oro, que es un método de separación de pepitas de oro puro a partir de sedimentos de los ríos debido a su gran densidad.

Debido a que es relativamente inerte, se suele encontrar como metal, a veces como pepitas grandes, pero generalmente se encuentra en pequeñas inclusiones en algunos minerales, vetas de cuarzo, pizarra, rocas metamórficas y depósitos aluviales originados de estas fuentes. El oro está ampliamente distribuido y a menudo se encuentra asociado a los minerales cuarzo y piritita, y se combina con telurio en los minerales calaverita, silvanita y otros. Los romanos extraían mucho oro de las minas españolas, pero hoy en día muchas de las minas de este país están agotadas.

El oro exhibe un color amarillo en bruto. Es considerado como el metal más maleable y dúctil que se conoce.<sup>2</sup> Una onza (31,10 g) de oro puede moldearse en una lámina que cubra 28 m<sup>2</sup>. [cita requerida] Como es un metal blando, son frecuentes las aleaciones con otros metales con el fin de proporcionarle dureza.

Además, es un buen conductor del calor y de la electricidad, y no le afecta el aire ni la mayoría de los agentes químicos. Tiene una alta resistencia a la alteración química por parte del calor, la humedad y la mayoría de los agentes corrosivos, y así está bien adaptado a su uso en la acuñación de monedas y en la joyería.

Se trata de un metal muy denso, con un alto punto de fusión y una alta afinidad electrónica. Sus estados de oxidación más importantes son 1+ y 3+. También se encuentra en el estado de oxidación 2+, así como en estados de oxidación superiores, pero es menos frecuente. La estabilidad de especies y compuestos de oro con estado de oxidación III, frente a sus homólogos de grupo, hay que razonarla considerando los efectos relativistas sobre los orbitales 5d del oro.



De la producción mundial de oro el 70 % se utiliza en joyería, el 20 % en reservas e inversiones y solo al 10 % se le da usos industriales.<sup>5</sup>

El oro puro o de 24 kt (quilates) es demasiado blando para ser usado normalmente y se endurece aleándolo con plata y/o cobre, con lo cual podrá tener distintos tonos de color o matices. El oro y sus muchas aleaciones se emplean bastante en joyería, en relación con el intercambio monetario (para la fabricación de monedas y como patrón monetario), como mercancía, en medicina, en alimentos y bebidas, en la industria, en electrónica y en química comercial.

El oro se conoce y se aprecia desde tiempos remotos, no solamente por su belleza y resistencia a la corrosión, sino también por ser más fácil de trabajar que otros metales y menos costosa su extracción. Debido a su relativa rareza, comenzó a usarse como moneda de cambio y como referencia en las transacciones monetarias internacionales. Hoy por hoy, los países emplean reservas de oro puro en lingotes que dan cuenta de su riqueza, véase patrón oro.

## Proceso de Obtención

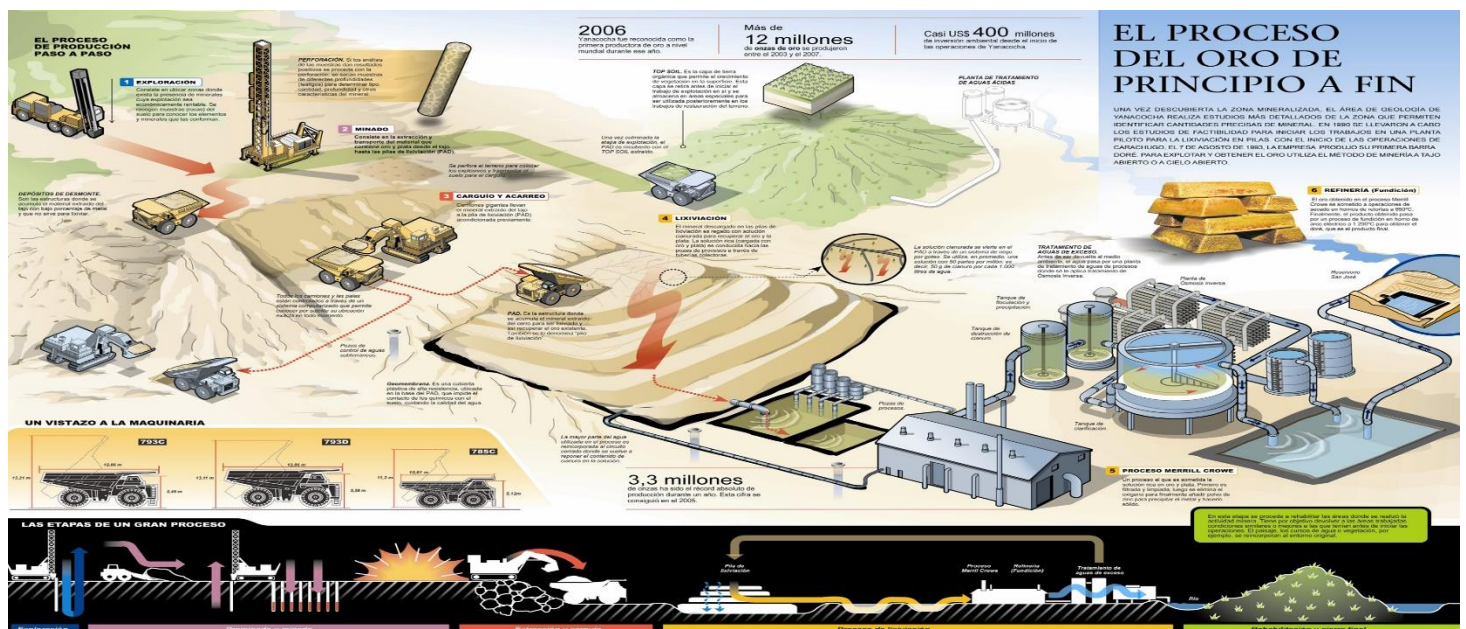
El oro se extrae por lixiviación con cianuro. El uso del cianuro facilita la oxidación del oro formándose  $Au(CN)_2^-$  en la disolución. Para separar el oro se vuelve a reducir empleando, por ejemplo, cinc. Se ha intentado reemplazar el cianuro por algún otro ligando debido a los problemas medioambientales que genera, pero o no son rentables o también son tóxicos.

En la actualidad hay miles de comunidades en todo el mundo en lucha contra compañías mineras por la defensa de sus formas de vida tradicionales y contra los impactos sociales, económicos y medioambientales que la actividad minera de extracción de oro por lixiviación con cianuro genera en su entorno.

Hay una gran cantidad de oro en los mares y océanos, siendo su concentración de entre 0,1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y 2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , pero en este caso no hay ningún método rentable para obtenerlo.

El oro puede encontrarse en la naturaleza en los ríos. Algunas piedras de los ríos contienen pepitas de oro en su interior. La fuerza del agua separa las pepitas de la roca y las divide en partículas minúsculas que se depositan en el fondo del cauce.

Los buscadores de oro localizan estas partículas de oro de los ríos mediante la técnica del bateo. El utensilio utilizado es la batea, un recipiente con forma de sartén. La batea se llena con arena y agua del río y se va moviendo provocando que los materiales de mayor peso, como el oro, sean depositados en el fondo y la arena superficial se desprenda. Así pues, el bateo de oro es una técnica de separación de mezclas heterogéneas.



## Plata (Ag)

Los minerales más comunes que contienen plata recuperada por flotación son la galena argentífera, plata nativa, argentita ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ) y tetraedrita ( $\text{Cu,Fe,AgSb}_4\text{S}_3$ ). A menudo estos minerales flotan con el metal base tal como sulfuros de cobre y plomo o estos minerales son el objetivo principal (tetraedrita).

Arilo (base cresílica o base fenilo) y ditiofosfatos de base alquilo mejoran la recuperación de minerales de plata libre y la mineralización no asociada con minerales de sulfuro de un específico metal base. La respuesta de flotación de los minerales de plata es normalmente mejor a un pH natural ya que la cal tiende a deprimir los minerales de plata en flotación.

Se sugiere el uso de cenizas de sosa para elevar el pH como un modificador alterno del pH. El ditiofosfato de alquilo es usado cuando se requiere alta selectividad de mineral de plata.

Cuando la plata está asociada con minerales de sulfuros metálicos, prácticas normales de flotación usadas para flotación de sulfuros específicos también recuperarán valores de plata.

La plata es un elemento químico de número atómico 47 situado en el grupo 11 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Ag (procede del latín: argentum, "blanco" o "brillante"). Es un metal de transición de color plateado (blanco metálico), brillante, blando, dúctil y maleable.

En la naturaleza se encuentra como parte de distintos minerales (generalmente en forma de sulfuro) o como plata libre. Es poco común en la naturaleza, de la que representa una parte en 1 mil de corteza terrestre. La mayor parte de su producción se obtiene como subproducto del tratamiento de las minas de cobre, zinc, plomo y oro.

La plata es un metal muy dúctil y maleable, algo más duro que el oro, y presenta un brillo blanco metálico susceptible al pulimento. Se mantiene en agua y aire, si bien su superficie se empaña en presencia de ozono, sulfuro de hidrógeno o aire con azufre.

Posee la más alta conductividad eléctrica y conductividad térmica de todos los metales, pero su mayor precio ha impedido que se utilice de forma masiva en aplicaciones eléctricas. La plata pura también presenta el color más blanco y el mayor índice de reflexión.

### Aplicaciones

Aproximadamente el 70% de la producción mundial de plata se utiliza con fines industriales, y el 30%, con fines monetarios; buena parte de este metal se emplea en orfebrería, pero sus usos más importantes se dan en la industria fotográfica, química.



## Proceso de Obtención

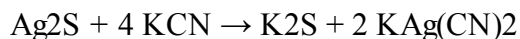
La plata se encuentra nativa, combinada con azufre (argentita,  $\text{Ag}_2\text{S}$ ), arsénico (proustita,  $\text{Ag}_3\text{AsS}_3$ ), antimonio (pirargirita,  $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ ) o cloro (plata córnea,  $\text{AgCl}$ ), formando un numeroso grupo de minerales de plata. El metal se obtiene principalmente de minas de cobre, cobre-níquel, oro, plomo y plomo-cinc de México, Canadá, el Perú y los EE. UU..

La plata es comúnmente extraída del mineral por fundición o lixiviación química. El tratamiento del mineral por amalgamación con mercurio, como en el método de patios o en el método de los cazos, se usó ampliamente durante el siglo XIX, pero rara vez se usa en la actualidad.

La plata también se produce durante el refinado por electrólisis del cobre y mediante la aplicación del proceso Parkes en el metal de plomo obtenido a partir de minerales que contienen pequeñas cantidades de plata.

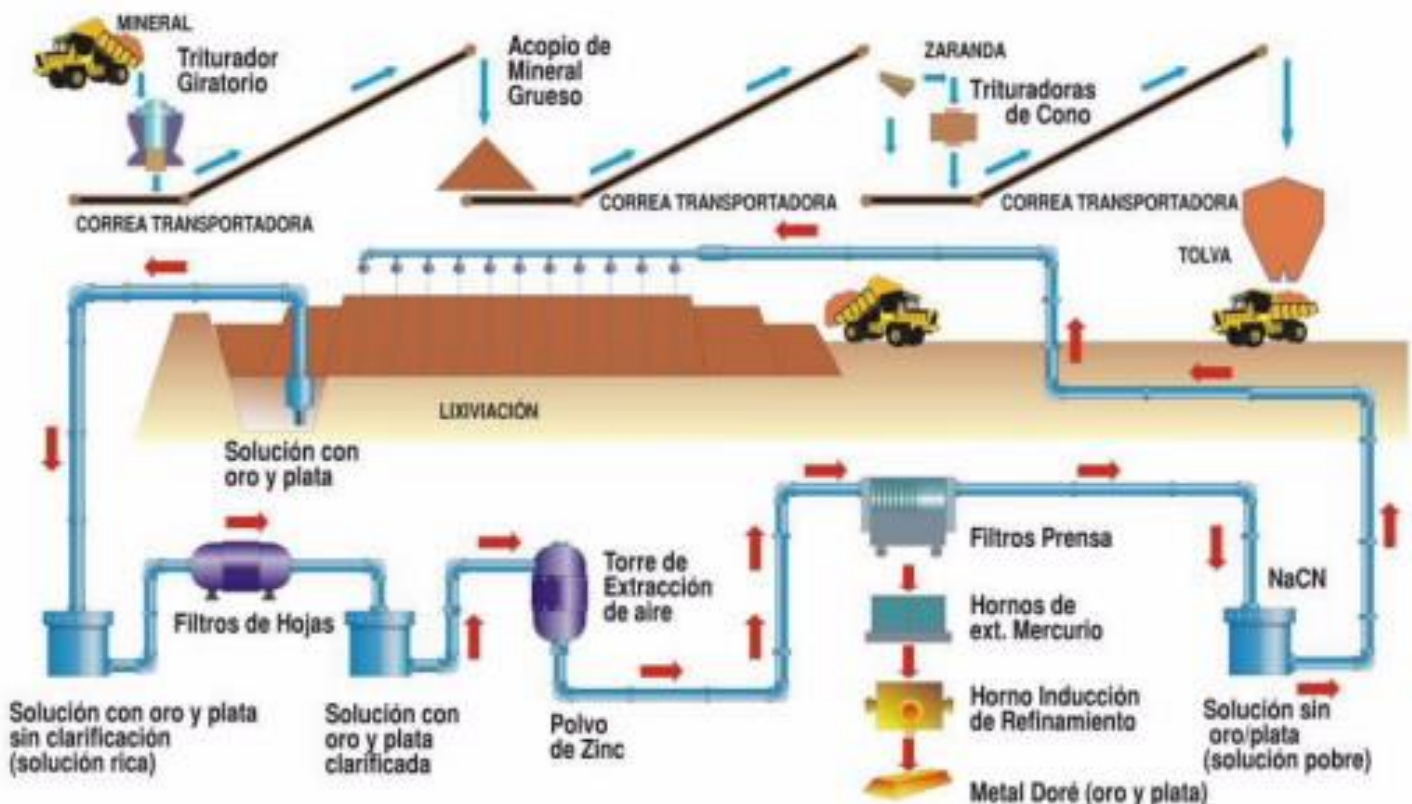
La plata fina de calidad comercial es al menos el 99.9 por ciento de plata pura, y se dispone de materiales con purzas superiores al 99.999 por ciento.

La metalurgia a partir de sus minerales se realiza fundamentalmente por la cianuración:



### Producción minera

La producción mundial de plata durante 2011 alcanzó un total de 23,800 toneladas métricas. Los principales países productores de plata son México y Perú que representan por sí solos 1/3 de la producción mundial de plata. Actualmente, las principales fuentes de plata son los minerales de cobre, cobre-níquel, oro, plomo y plomo-zinc obtenidos en Canadá, México, Polonia, Perú, Bolivia, Australia y Estados Unidos.



## OTROS METALES NO FERROSOS PESADOS

Además existen otros metales no ferrosos, de los que cabe destacar:

### **G. Minerales de Cromo ( Cr ) y Níquel ( Ni ) y su Proceso de Beneficio**

El cromo es un metal de transición duro, frágil, gris acerado y brillante. Es muy resistente frente a la corrosión. Su estado de oxidación más alto es el +6, aunque estos compuestos son muy oxidantes. Los estados de oxidación +4 y +5 son poco frecuentes, mientras que los estados más estables son +2 y +3.

También es posible obtener compuestos en los que el cromo presente estados de oxidación más bajos, pero son bastante raros. Tiene un color grisáceo acerado, es muy duro y tiene un gran acritud, resiste muy bien la oxidación y corrosión, se emplea como: cromado brillante: para objetos decorativos y como cromado duro: para la fabricación de aceros inoxidables y aceros para herramientas. Densidad: 6,8 kg/dm<sup>3</sup>. Punto de fusión: 1900 °C. Resistividad: 1,1 ohmios·mm<sup>2</sup>/m.



© MOTANNA, A.; R. CRESPI y G. LIBORIO, 1978

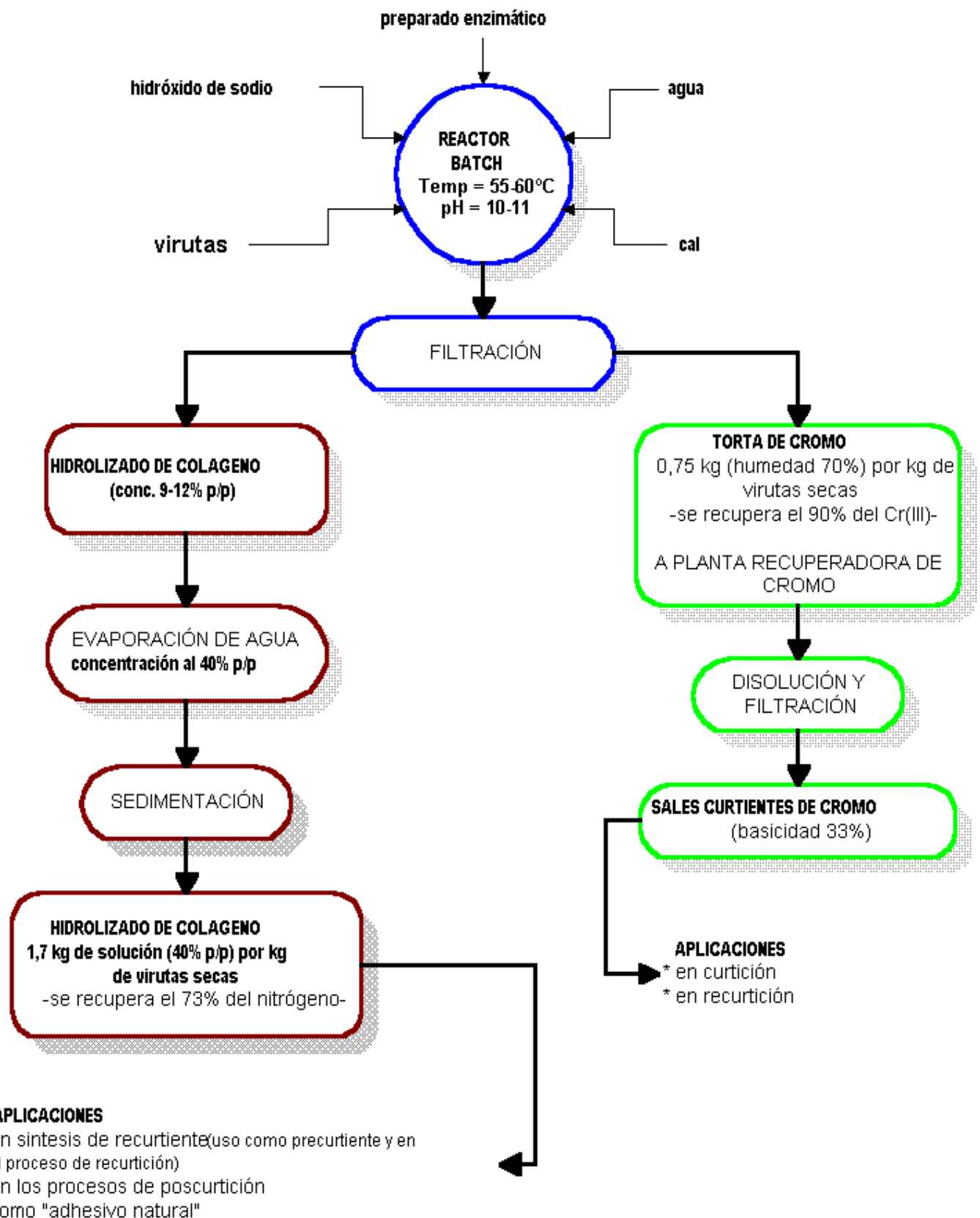
### **Minerales de Cromo ( Cromita )**

#### **Obtención del Cromo**

Se obtiene cromo a partir de la cromita (FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). La cromada se obtiene comercialmente calentando a la cromadora en presencia de aluminio o silicio (mediante un proceso de reducción). Aproximadamente la mitad de las cromadas se extrae de Sudáfrica. También se obtiene en grandes cantidades en Kazajistán, India y Turquía. Los depósitos aún sin explotar son abundantes, pero están geográficamente concentrados en Kazajistán y el sur de África.

Aproximadamente se produjeron en 2000 quince millones de toneladas de cromita, de la cual la mayor parte se emplea para aleaciones inoxidables (cerca de un 70%), por ejemplo para obtener ferrocromo (una aleación de cromo y hierro, con algo de carbono, los aceros inoxidables dependen del cromo, y su óxido protector). Otra parte (un 15% aproximadamente) se emplea directamente como material refractario y, el resto, en la industria química para obtener diferentes compuestos de cromo.

Se han descubierto depósitos de cromo metal, aunque son poco abundantes; en una mina rusa (Udachnaya) se producen muestras del metal, en donde el ambiente reductor ha facilitado la producción de diamantes y cromo elemental.





## Aplicaciones

- ✓ El cromo se utiliza principalmente en metalurgia para aportar resistencia a la corrosión y un acabado brillante. En aleaciones, por ejemplo, el acero inoxidable es aquel que contiene más de un 12% en cromo, aunque las propiedades antioxidantes del cromo empiezan a notarse a partir del 5% de concentración. Además tiene un efecto alfégeno, es decir, abre el campo de la ferrita y lo fija.
- ✓ En procesos de cromado (depositar una capa protectora mediante electrodeposición). También se utiliza en el anodizado del aluminio.
- ✓ En pinturas cromadas como tratamiento antioxidante
- ✓ Sus cromatos y óxidos se emplean en colorantes y pinturas. En general, sus sales se emplean, debido a sus variados colores, como mordientes.
- ✓ El dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) es un reactivo químico que se emplea en la limpieza de material de vidrio de laboratorio y, en análisis volumétricos, como agente valorante.
- ✓ Es común el uso del cromo y de alguno de sus óxidos como catalizadores, por ejemplo, en la síntesis de amoníaco ( $NH_3$ ).
- ✓ El mineral cromita ( $Cr_2O_3 \cdot FeO$ ) se emplea en moldes para la fabricación de ladrillos (en general, para fabricar materiales refractarios). Con todo, una buena parte de la cromita consumida se emplea para obtener cromo o en aleaciones.
- ✓ En el curtido del cuero es frecuente emplear el denominado "curtido al cromo" en el que se emplea hidroxisulfato de cromo (III) ( $Cr(OH)(SO_4)$ ).
- ✓ Para preservar la madera se suelen utilizar sustancias químicas que se fijan a la madera protegiéndola. Entre estas sustancias se emplea óxido de cromo (VI) ( $CrO_3$ ).

Cuando en el corindón ( $\alpha-Al_2O_3$ ) se sustituyen algunos iones de aluminio por iones de cromo se obtiene el rubí; esta gema se puede emplear, por ejemplo, en láseres.

El dióxido de cromo ( $CrO_2$ ) se emplea para fabricar las cintas magnéticas empleadas en las cassetes, dando mejores resultados que con óxido de hierro (III) ( $Fe_2O_3$ ) debido a que presentan una mayor coercitividad.



## Níquel (Ni)

Tiene un color plateado brillante y se puede pulir muy fácilmente; es magnético (como si fuese un producto ferroso); es muy resistente a la oxidación y a la corrosión; se emplea: para fabricar aceros inoxidable (aleado con el acero y el cromo), en aparatos de la industria química y en recubrimientos de metales (por electrólisis). Densidad: 8,85 kg/dm<sup>3</sup>. Punto de fusión: 1450 °C. Resistividad: 0,11 ohmios·mm<sup>2</sup>/m.

El níquel aparece en forma de metal en los meteoritos junto con el hierro (formando las aleaciones kamacita y taenita) y se encuentra en el núcleo de la Tierra también junto al hierro e iridio, formando entre estos tres metales una aleación increíblemente dura y pesada. Combinado se encuentra en minerales diversos como garnierita, millerita, pentlandita y pirrotina.[cita requerida]

Las minas de Canadá, Cuba y Rusia producen hoy día el 70% del níquel consumido. Otros productores mayores son Bolivia, Colombia, Nueva Caledonia provincia de ultramar de Francia y República Dominicana.[cita requerida]

Principales minerales de níquel

Véase también: Garnierita.

La niquelina (NiAs), la garnierita (Si<sub>4</sub>O<sub>13</sub>[Ni, Mg]<sub>2</sub>·2 H<sub>2</sub>O), este último es uno de los minerales más utilizados en la extracción del níquel, también existen los sulfuros, de ellos los más importantes son los sulfuros de hierro y níquel, pentlandita y pirrotita (Ni, Fe) xSy, otros minerales que se encuentran en la naturaleza son los arseniuros, silicatos, sulfoarseniuros.



Nickeline photo from MII, courtesy of Smithsonian Institution

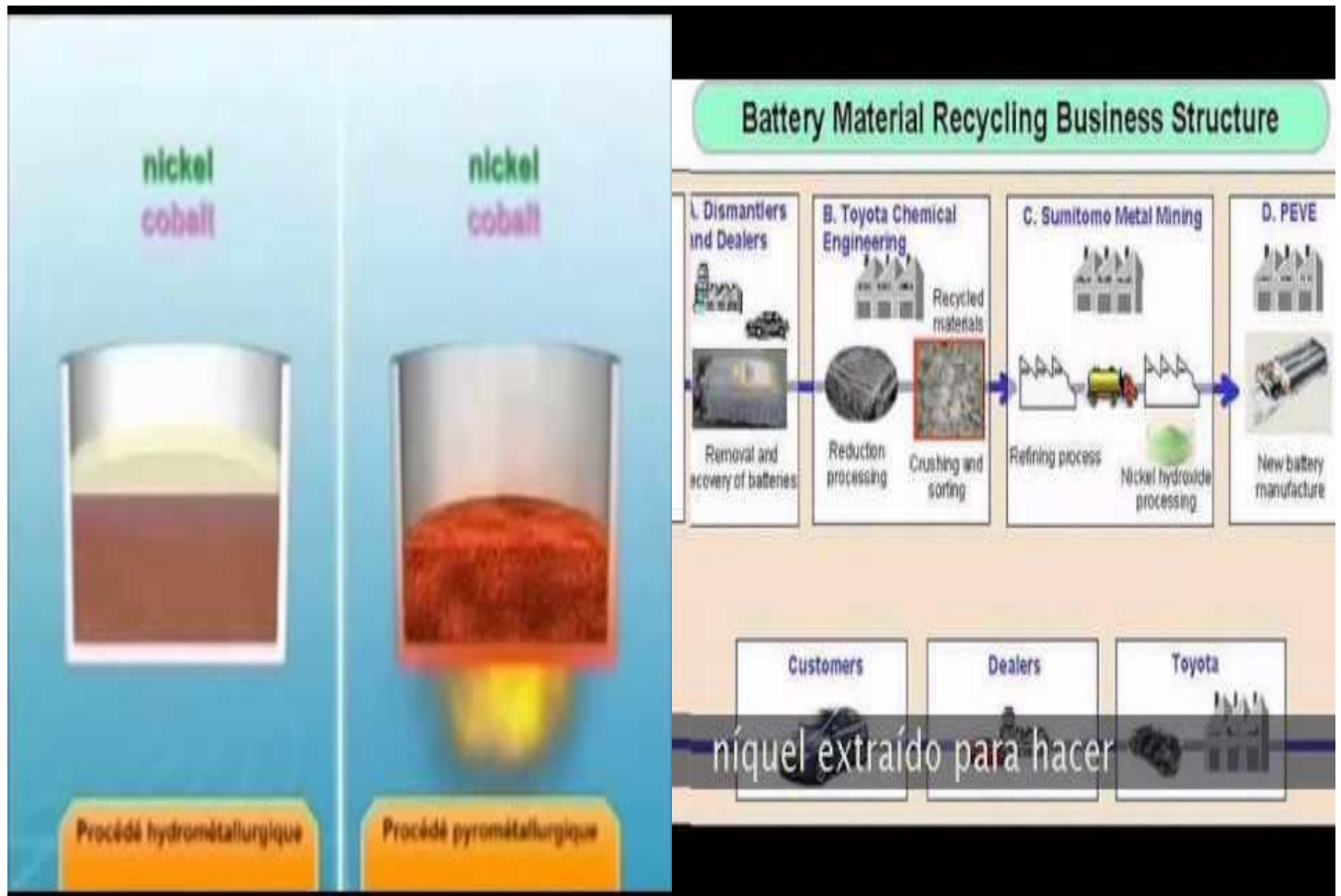
**Minerales de Níquel**

Es un metal de transición de color blanco plateado con un ligero toque dorado, conductor de la electricidad y del calor, muy dúctil y maleable por lo que se puede laminar, pulir y forjar fácilmente, y presentando ferromagnetismo a temperatura ambiente.

Es otro de los metales altamente densos como el hierro e iridio. Se encuentra en distintos minerales, en meteoritos (aleado con hierro) y, en principio, hay níquel en el interior de la Tierra principalmente en su núcleo, donde se trata del segundo metal más abundante por detrás del hierro, metal con el que comparte numerosas características similares.

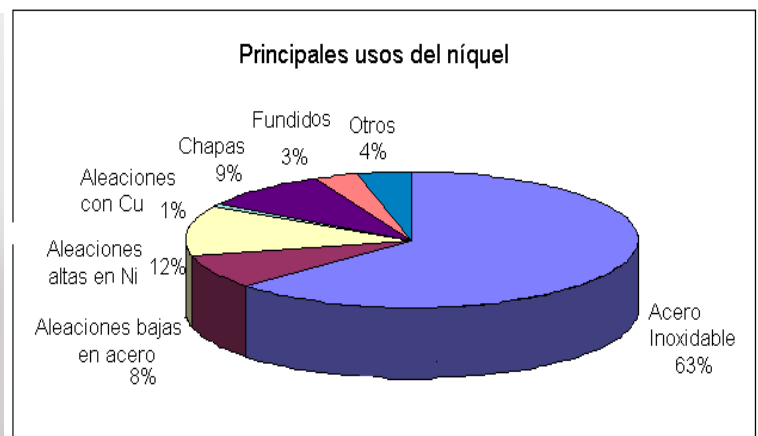
El níquel es aleado con hierro para proporcionar tenacidad y resistencia a la corrosión, en los aceros austeníticos el níquel es esencial puesto que al ser un metal gammágeno estabiliza la austenita. Es resistente a la corrosión y se suele utilizar como recubrimiento, mediante electrodeposición. El metal y alguna de sus aleaciones, como la aleación Monel, se utilizan para manejar el flúor y algunos fluoruros debido a que reacciona con dificultad con éstos productos. Su coste roza la mayoría de las veces el primer puesto entre los precios de los metales comunes en los mercados dedicados a los metales.

Es un producto absolutamente esencial para el desarrollo de la industria, además de uno de los metales más demandados. Reacciona con dificultad en medios agresivos y se considera resistente a la corrosión; no sufre el llamado efecto "galleo" el cual sí padece el cobre, por ejemplo. Su estado de oxidación más normal es +2. Puede presentar otros, se han observado estados de oxidación 0, +1 y +3 en complejos, pero son muy poco característicos.



## Aplicaciones

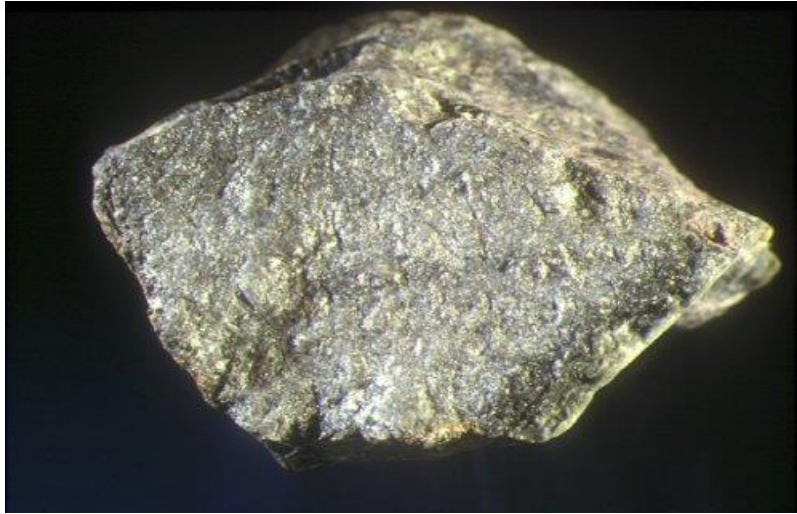
- ✓ Aproximadamente el 65% del níquel consumido se emplea en la fabricación de acero inoxidable austenítico y otro 12% en superaleaciones de níquel. El restante 23% se reparte entre otras aleaciones, baterías recargables, catálisis, acuñación de moneda, recubrimientos metálicos y fundición:
- ✓ Alnico, aleación para imanes. El mu-metal se usa para apantallar campos magnéticos por su elevada permeabilidad magnética.
- ✓ Las aleaciones níquel-cobre (monel) son muy resistentes a la corrosión, utilizándose en motores marinos e industria química.
- ✓ La aleación níquel-titanio (nitinol-55) presenta el fenómeno de efecto térmico de memoria (metales) y se usa en robótica, también existen aleaciones que presentan superplasticidad.
- ✓ Crisoles de laboratorios químicos.
- ✓ Níquel Raney: catalizador de la hidrogenación de aceites vegetales.
- ✓ Se emplea para la acuñación de monedas, a veces puro y, más a menudo, en aleaciones como el cuproníquel.
- ✓ El metal es la opción más económica para hacer oro blanco. El níquel, un metal blanco y de tonalidad mate y de tacto suave, es un metal que encuentra mucha facilidad para «blanquear» a otros metales. Esto se traduce en que un mínimo de 30% de níquel en masa puede dar una apariencia plateada a la aleación. Por ejemplo en aleaciones de cobre, incluso con un 40% en masa de zinc o aluminio el metal sigue teniendo una coloración dorada, mientras que con un sólo 30% de níquel en masa adquiere su característico tono blanco.
- ✓ Es posible encontrarlo en joyería actualmente, pero no se recomienda su uso, ya que es cancerígeno y altamente tóxico. El níquel ha sido vetado en numerosos estados, donde su uso se ve cada vez más reducido. Se halla sobre todo en piercings y joyería de acero inoxidable, donde suele representar alrededor del 13% en masa. Estos aceros no son peligrosos para la salud puesto que son inertes químicamente y no reaccionan. Sin embargo el uso de una joya enchapada en níquel (típico de las baratijas) sí puede presentar un riesgo serio de alergia o infección, pero ambos casos son raros.



## H. Minerales de Cobalto (Co) y Magnesio (Mg)

El cobalto (del alemán kobalt, voz derivada de kobold, término utilizado por los mineros de Sajonia en la Edad Media para describir al mineral del cual se obtiene) es un elemento químico de número atómico 27 y símbolo Co situado en el grupo 9 de la tabla periódica de los elementos.

Tiene propiedades análogas al níquel, pero no es magnético y se utiliza para: endurecer aceros para herramientas (aceros rápidos) y como elemento para la fabricación de metales duros (sinterización) empleados en herramientas de corte. Densidad: 8,6 kg/dm<sup>3</sup>. Punto de fusión: 1490 °C. Resistividad: 0,063 ohmios·mm<sup>2</sup>/m.



**Minerales de Cobalto**

El cobalto es un metalferromagnético, de color blanco azulado. Su temperatura de Curie es de 1388 K. Normalmente se encuentra junto con níquel, y ambos suelen formar parte de los meteoritos de hierro. Es un elemento químico esencial para los mamíferos en pequeñas cantidades. El Co-60, un radioisótopo de cobalto, es un importante trazador y agente en el tratamiento del cáncer.

El cobalto metálico está comúnmente constituido de una mezcla de dos formas alotrópicas con estructuras cristalinas hexagonal y cúbica centrada en las caras siendo la temperatura de transición entre ambas de 722 K.

Se emplea sobre todo en superaleaciones de alto rendimiento, siendo éstas normalmente más caras que las de níquel. Es un metal eminentemente de aleación, al igual que el níquel o el zinc, por ejemplo. Dichos metales suelen agregarse a otros que actúan de base, aunque cuando el Cobalto actúa de base suele hacerlo en aleaciones con cromo. Su principal característica es su elevadísima dureza y resistencia al desgaste. Son aleaciones normalmente poco usadas ya que su virtud no compensa la gran cantidad que hay que abonar por ellas.

El cobalto posee características muy similares a sus elementos vecinos, hierro y níquel, con los cuales comparte más rasgos que con los elementos de su propio grupo en la tabla periódica. Ni cobalto ni níquel suelen mezclarse con la plata ni el mercurio (siendo ambos raras excepciones) además de que comparten el efecto magnético del hierro. El cobalto es el metal más escaso de estos tres, es el menos rentable y también el más caro. Encuentra pocos usos en la industria en comparación a sus vecinos inmediatos. Se trata de uno de los pocos elementos químicos monoisotópicos.

El cobalto tiene poca resistencia química aunque es más estable que el hierro ya que se mantiene en aire y agua siempre que no se encuentren otros elementos corrosivos en dichos medios.

## Aplicaciones

- ✓ Aleaciones entre las que cabe señalar superaleaciones usadas en turbinas de gas de aviación, aleaciones resistentes a la corrosión, aceros rápidos, y carburos cementados y herramientas de diamante. Herramientas de corte en procesos de fabricación para fresadoras.
- ✓ Imanes (Alnico, Fernico, Cunico, Cunife) y cintas magnéticas.
- ✓ Catálisis del petróleo e industria química.
- ✓ Recubrimientos metálicos por deposición electrolítica por su aspecto, dureza y resistencia a la oxidación.
- ✓ Secante para pinturas, barnices y tintas.
- ✓ Recubrimiento base de esmaltes vitrificados.
- ✓ Pigmentos (cobalto azul y cobalto verde).
- ✓ Electrodo de baterías eléctricas
- ✓ Cables de acero de neumáticos.
- ✓ El Co-60 se usa como fuente de radiación gamma en radioterapia, esterilización de alimentos (pasteurización fría) y radiografía industrial para el control de calidad de metales (detección de grietas).

(*)	SECTOR DE APLICACIÓN	MATERIA PRIMA
26 %	Superaleaciones Ni/Co/Fe	Cobalto metal
14,3 %	Herramientas de metal duro y diamante para corte, fresado o pulimentado	Polvo fino y extrafino de cobalto
7 %	Metal duro y otras aleaciones	Cobalto metal, polvo de cobalto, reciclados de aleaciones de cobalto
9,8 %	Imanes cerámicos, cintas u otros soportes para grabación de sonido y vídeo	Cobalto metal, polvo de cobalto, reciclados de aleaciones de cobalto
12 %	Productos colorantes para vidrios, esmaltes, plásticos, cerámica, pinturas o tejidos	Óxido de cobalto y en menor medida con sulfato, hidróxido o carbonato de cobalto
9,4 %	Adhesivos para gomas y neumáticos; jabones, secativos para pinturas; barnices, lacas, tintas, otros productos	Compuestos químicos de cobalto
8,5 %	Catálisis industrial	
	(4 %) Proceso Comox	Sales de cobalto (carbonato, sulfato, nitrato)
	(1 %) Proceso Oxo	Sales de cobalto (carbonato, sulfato, nitrato)
	(3,3 %) Producción de terileno	Acetato de cobalto
(0,2 %) Otros procesos	Cobalto metal, sales de cobalto	
7,5 %	Baterías o acumuladores eléctricos de tipo metal-hidruro (radio, telefonía celular o móvil, informática, automoción, industria aeroespacial)	Cobalto metal en polvo, hidróxido de cobalto, $LiCoO_2$
5 %	Baños electrolíticos, ánodos de cobalto, cobaltado superficial de cobre o acero	Sulfato de cobalto preferentemente, pero también carbonato e hidróxido



## Magnesio (Mg)

Características: se obtiene de la carnalita, dolomía y magnesita, su densidad es de 1,74 kg/dm<sup>3</sup>, su punto de fusión es de 650 ° C en estado líquido y en polvo es muy inflamable, tiene un color blanco parecido al de la plata, es manejable, y es más resistente al aluminio. Aplicaciones: se emplea en estado duro, tiene pocas utilidades, excepto en la fabricación de productos pirotécnicos y como desoxidante en los talleres de fundición de acero



Nombre	Magnesio
Densidad	1,74 Kg/dm <sup>3</sup>
Punto de fusión	650°C
Resistividad	0,8 Ω.mm <sup>2</sup> /m
Resistividad a la tracción	18 Kg/mm <sup>2</sup>
Alargamiento	Notiene

### Minerales de Magnesio

Los minerales de magnesio más importantes son: carnalita (es el más empleado y se halla en forma de cloruro de magnesio, que se obtiene del agua del mar), dolomita y magnesita.

El magnesio no se encuentra en la naturaleza en estado libre (como metal), sino que forma parte de numerosos compuestos, en su mayoría óxidos y sales; es insoluble. El magnesio elemental es un metal liviano, medianamente fuerte, color blanco plateado. En contacto con el aire se vuelve menos lustroso, aunque a diferencia de otros metales alcalinos no necesita ser almacenado en ambientes libres de oxígeno, ya que está protegido por una fina capa de óxido, la cual es bastante impermeable y difícil de sacar.

Como su vecino inferior de la tabla periódica, el calcio, el magnesio reacciona con agua a temperatura ambiente, aunque mucho más lento. Cuando se sumerge en agua, en la superficie del metal se forman pequeñas burbujas de hidrógeno, pero si es pulverizado reacciona más rápidamente. El magnesio también reacciona con ácido clorhídrico (HCl) produciendo calor e hidrógeno, que se libera al ambiente en forma de burbujas. A altas temperaturas la reacción ocurre aún más rápido.

El magnesio es un metal altamente inflamable, que entra en combustión fácilmente cuando se encuentra en forma de virutas o polvo, mientras que en forma de masa sólida es menos inflamable. Una vez encendido es difícil de apagar, ya que reacciona tanto con nitrógeno presente en el aire (formando nitruro de magnesio) como con dióxido de carbono (formando óxido de magnesio y carbono). Al arder en aire, el magnesio produce una llama blanca muy intensa incandescente, la cual fue muy utilizada en los comienzos de la fotografía. En ese tiempo se usaba el polvo de magnesio como la fuente de iluminación (polvo de flash). Más tarde, se usarían tiras de magnesio en bulbos de flash eléctricos. El polvo de magnesio todavía se utiliza en la fabricación de fuegos artificiales y en bengalas marítimas.

## El magnesio posee las siguientes características:

El magnesio es el sexto elemento más abundante en la corteza terrestre, sin embargo no se encuentra libre, aunque entra en la composición de más de 60 minerales, siendo los más importantes industrialmente los depósitos de dolomía, dolomita, magnesita, brucita, carnalita y olivino. En EE. UU. el metal se obtiene principalmente por electrólisis del cloruro de magnesio, método que ya empleaba Robert Bunsen, obtenido de salmueras y agua de mar.

- ✓ En estado líquido o en polvo es muy inflamable (recuerda cómo funcionaban los flashes de las antiguas cámaras de fotos).
- ✓ Tiene un color blanco, parecido al de la plata. Es maleable y poco dúctil.
- ✓ Es más resistente que el aluminio. Se emplea en aeronáutica.

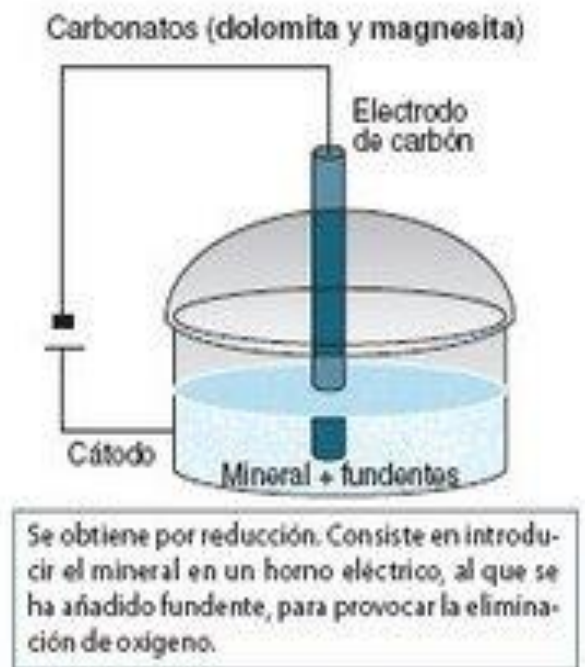
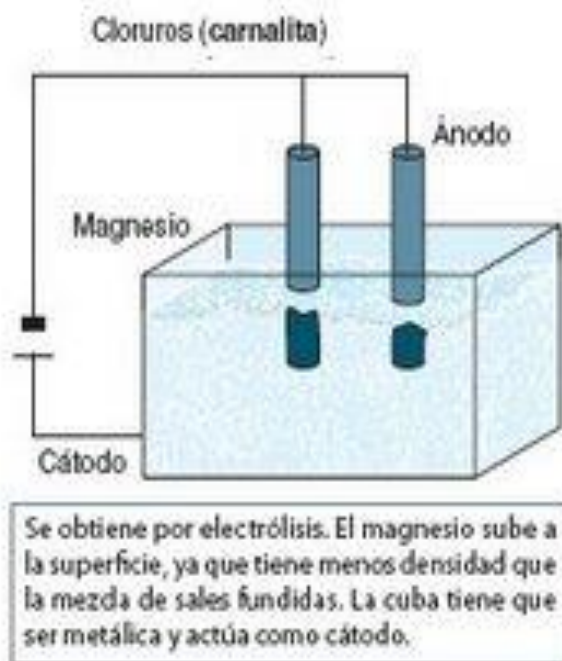
## Existen dos métodos de obtención, dependiendo del mineral de magnesio:

Por Electrolisis

El magnesio sube a la superficie, ya que tiene menos densidad que la mezcla de sales fundidas. La cuba tiene que ser metálica y actúa como cátodo.

*Por reducción*

Consiste en introducir el mineral en un horno eléctrico, al que se ha añadido fundente, para provocar la eliminación de oxígeno.



## Obtención del Magnesio



## Aplicaciones

Objetos que contienen magnesio. Los compuestos de magnesio, principalmente su óxido, se usan como material refractario en hornos para la producción de hierro y acero, metales no féreos, cristal y cemento, así como en agricultura e industrias químicas y de construcción. El uso principal del metal es:

- ✓ Como elemento de aleación del aluminio, empleándose las aleaciones aluminio-magnesio en envases de bebidas. Las aleaciones de magnesio, especialmente magnesio-aluminio, se emplean en componentes de automóviles, como llantas, y en maquinaria diversa. Además, el metal se adiciona para eliminar el azufre del acero y el hierro.
- ✓ Aditivo en propelentes convencionales.
- ✓ Obtención de fundición nodular (hierro-silicio-Mg) ya que es un agente esferoidizante/nodulizante del grafito.
- ✓ Agente reductor en la obtención de uranio y otros metales a partir de sus sales.
- ✓ El hidróxido (leche de magnesia), el cloruro, el sulfato (sales Epsom) y el citrato se emplean en medicina.
- ✓ El polvo de carbonato de magnesio ( $MgCO_3$ ) es utilizado por los atletas como gimnastas y levantadores de peso para mejorar el agarre de los objetos. Es por este motivo prácticamente imprescindible en la escalada de dificultad para secar el sudor de manos y dedos del escalador y mejorar la adherencia a la roca. Se lleva en una bolsa colgada de la cintura.

Magnesio	Tipos	Características
En forma de aleación	Aleaciones para forjar	Magnam = magnesio + manganeso Magzin = magnesio + cinc Magal = magnesio + aluminio
	Aleaciones para fundir	Fumagcin = magnesio + cinc Fumagal = magnesio + aluminio
En estado puro	Tiene pocas aplicaciones, excepto en la fabricación de productos pirotécnicos y como desoxidante en los talleres de fundición del acero.	



## I. **Minerales de Titanio (Ti) y Wolframio (W)**

El titanio es un elemento químico de símbolo Ti y número atómico 22. Se trata de un metal de transición de color gris plata. Comparado con el acero, aleación con la que compite en aplicaciones técnicas, es mucho más ligero (4,5/7,8). Tiene alta resistencia a la corrosión y gran resistencia mecánica, pero es mucho más costoso que aquel, lo cual limita su uso industrial.

Es un metal abundante en la naturaleza; se considera que es el cuarto metal estructural más abundante en la superficie terrestre y el noveno en la gama de metales industriales. No se encuentra en estado puro sino en forma de óxidos, en la escoria de ciertos minerales de hierro y en las cenizas de animales y plantas.

Su utilización se ha generalizado con el desarrollo de la tecnología aeroespacial, donde es capaz de soportar las condiciones extremas de frío y calor que se dan en el espacio y en la industria química, por ser resistente al ataque de muchos ácidos; asimismo, este metal tiene propiedades biocompatibles, dado que los tejidos del organismo toleran su presencia, por lo que es factible la fabricación de muchas prótesis e implantes de este metal.

El titanio fue declarado material estratégico por parte de Estados Unidos durante muchos años. Puede formar aleaciones con otros elementos, tales como hierro, aluminio, vanadio, molibdeno y otros, para producir componentes muy resistentes que son utilizados por las industrias aeroespacial, aeronáutica, militar, petroquímica, agroindustrial, automovilística y médica.

Se encuentra abundantemente en la naturaleza, ya que es uno de los componentes de casi todas las rocas de origen volcánico que contienen hierro. La extracción del titanio es un proceso complejo, lo que encarece extraordinariamente el producto final. En la actualidad, los minerales de los que se obtiene el titanio son el rutilo y la ilmenita.



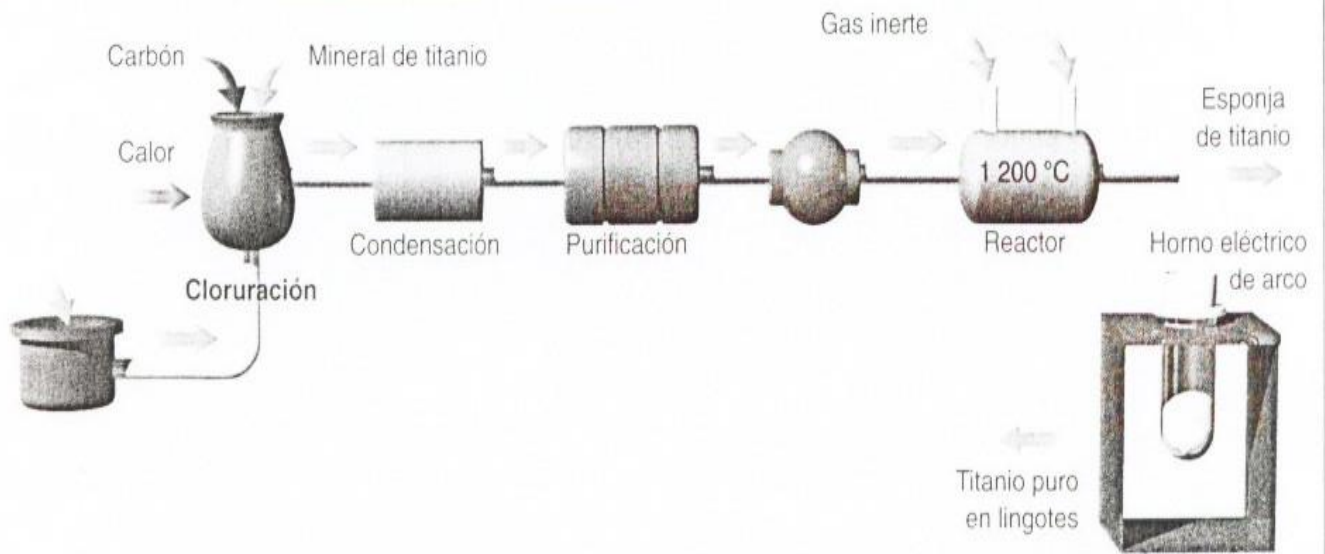
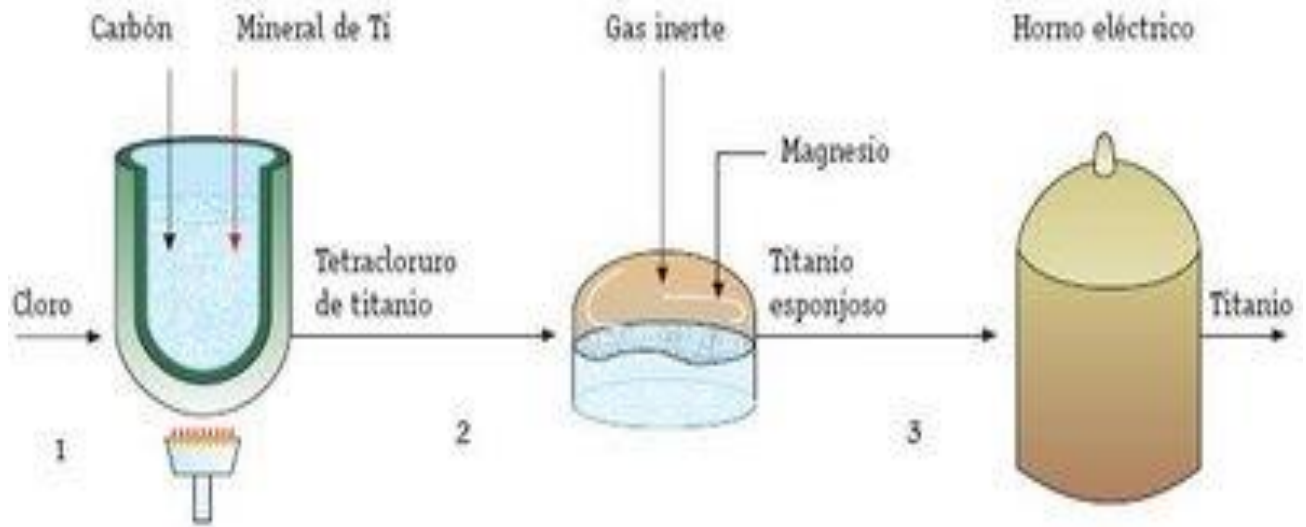
**Minerales de Titanio**

### **El titanio posee las siguientes características:**

- ✓ Es un metal blanco plateado que resiste mejor la oxidación y la corrosión que el acero inoxidable.
- ✓ Las propiedades mecánicas son análogas, e incluso superiores, a las del acero, pero tiene la ventaja de que las conserva hasta los 400 °C.
- ✓ Es un metal de transición. Su densidad o peso específico es de 4507 kg/m<sup>3</sup>. Tiene un punto de fusión de 1675 °C (1941 K). Su masa atómica es de 47,867 u. Es de color plateado grisáceo. Es paramagnético, es decir que presenta ligera susceptibilidad a un campo magnético.
- ✓ Forma aleaciones con otros elementos para mejorar las prestaciones mecánicas. Es resistente a la corrosión. Refractario. Poca conductividad térmica y eléctrica: no es buen conductor del calor ni de la electricidad.
- ✓ Mecanizado por arranque de viruta similar al acero inoxidable. Permite fresado químico. Maleable, permite la producción de láminas muy delgadas. Dúctil, permite la fabricación de alambre delgado. Duro. Escala de Mohs 6. Muy resistente a la tracción. Gran tenacidad. Permite la fabricación de piezas por fundición y moldeo. Material soldable. Permite varias clases de tratamientos tanto termoquímicos como superficiales. Mantiene una alta memoria de su forma.
- ✓ Se encuentra en forma de óxido, en la escoria de ciertos minerales y en cenizas de animales y plantas. Presenta dimorfismo, a temperatura ambiente tiene estructura hexagonal compacta (hcp) llamada fase alfa. Por encima de 882 °C presenta estructura cúbica centrada en el cuerpo (bcc) se conoce como fase beta.
- ✓ La resistencia a la corrosión que presenta es debida al fenómeno de pasivación que sufre (se forma un óxido que lo recubre). Es resistente a temperatura ambiente al ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) diluido y al ácido clorhídrico (HCl) diluido, así como a otros ácidos orgánicos, también es resistente a las bases, incluso en caliente. Sin embargo se puede disolver en ácidos en caliente. Asimismo, se disuelve bien en ácido fluorhídrico (HF), o con fluoruros en ácidos. A temperaturas elevadas puede reaccionar fácilmente con el nitrógeno, el oxígeno, el hidrógeno, el boro y otros no metales. Sus iones no tienen existencia a pH básicos.

### **En cuanto al proceso de obtención del titanio, en la actualidad se emplea casi exclusivamente el método Kroll.**

1. Cloración: Se calienta el mineral de titanio al rojo vivo. Luego se le añade carbón y se hace circular cloro a través de toda la masa. Se obtiene tetracloruro de titanio (TiCl<sub>4</sub>)
2. Transformación: El compuesto se introduce en un horno a 800 °C. Luego se introduce un gas inerte (helio o argón) y magnesio. Se forma titanio esponjoso.
3. Obtención: El titanio esponjoso se introduce en un horno eléctrico y se le añaden fundentes: el resultado es titanio puro.



### Aplicaciones:

- ✓ Dada su baja densidad y sus altas prestaciones mecánicas, se emplea mayoritariamente en la fabricación de estructuras y elementos de máquinas en aeronáutica (aviones, cohetes, misiles, satélites de comunicaciones, etc.).
- ✓ Normalmente se suele emplear aleado con el 8 % de aluminio. Para mejorar las propiedades físicas, se le suele alea también con cromo, vanadio y molibdeno. Se emplea también en la fabricación de herramientas de corte (nitruro de titanio).
- ✓ En la construcción de aletas para turbinas (carburo de titanio), así como, en forma de óxido y pulverizado, para la fabricación de pinturas antioxidantes. También se emplea para recubrimiento de edificios.



### Prótesis ósea / Vista de un avión SR-71 que incorpora numerosos componentes de titanio.

- ✓ El titanio es un metal compatible con los tejidos del organismo humano que toleran su presencia sin reacciones alérgicas del sistema inmunitario. Esta propiedad de compatibilidad del titanio unido a sus cualidades mecánicas de dureza, ligereza y resistencia han hecho posible una gran cantidad de aplicaciones de gran utilidad para aplicaciones médicas, como prótesis de cadera y rodilla, tornillos óseos, placas antitrauma e implantes dentales, componentes para la fabricación de válvulas cardíacas y marcapasos, gafas, material quirúrgico tales como bisturís, tijeras, etc.
- ✓ La aleación de titanio más empleada en este campo contiene aluminio y vanadio según la composición:  $[[Ti_6Al_4V]]$ . El aluminio incrementa la temperatura de la transformación entre las fases alfa y beta. El vanadio disminuye esa temperatura. La aleación puede ser bien soldada. Tiene alta tenacidad.
- ✓ El titanio es inerte, la cubierta de óxido en contacto con los tejidos es insoluble, por lo cual no se liberan iones que pudieran reaccionar con las moléculas orgánicas.
- ✓ El titanio en los tejidos vivos representa una superficie sobre la que el hueso crece y se adhiere al metal, formando un anclaje anquilótico, también llamado osteointegración.
- ✓ Esta reacción normalmente sólo se presenta en los materiales llamados bioactivos y es la mejor base para los implantes dentales funcionales.
- ✓ Posee buenas propiedades mecánicas, su fuerza de tensión es muy semejante a la del acero inoxidable utilizado en las prótesis quirúrgicas que reciben carga.
- ✓ Es mucho más fuerte que la dentina o cualquier cortical ósea, permitiendo a los implantes soportar cargas pesadas. Este metal es suave y maleable lo cual ayuda a absorber el choque de carga.
- ✓ Industria energética, Industria automovilística, Industria militar, Industria aeronáutica y espacial, Construcción naval, Industria relojera, Instrumentos deportivos, Decoración, etc.

## Wolframio (W) o Tungsteno

El wolframio o volframio, también llamado tungsteno, es un elemento químico de número atómico 74 que se encuentra en el grupo 6 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es W. Es un metal escaso en la corteza terrestre, se encuentra en forma de óxido y de sales en ciertos minerales.

Es de color gris acerado, muy duro y denso, tiene el punto de fusión más elevado de todos los metales y el punto de ebullición más alto de todos los elementos conocidos.<sup>2</sup> Se usa en los filamentos de las lámparas incandescentes, en electrodos no consumibles de soldaduras, en resistencias eléctricas, y aleado con el acero, en la fabricación de aceros especiales.

Su variedad de carburo de wolframio sinterizado se emplea para fabricar herramientas de corte. Esta variedad absorbe más del 60% de la demanda mundial de wolframio. El wolframio es un material estratégico y ha estado en la lista de productos más codiciados desde la Segunda Guerra Mundial. Por ejemplo, el gobierno de Estados Unidos mantiene unas reservas nacionales de seis meses junto a otros productos considerados de primera necesidad para su supervivencia.

Este metal es fundamental para entender las sociedades modernas. Sin él no se podrían producir de una forma económica todas las máquinas que nos rodean y las cosas que se pueden producir con ellas. Tiene un punto de fusión muy alto, por lo que se emplea para: filamentos de bombillas incandescentes y la fabricación de herramientas de corte para máquinas. Densidad: 19 kg/dm<sup>3</sup>. Punto de fusión: 3370 °C. Resistividad: 0,056 ohmios·mm<sup>2</sup>/m.



Minerales de Tungsteno

## Características

- ✓ En su forma natural, el wolframio es un metal gris acero que es a menudo frágil y difícil de trabajar, pero si es puro, se puede trabajar con facilidad.
- ✓ Se trabaja por forjado, trefilado, extrusión y sinterización. De todos los metales en forma pura, el wolframio tiene el más alto punto de fusión (3.410 °C, 6.170 °F), menor presión de vapor (a temperaturas superiores a 1.650 °C, 3.002 °F) y la mayor resistencia a tracción.10 Además, tiene el coeficiente de dilatación térmica más bajo de cualquier metal puro, y se detecta fácilmente con reactivo de Arnulphi en medio básico (KOH), tornándose este mismo incoloro.
- ✓ La expansión térmica es baja, su punto de fusión es alto y la fuerza se debe a fuertes enlaces covalentes que se forman entre los átomos de wolframio en el orbital 5d. Cabe señalarse que la aleación de pequeñas cantidades con el acero aumenta su resistencia.
- ✓ El metal muy rara vez se usa en su forma pura ya que es extremadamente difícil de trabajar, no ya por su fragilidad, sino por su punto de fusión, el cual puede superar al de algunos hornos comunes como los empleados en el sector siderúrgico.
- ✓ Tiene una muy buena combinación de ventajas entre las que destacan su gran fuerza y resistencia calórica, además de una aceptable resistencia química, ya que no es fácilmente atacable por los ácidos. El metal suele trabajarse por sinterización. El método consiste en aglomerarlo en forma de polvo de diminutos granos en una matriz metálica. Aunque la mejor opción es el cobalto, se puede encontrar también el níquel e incluso el hierro en estos casos. Todas sus aleaciones se distinguen por su enorme dureza y su resistencia.
- ✓ El metal se comporta excelentemente incluso a altas temperaturas, cosa que el renio no, por ejemplo, pese a que ambos metales comparten un punto de fusión similar. El wolframio es el metal más abundante de los metales de transición del grupo 5 de la tabla periódica. En caso de escasear, el molibdeno suele subsituirle.
- ✓ El wolframio resiste las reacciones redox, casi todos los ácidos comunes (incluyendo el fluorhídrico) y álcalis, pero sólo en su estado de máxima pureza, aunque se oxida rápidamente expuesto a peróxido de hidrógeno (comúnmente conocido como agua oxigenada).
- ✓ El wolframio a temperatura ambiente sostiene el ataque de casi todos los ácidos importantes en cualquier concentración aunque puede corroerse con facilidad en ácido nítrico y agua oxigenada.
- ✓ Con el ácido fluorhídrico ocurre el fenómeno de pasivación, formándose fluoruros en su superficie. No obstante la capa de óxido del wolframio no es estable por encima de 400° C y el metal queda expuesto. Los compuestos de wolframio más usados (ej: carburo de wolframio) mejoran algo su ya alta resistencia a la corrosión, y de hecho les cuesta disolverse en agua regia, en estos casos, el metal es adecuado para su uso como joya, especialmente en anillos de última generación.
- ✓ Pese a que resiste bien los ácidos, puede irónicamente oxidarse incluso con sal de cocina común, de hecho el agua pura lo oxida (aunque dicho óxido no avanzará más allá de la superficie). Es un metal difícil de alear, sólo lo hace con los metales refractorios, los ferrosos y algunas excepciones. No se amalgama con el mercurio a ninguna temperatura.

- ✓ El wolframio se disuelve en aluminio fundido, y es uno de los pocos metales que pese a no asemejarse nada al wolframio se alea perfectamente. El estado de oxidación más común del wolframio es +6, pero presenta todos los estados de oxidación, desde -2 hasta +6.12 Normalmente se combina con el oxígeno para formar el óxido wolfrámico amarillo ( $WO_3$ ) que se disuelve en soluciones de alcalino acuoso para formar iones de wolframio ( $WO_4^{2-}$ ).
- ✓ Los carburos de wolframio ( $W_2C$  y  $WC$ ) se producen por el calentamiento en polvo de carbón y son algunos de los carburos más duros, con un punto de fusión de  $2.770\text{ }^\circ\text{C}$  para  $WC$  y  $2.780\text{ }^\circ\text{C}$  para el  $W_2C$ , el  $WC$  es un conductor eléctrico eficiente, pero el  $W_2C$  no, el carburo se comporta de manera similar al mismo elemento sin alea, y es resistente al ataque químico, aunque reacciona fuertemente con el cloro para formar hexacloruro de wolframio ( $WCl_6$ ).2
- ✓ Las soluciones acuosas se caracterizan por la formación de ácido heteropoliácido y aniones de polioxometalato en condiciones neutras y ácidas, además produce la acidificación del anión del metatungstato muy soluble, después de lo cual se alcanza el equilibrio.14 Muchos aniones de polioxometalato existen en otras especies metaestables, la inclusión de un átomo de diferentes características, como el fósforo, en lugar de dos hidrógenos centrales, en el metatungstato produce una gran variedad de ácidos heteropoliácidos, como el ácido fosfotúngstico.

### Aplicaciones

- ✓ En estado puro se utiliza en la fabricación de filamentos para lámparas eléctricas, resistencias para hornos eléctricos con atmósfera reductoras o neutras, contactos eléctricos para los distribuidores de automóvil, también como proyectil anticarro (flecha) por su elevado punto de fusión y densidad, ánodos para tubos de rayos X y de televisión.10
- ✓ Tiene usos importantes en aleaciones para herramientas de corte a elevada velocidad, como las fresas para instrumentos odontológicos ( $W_2C$ ), en la fabricación de bujías y en la preparación de barnices ( $WO_3$ ) y mordientes en tintorería, en las puntas de los bolígrafos y en la producción de aleaciones de acero duras y resistentes.
- ✓ El wolframio y su aleación más popular, el carburo de wolframio son en ambos casos, excelentes reflectores de neutrones. Los cristales de wolframio con la estructura BCC están tan comprimidos que resultan ser eficaces escudos contra la radiación de todas las clases. Barras y planchas de wolframio o carburo de wolframio pueden resistir emisiones incluso de partículas gamma, rayos de neutrones. Es un poderoso escudo, superior al plomo y que además ofrece una toxicidad nula, cosa que el plomo no. Repele los neutrones y la energía nuclear debido a su gran densidad y estabilidad atómica.

