



# Los minerales y la minería

2025



# “Somos orgullosamente mineros.”

## Tomo 1. Los minerales y la Minería

<b>1.1</b> ¿Qué es la minería?.....3	<b>1.8</b> Clasificación de los minerales: metálicos, no metálicos y energéticos.....14
<b>1.2</b> Qué es un mineral y cómo se forma? .....4	<b>1.9</b> ¿Qué tipos de minerales se extraen en México?.....16
<b>1.3</b> ¿Qué es un yacimiento mineral?....5	<b>1.10</b> ¿Cuáles son las principales minas de México?..... 18
<b>1.4</b> ¿Cómo se exploran los yacimientos? .....6	<b>1.11</b> ¿Quiénes trabajan en la minería? Profesiones y oficios del sector ..... 20
<b>1.5</b> ¿Cómo se realiza la extracción minera? .....8	<b>1.12</b> Breve historia de la minería en México..... 22
<b>1.6</b> ¿Qué es una mina? Estructura y tipos.....10	
<b>1.7</b> ¿Qué es una planta de beneficio y qué es una fundición? .....12	

Colección La Minería en México.

Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.

Se prohíbe la reproducción parcial o total de esta publicación sin la debida autorización de la A.I.M.M.G.M., A.C. 2025

Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C. Av. del Parque No. 54, Col. Nápoles Alcaldía Benito Juárez 03810, Ciudad de México.

Edición: Geocheckas, <https://chematierra.mx>

Diseño y coordinación de formación: [figura], consultoría editorial, <https://figconsult.com>

Primera edición, 2025, Tiraje 00,000 piezas. Impreso en los talleres de Nombre de la imprenta.

## 1.1 ¿Qué es la minería?

La minería es la actividad que se encarga de extraer de la corteza terrestre los minerales y rocas que tienen utilidad para la sociedad. Pero no se trata sólo de “sacar piedras”, como a veces se piensa, es una industria compleja que involucra conocimiento científico, ingeniería, procesos industriales, economía, legislación, integración con las comunidades y cuidado ambiental, entre otros.

Implica una cadena de valor que va desde la exploración geológica (para encontrar los depósitos minerales), la extracción (con técnicas que varían según el tipo de yacimiento), el procesamiento o beneficio (para separar el mineral útil de la ganga o material sin valor) y, en algunos casos, la metalurgia, que permite obtener metales puros.

Todo esto requiere el trabajo de especialistas altamente capacitados y tecnología avanzada. Además, está regulada por leyes nacionales e internacionales para garantizar que se realice de forma segura, eficiente y con respeto al entorno.

**Ejemplo concreto:** En México, una mina moderna como *Peñasquito* (en Zacatecas) combina drones, sensores remotos, simulaciones geológicas y plantas de tratamiento automatizadas para obtener oro, plata, plomo y zinc, contribuyendo al desarrollo regional y nacional, con estricto respeto a la normatividad ambiental.



## 1.2 ¿Qué es un mineral y cómo se forma?



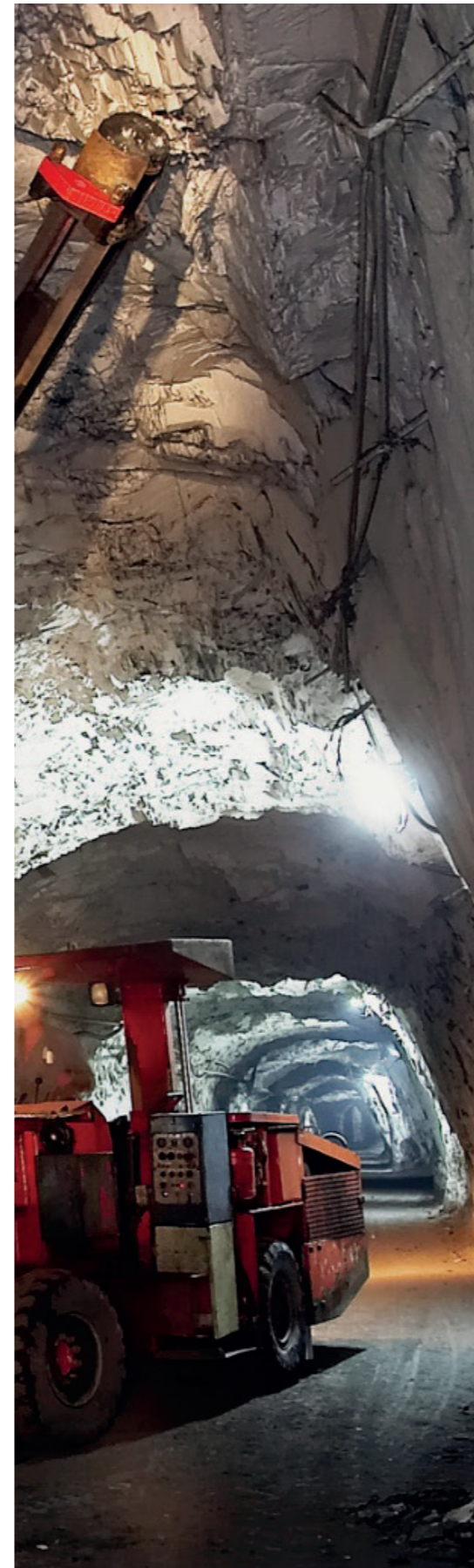
Un mineral es una sustancia sólida, de origen natural, con una composición química definida (aunque a veces variable dentro de ciertos límites) y estructura interna ordenada, es decir, cristalina. A diferencia de los minerales, las rocas están compuestas por un mineral o mezcla de éstos y no siempre presentan una estructura interna ordenada.

Los minerales se forman a través de procesos geológicos que pueden durar millones de años. Algunos de los principales son:

- **Solidificación del magma:** cuando el magma se enfría en el interior de la Tierra, los minerales cristalizan a diferentes temperaturas. Así se forma, por ejemplo, el granito, que contiene cuarzo, feldespato y mica.
- **Evaporación de soluciones salinas:** cuando se evaporan lagos o mares cerrados, los minerales disueltos precipitan. Por ejemplo: la halita (sal de mesa) y el yeso.
- **Reacciones químicas en ambientes hidrotermales:** el agua caliente que circula al interior de la corteza transporta minerales en solución. Al enfriarse, forman depósitos ricos en oro, plata, cobre, plomo y zinc.
- **Procesos metamórficos:** cuando una roca es sometida a altas presiones y temperaturas, sus minerales cambian. Así se forma el grafito, usado en lápices y baterías.

**Dato importante:** existen más de 5,000 especies minerales reconocidas por la Asociación Mineralógica Internacional. Algunos tienen usos industriales esenciales, como el feldespato, en la cerámica, o el yeso, en la construcción.

## 1.3 ¿Qué es un yacimiento mineral?



Un yacimiento mineral es una concentración natural de uno o más minerales que puede extraerse de forma rentable.

No basta con que exista un mineral en el subsuelo, debe de estar suficientemente concentrado, en una cantidad adecuada, y ser accesible técnica y económicamente. Sólo entonces puede considerarse un yacimiento.

### Tipos de yacimientos según su origen geológico:

- **Magmáticos:** formados por cristalización del magma. Ejemplo: depósitos de cromita y magnetita.
- **Hidrotermales:** los más comunes para metales preciosos y base (oro, plata, cobre, plomo, zinc). Se originan por circulación de fluidos calientes que precipitan minerales al enfriarse.
- **Sedimentarios:** formados por acumulación de materiales transportados por agua o viento. Ejemplo: compuestos de litio y la bauxita (fuente del aluminio).
- **Metamórficos:** por transformación de rocas preexistentes. Ejemplo: yacimientos de grafito y talco.

### Tipos según su forma:

- **Vetiformes:** el mineral forma vetas dentro de la roca.
- **Estratiformes:** siguen las capas de los estratos.
- **Diseminados:** grandes cuerpos de mineral sin forma definida.

**Ejemplo en México:** La mina de *Naica* (Chihuahua), famosa por sus cristales gigantes de yeso, es un yacimiento hidrotermal asociado a una intrusión magmática. El agua caliente saturada de sulfato cálcico formó estos cristales en condiciones únicas.

# 1.4 ¿Cómo se exploran los yacimientos?

La exploración es una fase fundamental en toda operación minera, permite identificar, delimitar y evaluar la calidad y cantidad de los minerales presentes en un área determinada.

Este proceso puede durar años y requiere inversión significativa que va aumentando a medida que avanza la exploración. Sin embargo, la mayoría de los proyectos exploratorios no llegan a convertirse en minas operativas, es frecuente que sólo un proyecto llega a convertirse en mina.



**Ejemplo real:** en la región de Peñasquito, Zacatecas, uno de los yacimientos polimetálicos más grandes de México, la exploración comenzó con estudios geológicos de superficie que identificaron alteraciones hidrotermales visibles (como vetillas de cuarzo y óxidos de hierro). Posteriormente, se aplicaron métodos geoquímicos y geofísicos, finalmente, una campaña de perforación con extracción de núcleos de roca confirmó la presencia de minerales valiosos, como oro, plata, plomo y zinc, en cuerpos diseminados a profundidad.

## Etapas principales de la exploración:

1

### Prospección geológica



Estudia la geología regional para identificar áreas con potencial mineral. Incluye:

- Revisión de mapas geológicos.
- Observaciones de campo (afloramientos, alteraciones, estructuras).
- Toma de muestras de potenciales estructuras
- Mapeo estructural para identificar contactos, fallas, pliegues y fracturas que pueden concentrar minerales.

2

### Exploración geoquímica



Se analizan muestras de suelo, sedimentos o agua para detectar “anomalías” químicas, es decir, concentraciones inusuales de ciertos elementos que podrían indicar un yacimiento.

3

### Exploración geofísica



Se trata de una herramienta indirecta, usa técnicas que detectan diferencias en propiedades físicas del subsuelo, las más usuales son:

- **Magnetometría:** detecta minerales magnéticos como la magnetita.
- **Gravimetría:** mide diferencias de densidad entre rocas y minerales.
- **Sísmica y resistividad:** miden la compacidad de los materiales y su conductividad eléctrica, es útil para detectar estructuras profundas.

4

### Exploración a detalle



Cuando los estudios anteriores dan resultados prometedores, se realizan perforaciones y sondeos para extraer núcleos de roca. Éstos se analizan en laboratorio para determinar:

- Ley (concentración del mineral).
- Continuidad del cuerpo mineral detectado.
- Profundidad y extensión del depósito potencial.

# 1.5 ¿Cómo se realiza la extracción minera?

## Procesos y tecnologías

La extracción minera es el proceso técnico mediante el cual se separa el mineral útil de la roca que lo contiene (denominada *ganga* o *material estéril*). Este proceso varía significativamente dependiendo de factores como la profundidad, forma, dureza de la roca encajonante, tipo de mineral y condiciones del entorno.



### Etapas del proceso de extracción:

#### 1. Perforación

Se realizan barrenos o agujeros en la roca para introducir explosivos o preparar el terreno para su fragmentación. La disposición y profundidad de los barrenos depende de la compacidad del macizo rocoso y de la geometría del yacimiento mineral.

#### 2. Voladura controlada

La fragmentación de la roca se realiza mediante explosivos calculados con precisión, regulados por leyes y normas mexicanas, bajo estrictas medidas de seguridad. La operación busca reducir vibraciones y minimizar el impacto en el entorno.

#### 3. Carga y acarreo

La roca fragmentada se extrae con maquinaria como palas hidráulicas o cargadores frontales y se transporta mediante camiones de gran tonelaje (de hasta 400 toneladas de capacidad en minas grandes).

#### 4. Transporte y acarreo subterráneo

En minas subterráneas se utilizan sistemas como carros mineros, bandas transportadoras, elevadores de carga (también conocidos como *skip*) y locomotoras eléctricas para transportar el mineral hacia la superficie.

#### 5. Sostenimiento y seguridad

Para evitar colapsos, se utilizan pernos, mallas metálicas, concreto lanzado y estructuras de soporte según la calidad del macizo rocoso.

#### 6. Ventilación y drenaje

La circulación de aire fresco es vital para remover polvo, gases tóxicos y mantener condiciones saludables. Cuando amerite, el agua subterránea se bombea continuamente para evitar inundaciones.

**Ejemplo técnico:** En una mina subterránea de plata, *San Julián*, en Chihuahua, el mineral se extrae con el método de corte y relleno, se transporta por rampas hasta la superficie, y todo el sistema es monitoreado con sensores que detectan vibraciones o gases.

# 1.6 ¿Qué es una mina? Estructura y tipos

Una mina es una instalación industrial que permite extraer minerales del subsuelo. Es un sistema complejo que incluye infraestructura de operación, transporte, servicios, personal y tratamiento de minerales. Las minas no se descubren, se construyen y pueden variar enormemente en tamaño, diseño y duración.

## Partes principales de una mina:

- 1 Frente de extracción: zona donde se encuentra el mineral en proceso de remoción.
- 2 Vías de acceso: pozos, rampas, galerías o caminos para el tránsito de personal y maquinaria.
- 3 Sistemas de ventilación, drenaje, energía y comunicación.
- 4 Talleres, oficinas, comedor, áreas de seguridad y sanitarias.
- 5 Patios de acopio, trituradoras y plantas de beneficio.



## Clasificación de las minas:

### 1. Mina a cielo abierto

- Se excava la superficie terrestre en forma de terrazas o bancos.
- Se usa cuando el cuerpo mineral está cerca de la superficie, en forma disseminada y tiene gran extensión horizontal.
- Es común en yacimientos de cobre, oro y minerales industriales.

**Ejemplo:** *Buena Vista del Cobre (Sonora)*, una de las minas de cobre más grandes del mundo.



### 2. Mina subterránea

- Se excava bajo tierra con acceso a través de rampas inclinadas o tiros verticales.
- Ideal para yacimientos profundos o cuerpos estrechos y alargados (vetiformes).
- Se usan métodos como corte y relleno, hundimiento por subniveles y cámaras y pilares.

**Ejemplo:** *Mina El Cubo*, en Guanajuato, productora de oro y plata.



### 3. Otras clasificaciones útiles:

- Por tipo de mineral: metálicas (oro, plata), no metálicas (yeso, sal), energéticas (carbón, uranio).
- Por escala: artesanal, pequeña minería, industrial o automatizada.
- Por vida útil: proyectos de pocos años o de largo plazo.

**Dato curioso:** Las minas más profundas del mundo están en Sudáfrica. La *Mponeng Gold Mine* supera los 4 km bajo la superficie, posicionándola como la más profunda operativa del planeta, con descensos que pueden durar más de una hora.

# 1.7

## ¿Qué es una planta de beneficio y qué es una fundición?

Una vez que los minerales se extraen del subsuelo, no pueden utilizarse de forma directa.

Generalmente se presentan en forma de mezclas con otros materiales sin valor económico (ganga), por lo que deben pasar por una etapa industrial conocida como **beneficio**, cuyo objetivo es concentrar el mineral útil y desechar el resto. En el caso de los minerales metálicos, algunos además requieren fundición para separar el metal puro.

### Planta de beneficio

Es una instalación industrial donde se procesa el mineral para aumentar su concentración, facilitando su aprovechamiento posterior. El tipo de proceso depende del tipo de mineral, su forma de ocurrencia y su comportamiento físico o químico.

#### Principales métodos de beneficio:

<b>Trituración y molienda</b>	El mineral se reduce de tamaño en varias etapas para liberar las partículas útiles de la ganga.
<b>Separación gravimétrica</b>	Se aprovechan las diferencias de densidad entre los minerales (por ejemplo, oro pesado frente a cuarzo liviano).
<b>Flotación</b>	Se mezclan los minerales con agua y reactivos que hacen que ciertas partículas se adhieran a burbujas de aire y floten (usado para sulfuros metálicos como cobre, plomo y zinc).
<b>Lixiviación</b>	Disolución química de minerales con soluciones ácidas o alcalinas. Muy común para extraer oro y plata con cianuro, o cobre con ácido sulfúrico. Este proceso se lleva a cabo bajo estrictos protocolos de seguridad ambiental, conforme a normas nacionales e internacionales, y con sistemas de contención y monitoreo que evitan filtraciones al medio ambiente.
<b>Separación magnética</b>	Ideal para separar minerales ferromagnéticos como magnetita o ilmenita.

**Ejemplo real:** En la planta de beneficio de *Peñasquito*, Zacatecas, se combinan flotación diferencial y separación gravimétrica para obtener concentrados de zinc, plomo, plata y oro a partir de minerales diseminados.

### Fundición

La fundición es un proceso metalúrgico posterior al beneficio, que se aplica principalmente a los minerales metálicos. Consiste en calentar el concentrado en hornos a muy altas temperaturas (hasta 1,200-1,600 °C) para separar el metal de sus compuestos minerales.

#### Etapas comunes en una fundición:

##### 1. Tostación

(Cuando es necesario) el mineral se calienta en presencia de oxígeno para eliminar el azufre o arsénico.

##### 2. Reducción

Se usa un agente reductor (como carbono o gas natural) para transformar los óxidos metálicos en metal puro.

##### 3. Fusión

El metal se funde y separa de la escoria (residuos no metálicos).

##### 4. Moldeo

El metal fundido se vierte en moldes o pasa a una etapa de purificación posterior (refinación).

**Ejemplo real:** El complejo **Met-Mex Peñoles**, ubicado en Torreón, Coahuila, es la fundición y refinería de metales no ferrosos más grande de América Latina. Ahí se procesan concentrados de plomo, zinc y plata provenientes de minas en Zacatecas, Durango y Chihuahua.

# 1.8 Clasificación de los minerales: metálicos, no metálicos y energéticos

Los minerales se clasifican en tres grandes grupos de acuerdo con su composición, sus propiedades físicas y su uso industrial:

## Minerales metálicos

Contienen elementos metálicos con propiedades como brillo, conductividad eléctrica y térmica, maleabilidad y ductilidad. Suelen encontrarse combinados con azufre, oxígeno o carbono (sulfuros, óxidos, carbonatos, etc.), por lo que requieren procesos complejos para obtener el metal puro.

Ejemplos:

<b>Cu</b> Cobre	<b>Au</b> Oro	<b>Ag</b> Plata	<b>Pb</b> Plomo
<b>Zn</b> Zinc	<b>Fe</b> Hierro	<b>Li</b> Litio	

**Dato interesante:** México es el primer productor mundial de plata y uno de los principales de cobre, zinc, oro y plomo.

## Minerales no metálicos

No tienen propiedades metálicas y se usan en industrias tan diversas como la construcción, la alimentación, la química, la farmacéutica y la agricultura. Generalmente no necesitan fundición, aunque sí pasan por beneficio y procesamiento físico.

Ejemplos:

<b>Yeso</b>	<b>Fluorita</b>	<b>Barita</b>	<b>Caolín</b>	<b>Sal (halita)</b>	<b>Sílice</b>
-------------	-----------------	---------------	---------------	---------------------	---------------

**Dato interesante:** México es de los principales productores de fluorita en el mundo.

## Minerales energéticos

Son aquellos que se usan como fuente directa de energía o para generar energía secundaria. Pueden encontrarse en estado sólido (carbón), líquido (petróleo) o gaseoso (gas natural).

<b>Carbón</b>	<b>Petróleo</b>	<b>Gas natural</b>
---------------	-----------------	--------------------

**Importante:** aunque el petróleo y el gas natural no son minerales en sentido estricto, se incluyen en esta categoría por su origen geológico y su uso energético.

# 1.9 ¿Qué tipos de minerales se extraen en México?

México es uno de los países con mayor diversidad y riqueza mineral del mundo. Gracias a su compleja geología —con zonas volcánicas, sedimentarias y metamórficas— el país cuenta con yacimientos de casi todos los tipos de minerales, incluyendo metálicos, no metálicos y energéticos.

## Minerales metálicos

México ocupa año con año los principales lugares a nivel mundial de varios metales:



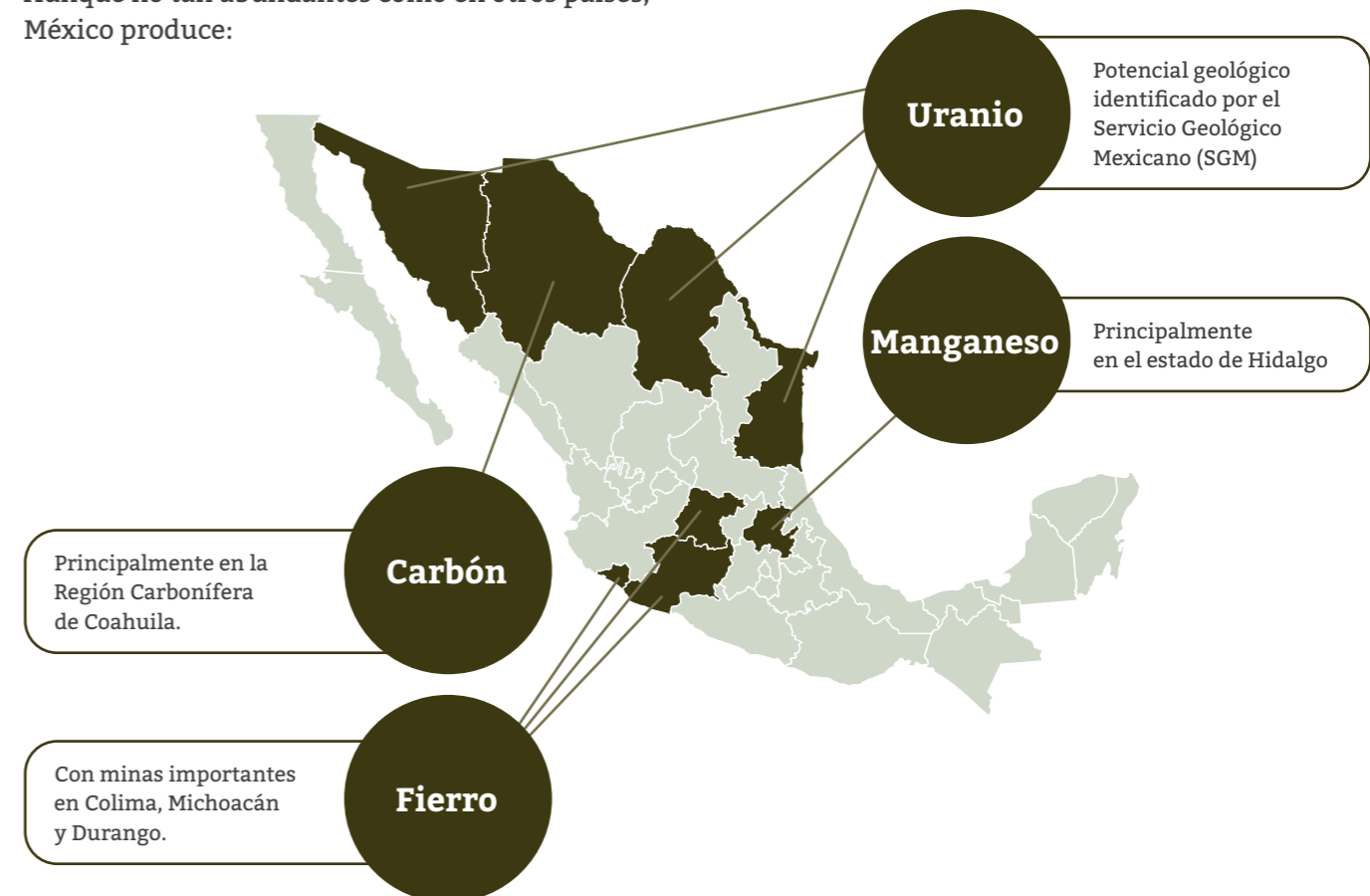
## Minerales no metálicos

La amplia gama de minerales no metálicos en México brinda la capacidad de abastecer de materias primas a un vasto mercado industrial.



## Minerales energéticos

Aunque no tan abundantes como en otros países, México produce:



# 1.10 ¿Cuáles son las principales minas de México?

Las minas existentes en México están distribuidas principalmente en el norte y centro del país. Estas instalaciones varían desde pequeñas unidades artesanales hasta complejos industriales altamente tecnificados, muchas de ellas se encuentran entre las más importantes del continente por su volumen de producción, tecnología y valor económico.

**+1,100**  
Minas en operación en México



## Minas destacadas por tipo de mineral:

Estas minas emplean métodos modernos como geolocalización, ventilación inteligente, sensores de monitoreo y plantas de tratamiento de agua; no tienen descargas de aguas industriales y trabajan con sistemas cerrados.

### 1. Peñasquito

En Zacatecas



Una de las minas polimetálicas más grandes de América.

### 2. Buenavista del Cobre

En Cananea, Sonora



A cielo abierto, una de las más grandes del mundo.

### 3. La Caridad

En Sonora



Operada por Grupo México

### 4. El Limón-Guajes

En Guerrero



Con la mayor cantidad de onzas producidas en 2024.

### 5. La Herradura

En Sonora



Oro. Operada por Fresnillo plc.

<b>Au</b> Oro	<b>Pb</b> Plomo
<b>Ag</b> Plata	<b>Cu</b> Cobre
<b>Zn</b> Zinc	<b>Co</b> Cobalto

### 6. San Julián

En Chihuahua



La segunda mayor productora de onzas de plata en 2024

### 7. Fresnillo

En Zacatecas



Considerada la mina más prolífica del país en este metal.

### 8. Tizapa

En el Estado de México



### 9. El Boleo

En Baja California Sur



Con tecnología sustentable.

# 1.11 ¿Quiénes trabajan en la minería? Profesiones y oficios del sector

La minería moderna es una industria multidisciplinaria que requiere de personal altamente calificado, técnicos operativos y trabajadores especializados. En este sector participan científicos, ingenieros de diferentes especialidades, técnicos, operadores, administrativos y personal comunitario.



## Profesiones técnicas y científicas:

- **Geólogos:** identifican y estudian los yacimientos.
- **Ingenieros de minas y metalurgistas:** diseñan y supervisan la explotación y el beneficio.
- **Topógrafos y cartógrafos:** elaboran mapas precisos de las zonas de trabajo.
- **Químicos y técnicos de laboratorio:** analizan muestras minerales.
- **Especialistas en seguridad y medio ambiente:** vitales para garantizar operaciones responsables.
- **Mecánicos, electricistas, soldadores:** mantenimiento de maquinaria pesada.

## Otros perfiles clave:

- **Personal de relaciones comunitarias:** mantiene el diálogo con las comunidades locales.
- **Médicos y paramédicos:** especialmente en minas remotas.
- **Conductores, operadores, supervisores, perforistas:** base de las operaciones diarias.

**Dato relevante:** el empleo en minería es de los mejores remunerados del país, ofrece capacitación constante en tecnología, seguridad y salud ocupacional.

# 1.12 Breve historia de la minería en México

La minería ha sido una actividad fundamental en la historia de México, desde tiempos prehispánicos hasta la actualidad, transformando territorios, economías y sociedades.



## Época prehispánica

Los pueblos mesoamericanos no explotaban metales de forma industrial, pero utilizaban minerales como obsidiana, jade, turquesa y cinabrio para herramientas, rituales y joyería. El oro y la plata eran usados con fines simbólicos.

## Periodo virreinal (siglos XVI–XIX)

- Tras la conquista se inició la minería a gran escala, especialmente de plata.
- La minería no sólo impulsó la economía de la Nueva España, sino que fue el motor que dio origen y forma a muchas de sus principales ciudades.

**Dato curioso:** aunque los españoles llegaron al continente con la esperanza de encontrar oro, fueron los vastos yacimientos de plata — descubiertos en lugares como Taxco, Zacatecas y Guanajuato— los que realmente transformaron la economía de la Nueva España y se convirtieron en el pilar financiero de la Corona española.

## Siglos XIX y XX

- Auge de la minería moderna con empresas extranjeras.
- Introducción del ferrocarril, dinamita, plantas de beneficio y fundiciones.
- Nacionalización, sindicatos y aparición de empresas como Peñoles y Grupo México.

## Siglo XXI

- La minería se ha tecnificado: sensores, *software* geológico, plantas de ciclo cerrado.
- Se prioriza la sustentabilidad, la relación con las comunidades y el enfoque ambiental.
- México sigue siendo líder en plata y figura entre los 10 primeros en oro, cobre, zinc y plomo.

# Bibliografía

Servicio Geológico Mexicano (SGM). *Panorama Minero de México 2023*. Disponible en: [https://www.sgm.gob.mx/pdfs/Panorama\\_Mineral.pdf](https://www.sgm.gob.mx/pdfs/Panorama_Mineral.pdf)

Servicio Geológico Mexicano (SGM). *Cartas geológicas y mineras de México*. Disponible en: <https://www.sgm.gob.mx>

Cámara Minera de México (CAMIMEX). *Informe Anual CAMIMEX 2024*. Disponible en: <https://camimex.org.mx>

Secretaría de Economía – Dirección General de Minas. *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2023*. Disponible en: <https://www.gob.mx/se>

SEDENA – Dirección General del Registro Federal de Armas de Fuego y Control de Explosivos. *Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos*. Disponible en: <https://www.gob.mx/sedena>

USGS – United States Geological Survey. *Mineral Commodity Summaries 2024*. Disponible en: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024>

International Mineralogical Association (IMA). *List of Mineral Species and their Properties* (actualizado a 2024). Disponible en: <https://www.ima-mineralogy.org>

Grupo México. *Informe de Sustentabilidad 2023*. Disponible en: <https://www.gmexico.com>

Industrias Peñoles – Met-Mex Peñoles. *Reporte Anual y de Sustentabilidad 2023*. Disponible en: <https://www.penoles.com.mx>

Fresnillo plc. *Annual Report 2023*. Disponible en: <https://www.fresnilloplc.com>

Mining Technology. *Boleo Copper-Cobalt-Zinc Mine Profile*. Disponible en: <https://www.mining-technology.com>

Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). *Minería y urbanismo en la Nueva España*. Disponible en: <https://www.inah.gob.mx>

UNESCO. *Itinerario Cultural Camino Real de Tierra Adentro*. Disponible en: <https://whc.unesco.org/en/list/1351>



<https://geomin.com.mx>

