

# Industria del Aluminio

Industrias y Servicios I

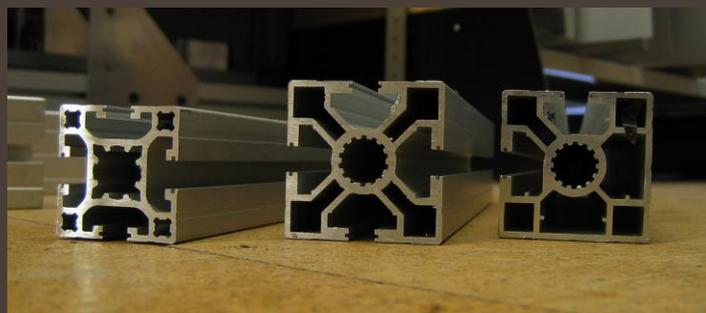
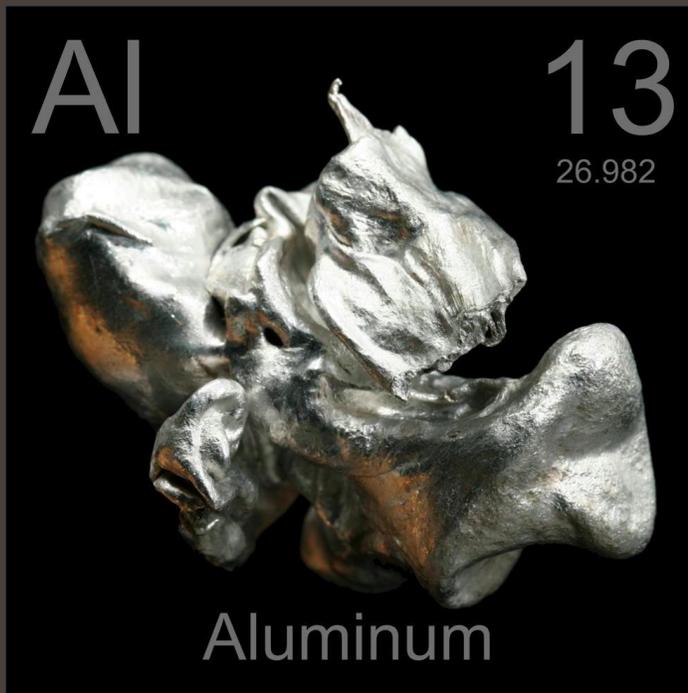
2023



FACULTAD DE INGENIERIA  
en acción continua...

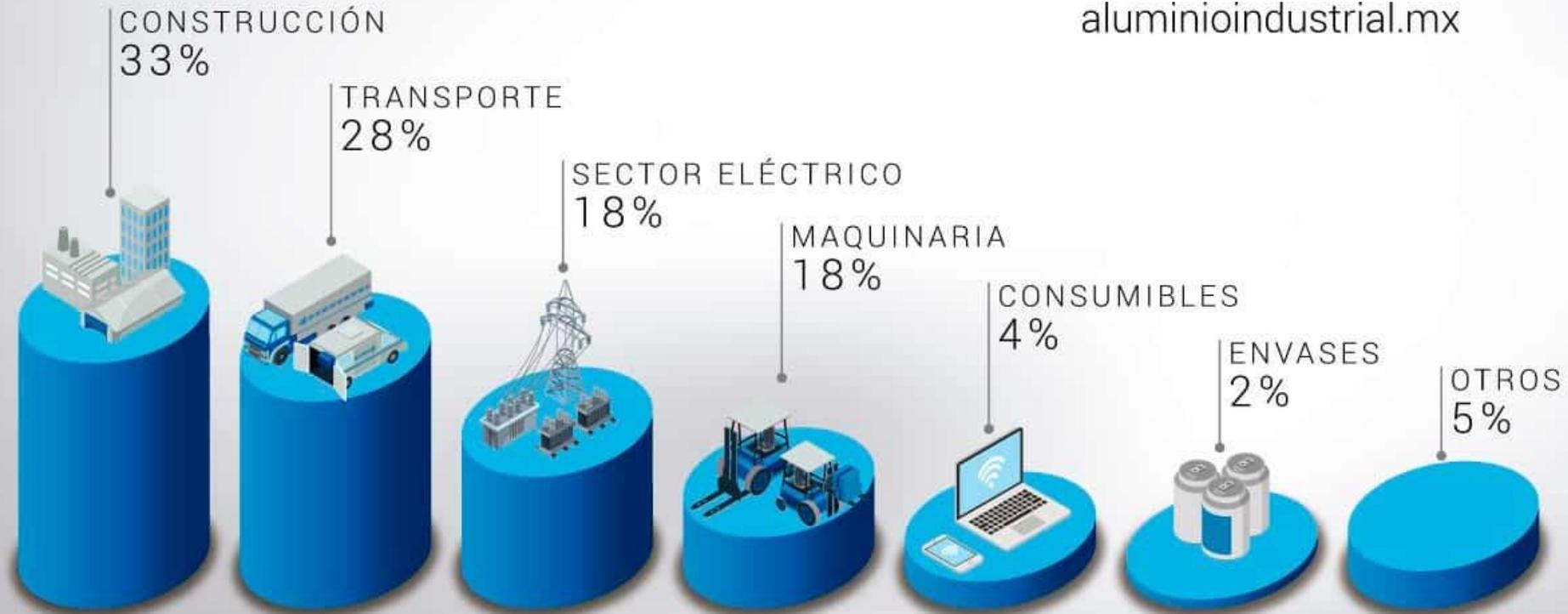
¿Qué es el aluminio?

¿Para qué se utiliza?

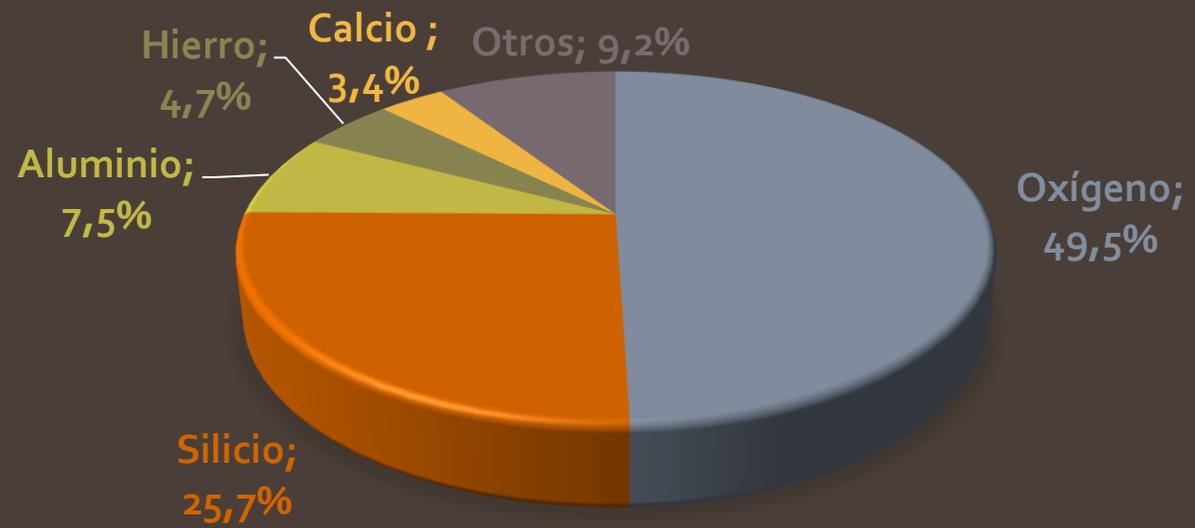


# PRINCIPALES USOS DEL ALUMINIO

aluminioindustrial.mx



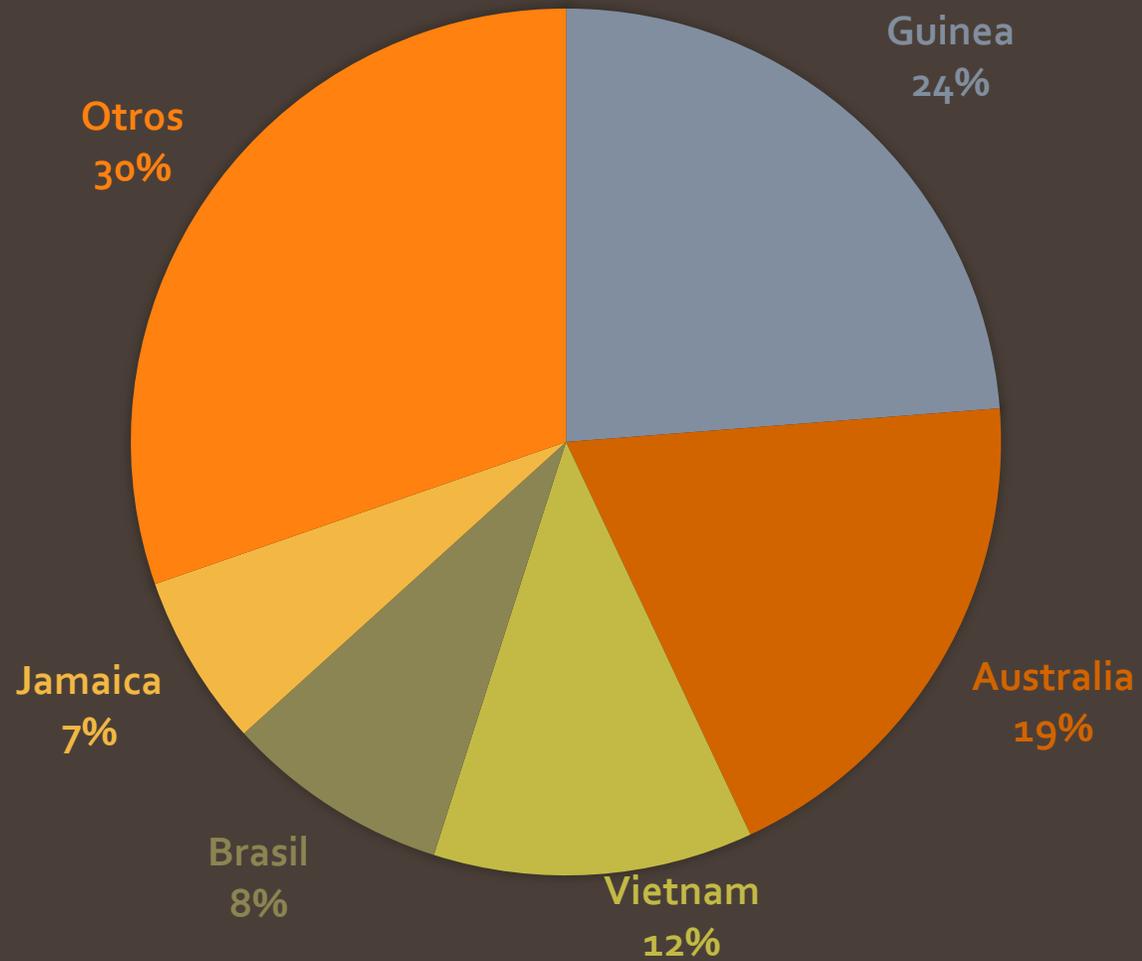
¿Dónde lo encontramos?



# Bauxita



## Participación en reservas mundiales 2021



Reservas totales  $\cong$  31.000 [M tn métricas secas.

# Bauxita

Obtención

- Minería a cielo abierto
- **85 - 95%** >> producción de aluminio primario



# Bauxita

Producción  
[M de tn métricas/año]



# Proceso productivo

Obtención de alúmina  
MÉTODO BAYER

- Este método, patentado en 1889, fue imponiéndose como la tecnología más eficiente, desplazando al proceso de Le Chatelier que se usaba anteriormente. En la década del '50-'60 se posicionó como el único medio de producción industrial de alúmina.
- El principio básico es mezclar la bauxita con una disolución caliente de hidróxido de sodio (soda cáustica), NaOH. La soda disuelve los minerales de aluminio pero no los otros componentes de la bauxita, que permanecen como residuos sólidos.
- Puede resumirse con la siguiente reacción:



# Proceso productivo

Obtención de alúmina  
MÉTODO BAYER

## 1) Recepción y molienda



# Proceso productivo

Obtención de alúmina  
MÉTODO BAYER

## 2) Digestión

- La pulpa se pone en contacto con el licor pobre procedente de la etapa de precipitación.
- Se producen reacciones químicas de disolución de los óxidos de aluminio:



- Los parámetros de operación ( $\Delta t$ , T, P) caracterizan distintos tipos de procesos, a grandes rasgos se clasifica como Bayer "europeo" o "americano".
- Descompresión del licor y separación de la pulpa digerida.

# Proceso productivo

Obtención de alúmina  
MÉTODO BAYER

## 3) Decantación, lavado de lodos rojos y clarificación del licor

- La pulpa proveniente de la digestión se somete a la separación de los lodos y las arenas. Los limos (más finos) se sedimentan con floculantes en cantidades pequeñas.
- Los lodos decantados (25% sólidos) se envían al circuito de lavado de lodos. Funciona a contracorriente, dejando unos lodos rojos que se envían al embalse de lodos rojos (donde se consolidan con aditivos).
- El licor que sobrenada tiene todavía 40-80 mg de sólidos por litro, se envía a un tanque de almacenamiento para su clarificación, por filtros de gran superficie y filtros prensa hasta filtros de arena. Luego se recicla al proceso.

# Proceso productivo

Obtención de alúmina  
MÉTODO BAYER

## 4) Precipitación del hidrato

- Reacción poco espontánea:



El equilibrio es lento y muy dependiente de las condiciones de operación.

- Fases:



# Proceso productivo

Obtención de alúmina  
MÉTODO BAYER

## 5) Calcinación

- El hidrato se seca y se calcina. El secado se hace aprovechando los gases calientes del calcinador. Luego se envía a un horno donde se calienta a 900-1200 °C obteniéndose la ALÚMINA ( $Al_2O_3$ ).



# Proceso productivo

Obtención de alúmina  
MÉTODO BAYER

Caracterización de la alúmina obtenida



- Del proceso Bayer se obtiene la alúmina metalúrgica. Tradicionalmente las especificaciones de la alúmina fueron:
  - Su análisis químico
  - El ángulo de talud
- Surgen dos grandes clases de producto: alúmina “fluory” o alúmina “sandy”, sus distintas propiedades en la operación y resultado del proceso de obtención de aluminio primario.

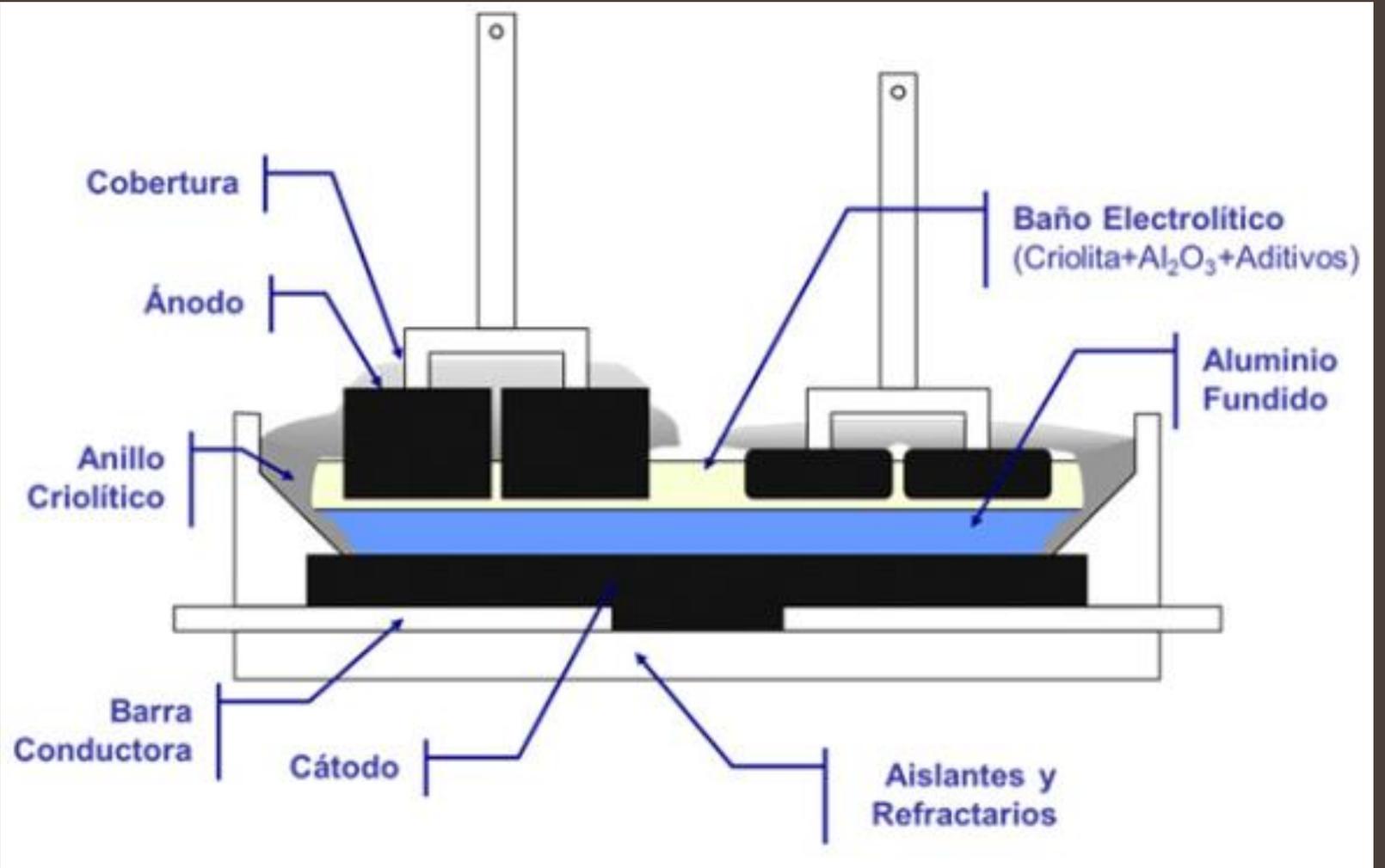
# Proceso productivo

Obtención de aluminio  
**MÉTODO HALL-HÉROULT**

- La alúmina (óxido de aluminio) se disuelve en un baño de criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) mineral fundida, obteniendo una mezcla eutéctica con un punto de fusión de  $900\text{ }^\circ\text{C}$ .
- El fondo del recipiente está cubierto de bloques de carbón conductor que sirven como uno de los electrodos (cátodo). Por encima de la cuba se colocan electrodos de carbón y se conectan a corriente continua (ánodos).
- La elevada corriente, además de producir la electrólisis, calienta la solución hasta  $950\text{-}1000\text{ }^\circ\text{C}$ , manteniéndola líquida.

# Proceso productivo

Obtención de aluminio  
**MÉTODO HALL-HÉROULT**



# Proceso productivo

Obtención de aluminio  
**MÉTODO HALL-HÉROULT**

- La criolita fundida se disocia en iones:



- La alúmina disuelta también se disocia en iones:



- Son transportados al cátodo los iones  $3\text{Na}^+$  y  $\text{Al}^{3+}$  y, como el ion de aluminio tiene un potencial negativo menor que el sódico, se descarga allí solo el aluminio, convirtiéndose en aluminio metálico que precipita en el fondo del baño caliente en forma líquida.

# Proceso productivo

Obtención de aluminio  
**MÉTODO HALL-HÉROULT**

- Los iones de sodio reaccionan con el anión  $\text{AlO}_3^{3-}$  para formar aluminato sódico:

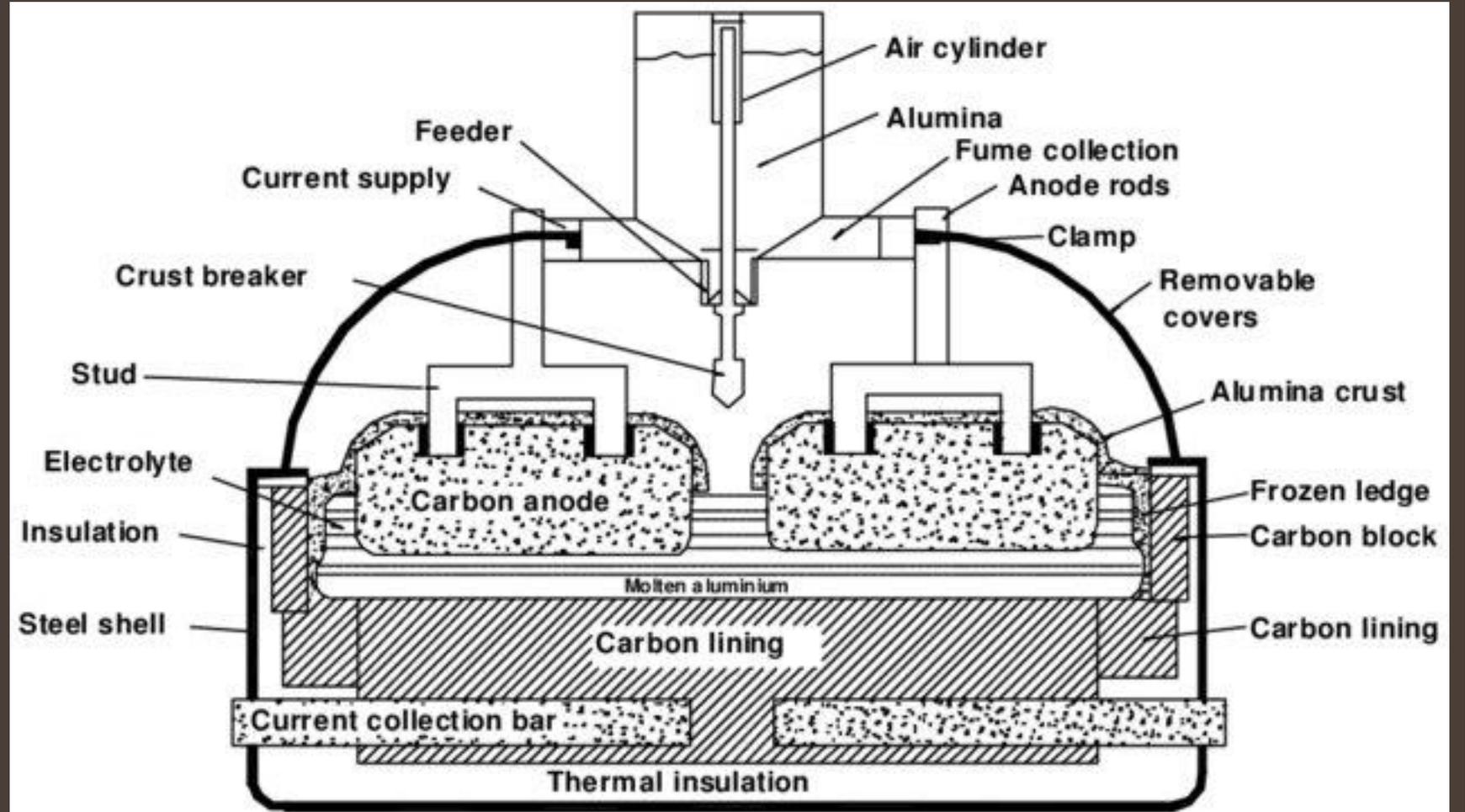


- Los iones negativos se dirigen al ánodo, se forma allí alúmina y se desprende oxígeno. Este oxígeno desprendido reacciona con el carbón del ánodo formando  $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$  que se desprenden del baño como gases. Los ánodos se reponen a medida que son consumidos.
- El aluminio líquido se extrae de tiempo en tiempo desde el fondo por sifón.
- Reacción global o simplificada:



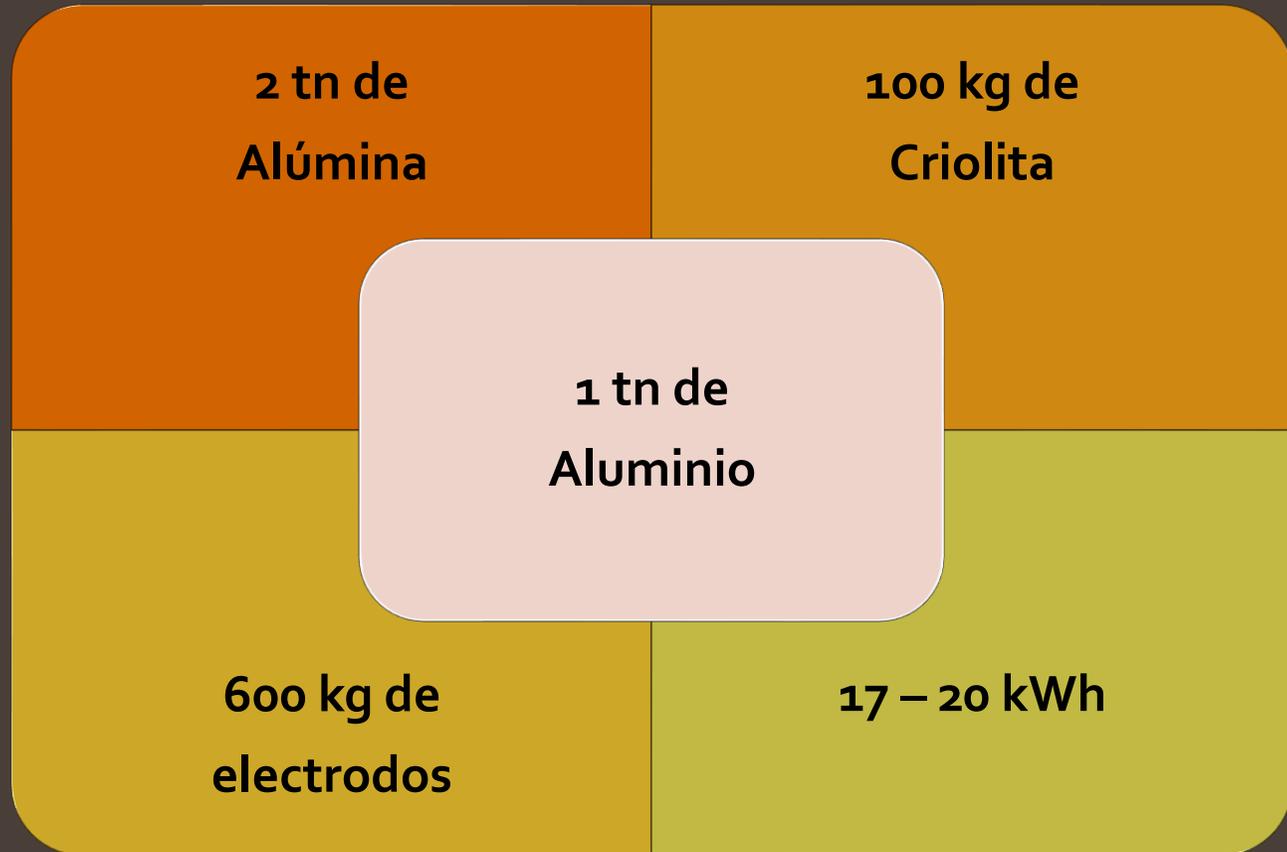
# Proceso productivo

Obtención de aluminio  
MÉTODO HALL-HÉROULT



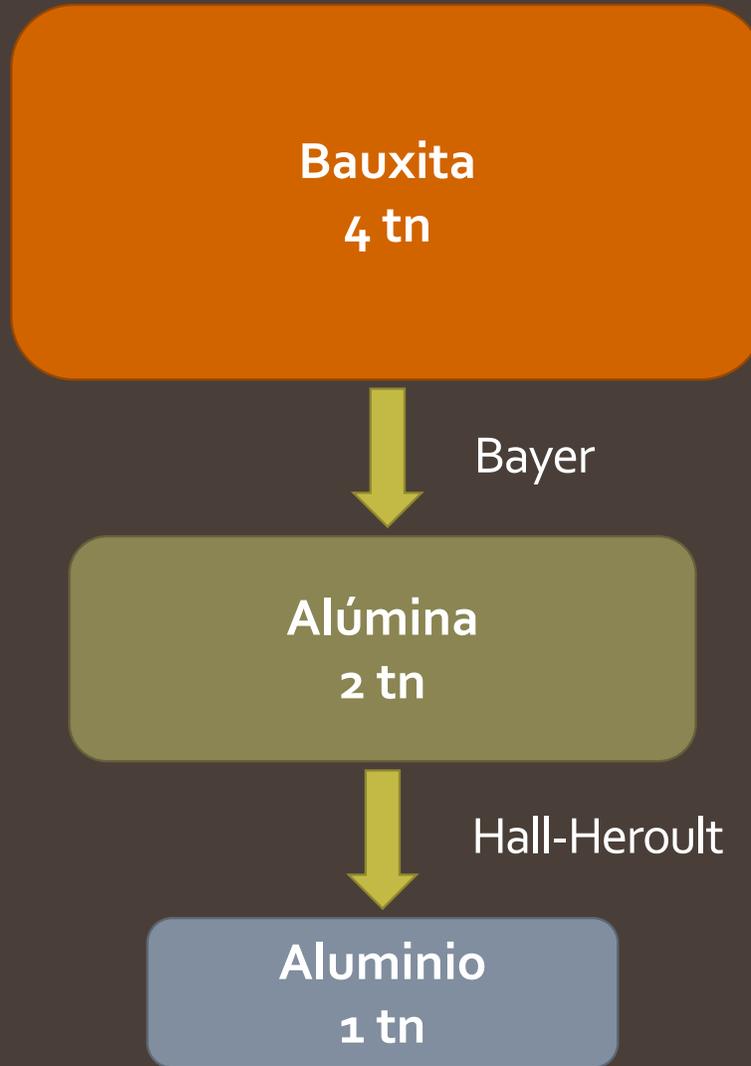
# Proceso productivo

Obtención de aluminio  
**MÉTODO HALL-HÉROULT**



Proceso  
productivo

Rendimiento global



# Cadena de valor del Aluminio

Producción primaria

Procesamiento

Destino

Electrólisis

Aluminio primario

Aluminio secundario

Chatarra



Mercado Interno

Construcción

Transporte

Energía

Envases

Mercado Externo



Alúmina

Reacción química

Bauxita

Transformación

Solidificación

Aleación

Lingotes de aluminio

Semiterminados

Laminación

Rollos, chapas, pastillas, tapas, pomos, foil

Extrusión

Barras, caños y varillas

Fundición

Partes y piezas

Forjado

Alambres y cables

Hierro

Zinc

Cobre

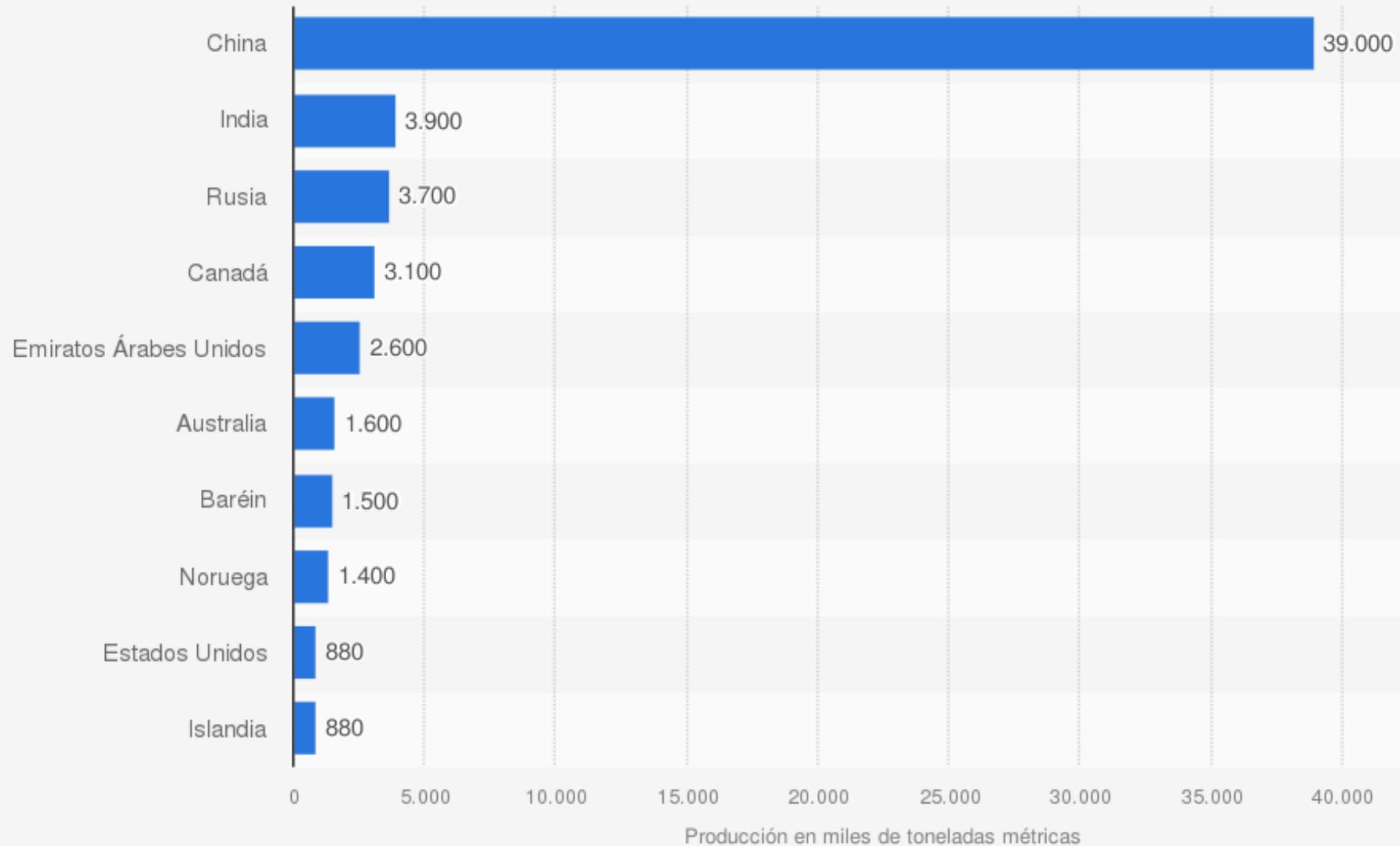
Magnesio

# El aluminio en el mundo

Producción global

≈ 64 M tn métricas

Ranking de los principales países productores de aluminio a nivel mundial en 2021  
(en miles de toneladas métricas)



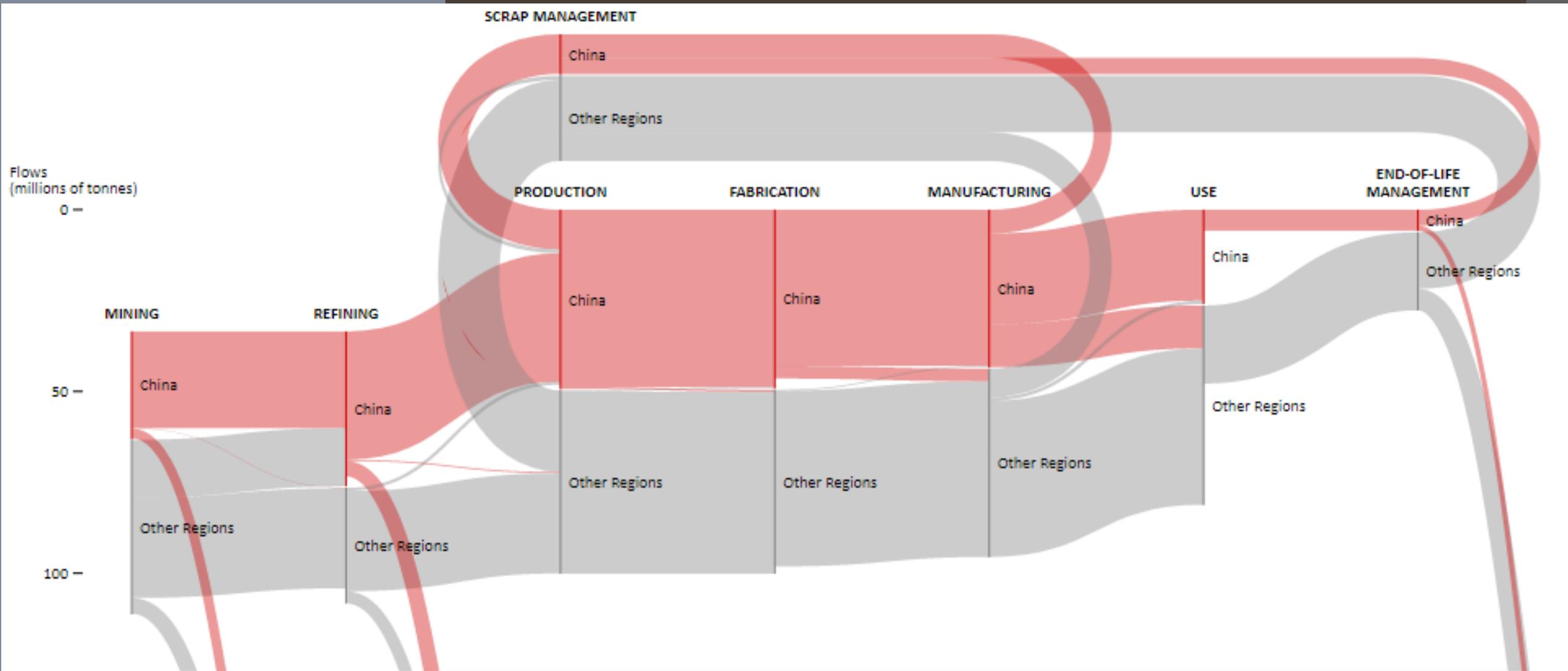
Fuente

US Geological Survey  
© Statista 2022

Información adicional:

Mundial; 2021; aluminio extraído a través de la fundición

# Ciclo másico mundial del aluminio 2019



# El aluminio en Argentina

ALUAR

- Argentina solía satisfacer la demanda local con aluminio metálico importado principalmente de Norteamérica, hasta que se decidió encarar el problema para evitar la dependencia en el suministro. En 1969 el poder ejecutivo argentino aprobó el "Programa de desarrollo de la industria del aluminio" elaborado por la Comisión Permanente de Planeamiento del Desarrollo de los metales livianos, organismo que dependía de la fuerza aérea argentina.
- Así la producción de aluminio primario en la Argentina se inició a comienzos de la década del '70, dentro de un programa público-privado de desarrollo de la industria del aluminio.
- La localidad seleccionada para la instalación de la **planta Aluar de aluminio primario** fue la ciudad de Puerto Madryn, en la Provincia del Chubut, 1.400 Km al sur de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.



# El aluminio en Argentina

ALUAR

En forma simultánea a la construcción de la planta de aluminio primario se llevaron a cabo dos importantes obras:

- **En Puerto Madryn, un puerto de aguas profundas**, cuyo objetivo inicial fue facilitar la importación de materias primas para la producción, así como la exportación de metal producido.
- En Trevelin, sobre el río Futaleufú o Grande, a 500 Km al oeste de Puerto Madryn, sobre la Cordillera de los Andes, **la Central Hidroeléctrica Futaleufú**, para abastecer de energía eléctrica a la planta de aluminio.

# El aluminio en Argentina

ALUAR



## **2.206 Empleados**

Puerto Madryn: 1.452

Abasto: 505

Buenos Aires: 249

Fuente: Balance al 30 de Junio 2017



## **Producción**

Capacidad de aluminio: 460.000 Ton / año

Pureza promedio del aluminio: 99,83%

[Ver gráfico de producción](#)

# El aluminio en Argentina

ALUAR

## Materias primas



Coque: 180.000 Ton / año  
Alúmina: 850.000 Ton / año  
Brea: 35.000 Ton / año

## Energía



### Fuentes de generación

Hidroeléctrica Futaleufú: 472 MW  
Generación en planta: 740 MW

## Producción de aluminio primario

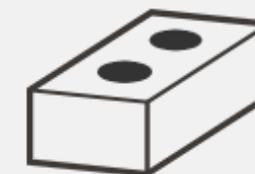


Cubas electrolíticas: 784  
Salas de electrólisis: 8

## Equipos Producción elaborados

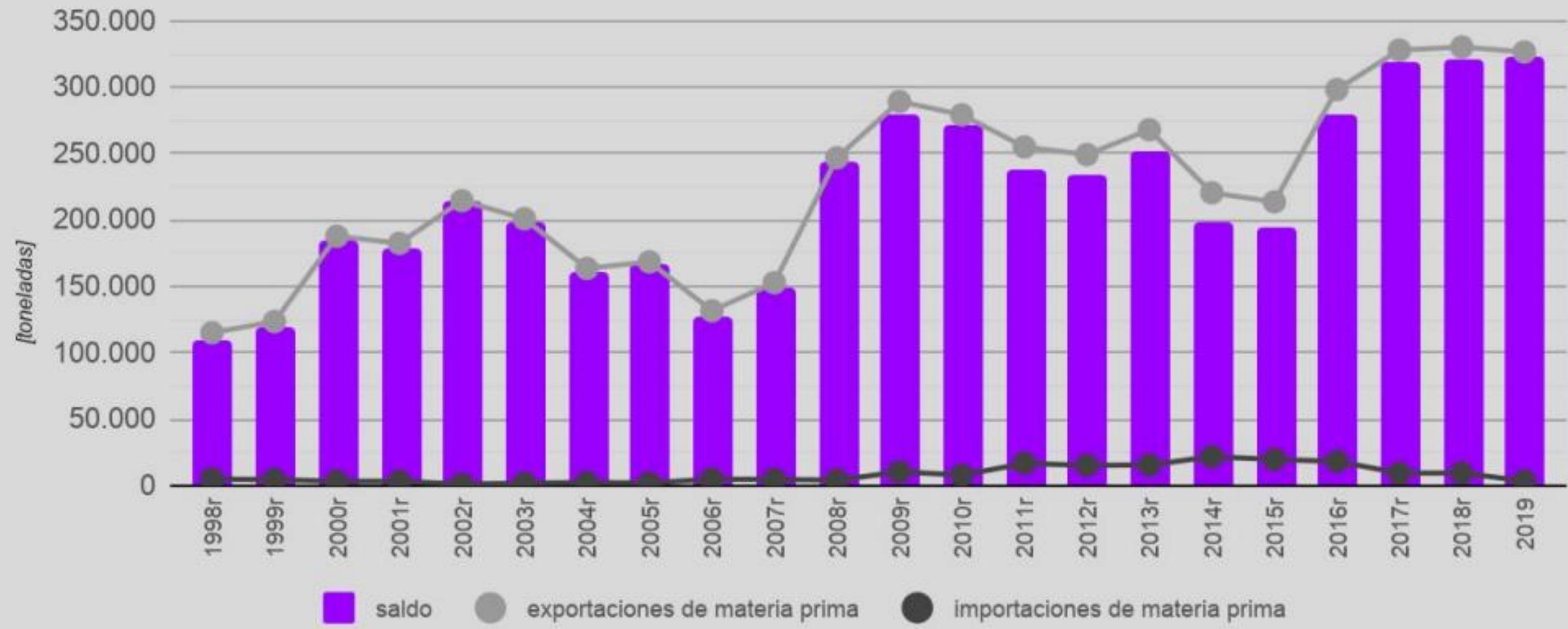
Extrusión 3 prensas de extrusión  
Laminación 5 laminadores  
Fuente Planta ADE  
Total de equipos: 18

## Planta de ánodos

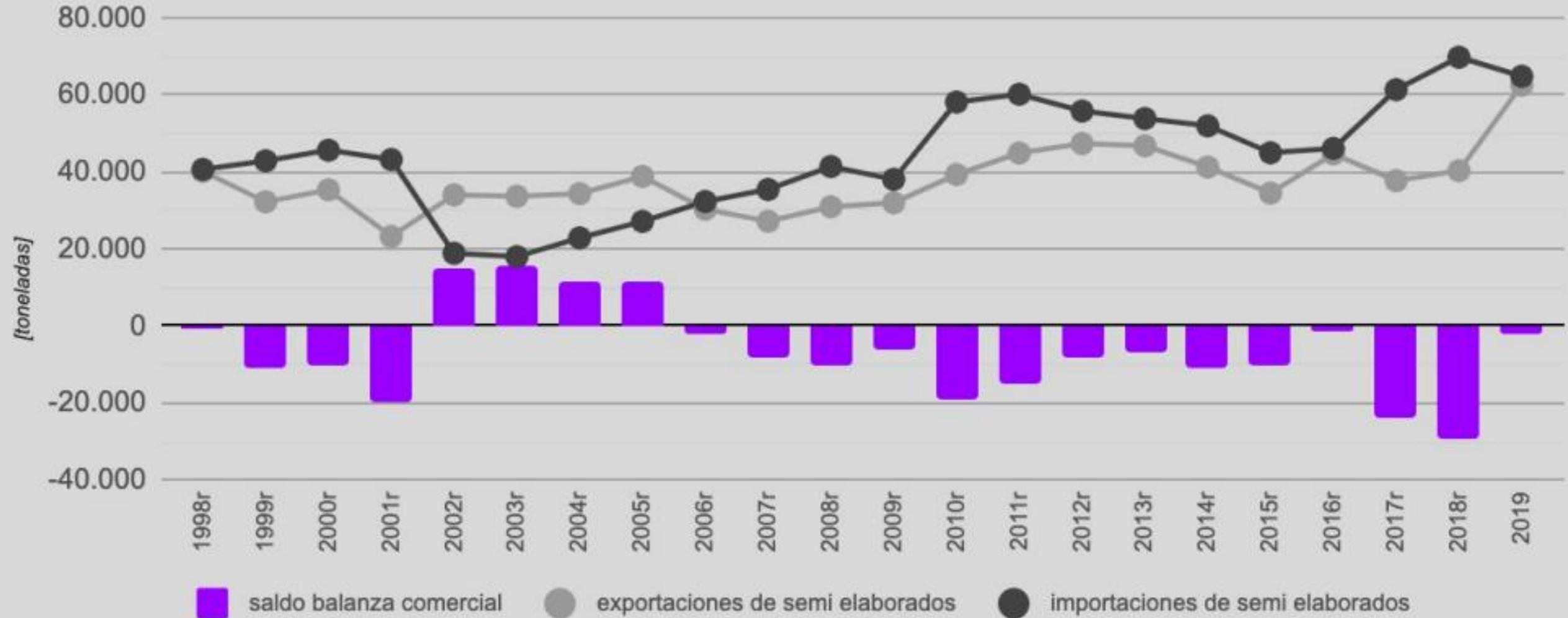


Producción total: 400000

## evolución de la balanza comercial de materia prima [ton]

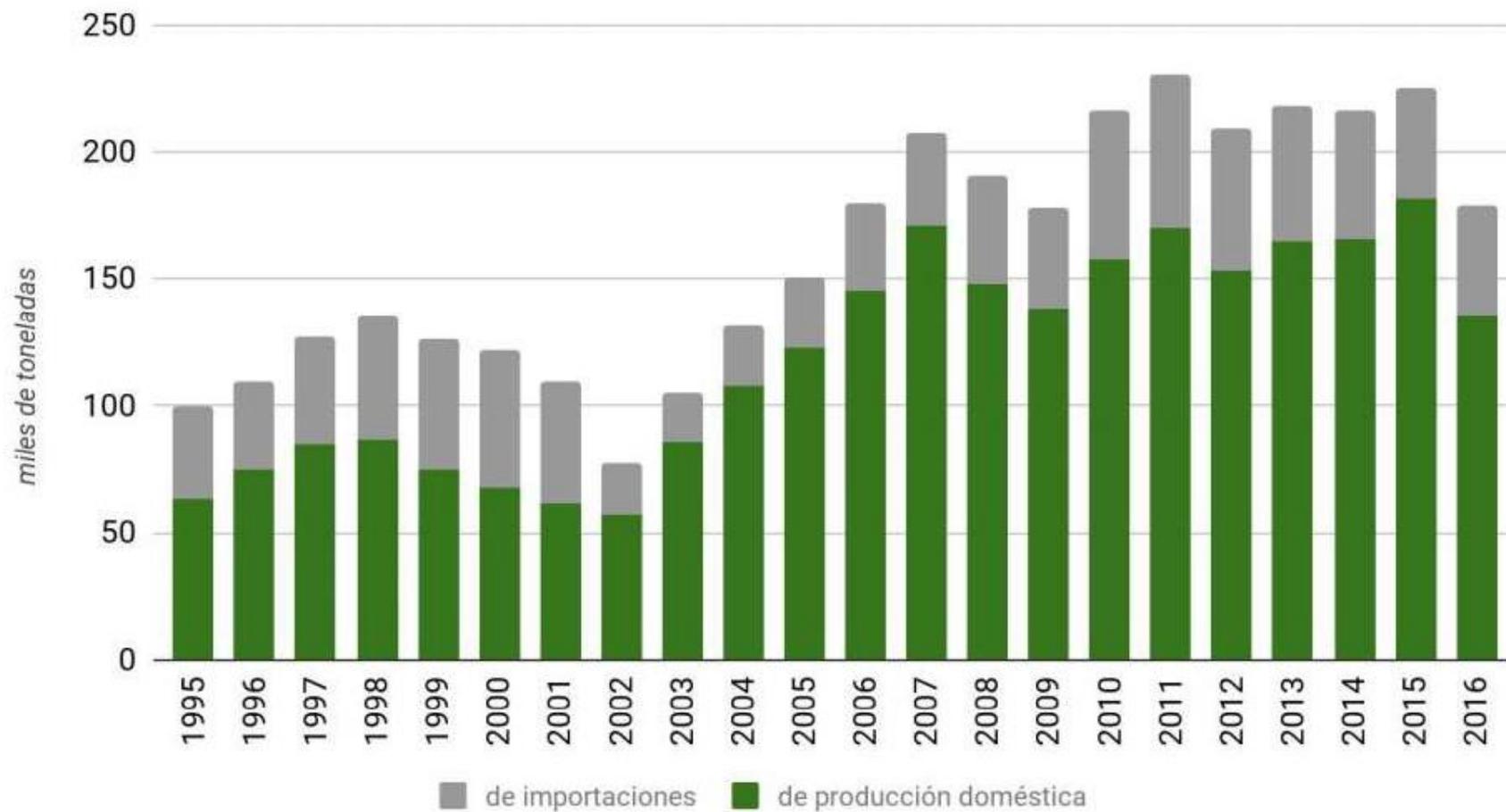


## evolución de la balanza comercial de semi elaborados [ton]



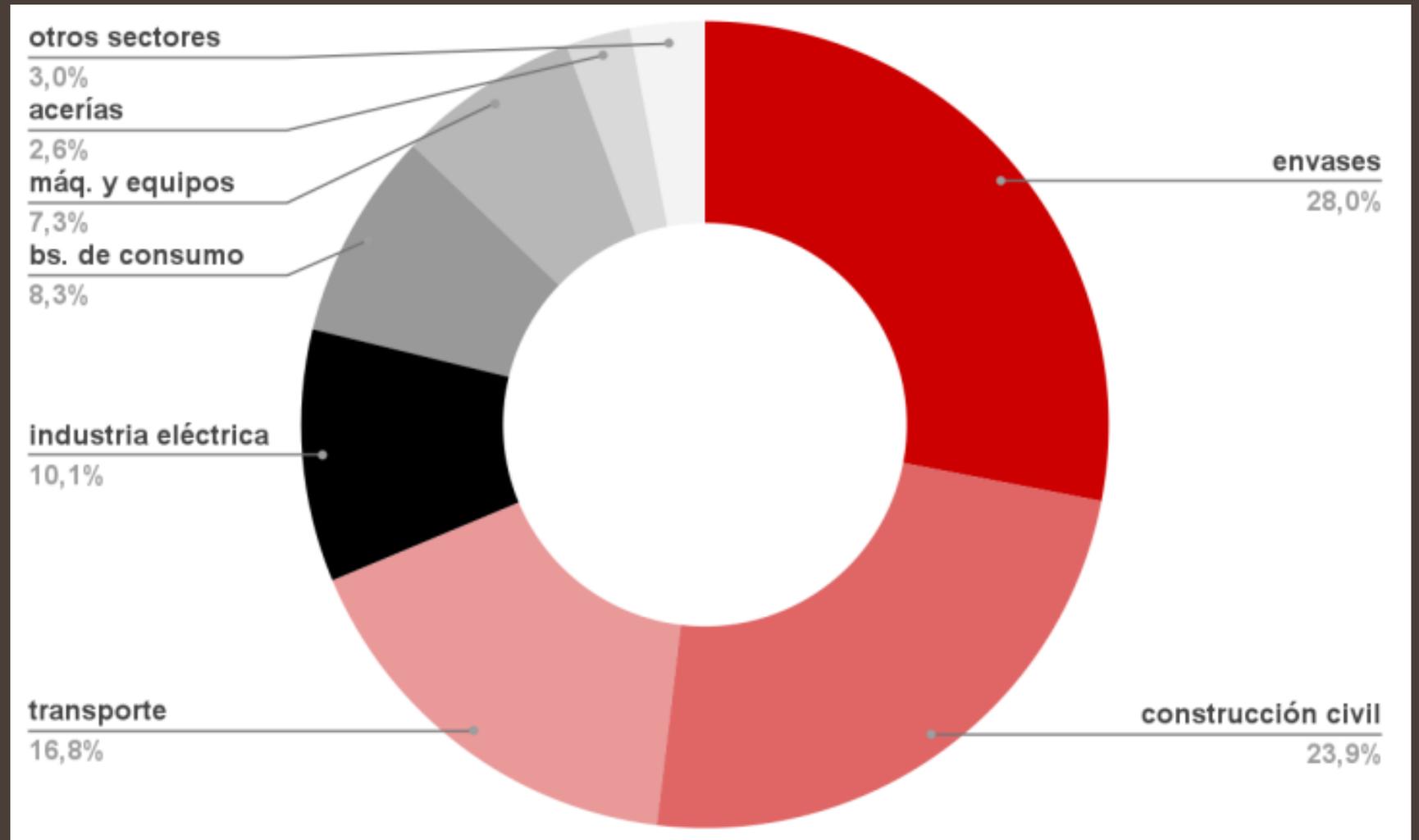
# El aluminio en Argentina

consumo de aluminio en Argentina



# El aluminio en Argentina

Consumo doméstico por sectores



# Fuentes de consulta

## BIBLIOGRAFÍA GENERAL, APUNTES Y ARTÍCULOS

- BALLESTER, A. et al (2000). Metalurgia Extractiva Vol I y II. Ed. Síntesis, España. ISBN 9788477388036.
- Misirlian, E. & Pérez Barcia, V. (2017). La industria del Aluminio en Argentina. Escuela de Economía y Negocios. Universidad Nacional de San Martín. Argentina.
- Prasad, S. (2000). Studies on the Hall-Heroult Aluminum Electrowinning Process. Journal of the Brazilian Chemical Society 11(3). Brasil.
- LÓPEZ SANGIL, J. (s/f). Proceso electrolítico de obtención del aluminio. La Coruña, España.
- Subsecretaría de Programación Microeconómica (2017). Industrias Metálicas Básicas. Siderurgia y aluminio. Informes de Cadenas de Valor Año 2 - N° 26. Ministerio de Hacienda de Argentina.
- Reciclado de aluminio – Formación de Formadores.(2017). ARPAL. España. <http://aluminio.org/>
- Aluminio – Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio>
- Alúmina – Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Al%C3%BAmina>
- Bauxita – Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Bauxita>
- Aluminio – EcuRed. <https://www.ecured.cu/Aluminio>
- La BAUXITA, materia prima del aluminio. <https://dartec.wordpress.com>
- Universidad de Oviedo - Apuntes sobre la Metalurgia del Aluminio. Prof. Luis Felipe Verdeja (Grado en Ingeniería de Tecnologías Mineras); Prof. M. Florentina Barbés Fernández (Ingenieros Técnicos de Minas, especialidad en Mineralurgia y Metalurgia). <https://www.unioviado.es/sid-met-mat/>

# Fuentes de consulta

## EMPRESAS Y ORGANISMOS

- World Aluminium (<http://www.world-aluminium.org>)
- Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines (CAIAMA). <http://www.aluminiocaiama.org/>
- ALUAR Aluminio Argentino SAIC. <https://www.aluar.com.ar/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). <https://www.indec.gob.ar/>.

## NOTICIAS Y ENLACES

- The Aluminium Smelting Process: How the Hall-Héroult Process Works. <http://www.aluminum-production.com>.
- <https://es.statista.com/estadisticas/600676/reservas-mundiales-de-bauxita-por-paises/>
- <https://cienciasycosas.com/2017/07/01/como-islandia-y-los-emiratos-arabes-son-grandes-productores-de-aluminio-sin-un-gramo-de-bauxita/>
- [https://elpais.com/economia/2016/03/29/actualidad/1459254114\\_023604.html](https://elpais.com/economia/2016/03/29/actualidad/1459254114_023604.html)