



EFICIENCIA  
ENERGÉTICA  
EN ARGENTINA



Proyecto financiado  
por la Unión Europea

# DIAGNÓSTICO SECTOR MINERO

OCTUBRE, 2019

Proyecto  
implementado por:



La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido es responsabilidad exclusiva del consorcio de implementación liderado por GFA Consulting Group y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea



## **“Eficiencia Energética en Argentina”, apostando por conformar un sector energético más sostenible y eficiente en Argentina**

Este documento ha sido elaborado por un equipo de profesionales, ellos son: Autor principal, Haroldo Montagú; Especialista energético, Gustavo Nadal; asistente, Karina Iñiguez; coordinación Hilda Dubrovsky en el marco del Proyecto “Eficiencia Energética en Argentina” financiado por la Unión Europea.

*© Consorcio liderado por GFA Consulting Group, 2019. Reservados todos los derechos. La Unión Europea cuenta con licencia en determinadas condiciones*



## INDICE

<b>INFORME DE DIAGNÓSTICO DEL SECTOR MINERO</b> .....	8
1. Caracterización Sectorial Económica .....	9
1.1. Principales Empresas de la cadena, grado de concentración y zonas de producción ....	14
1.2. Niveles de actividad .....	21
2. Principales políticas públicas que afectaron al sector .....	23
3. Proceso Productivo Consumos Energéticos, Benchmarking y potenciales ahorros .....	25
3.1. Proceso Productivo .....	25
3.2. Consumos energéticos .....	28
3.3. Medidas de eficiencia energética.....	33
3.4. Benchmarking y Ahorros .....	34
3.5. Emisiones de Gases Efecto Invernadero. Cambio Climático .....	37
4. Prospectiva Sectorial .....	38

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Producción de minerales en Argentina, año 2014 .....	10
(en % según valor de la producción en \$ de 1992) .....	10
Gráfico 2: Usos del Carbonato de Litio.....	28
Gráfico 3: Actividad: Extracción de Minerales. Expresados en MW medidos .....	29
Gráfico 4. Estructura de consumo por fuente para el Sector Minería, Año 2016 .....	31
Gráfico 5. Estructura de consumo por uso para el Sector Minería, Año 2016 .....	31
Gráfico 6. Comparación del consumo específico de energía en minería metalífera (oro y plata) de empresas que operan en Argentina con niveles de referencia. ....	32
Gráfico 7. Gestión de Certificación de Normas y Barreras a la Cerificación .....	34
Gráfico 8: Energía de la industria minera de EE. UU.....	35
Grafico 9: Oportunidad de ahorro de energía en la Industria Minera de EE.UU. Procesos con usos intensivos de energía .....	36

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Radiografía del Sector Minero.....	9
Tabla 2: Principales minerales producidos en Argentina.....	10
Tabla 3 Principales proyectos y empresas vinculadas.....	19
Tabla 4: Variación Octubre 2018 vs. Octubre 2017 (GWh).....	29



Tabla 5: Consumo de electricidad en la actividad minera en 2016 (MWH).....	29
Tabla 6: Consumo de GO en la actividad minera/mes de 2016 (litros mes y m3/mes).....	30
Tabla 7. Consumo de energía por fuente y uso en la minería en Argentina (ktep), Año 2016... 30	
Tabla 8. Estructura de consumo de energía por fuente y uso en la minería en Argentina (%), Año 2016 .....	30

#### **INDICE DE DIAGRAMAS**

Diagrama N°1: Cadena de valor de la minería y de las rocas de aplicación.....	12
Diagrama N°2: Cadena de valor del litio .....	14
Diagrama N°3: Proceso de Extracción de Litio .....	27

#### **INDICE DE MAPAS**

Mapa N°1: Localización de establecimientos productivos. Año 2016 .....	15
Mapa N°2: Extracción de minerales en yacimiento. Valor de la producción en yacimiento por provincia, en porcentaje. Año 2016 .....	16
Mapa N°3: Localización de proyectos de minería metalífera .....	17
Mapa N°4: Localización de proyectos mineros de roca de aplicación .....	18
Mapa N°5: Principales salares con proyectos de litio .....	20
Mapa N°6: Proyectos de litio según etapa de desarrollo.....	21



## PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARGENTINA

Este Diagnóstico del Sector Minero<sup>1</sup> se enmarca en el proyecto de Cooperación entre la Unión Europea y Argentina, “EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARGENTINA”, financiado por el *Partnership Instrument de la Unión Europea*.

El proyecto como tal tiene como OBJETIVO GENERAL, **contribuir a la estructuración de una economía nacional más eficiente en el uso de sus recursos energéticos disminuyendo la intensidad energética de los diferentes sectores de consumo**. Los OBJETIVOS PARTICULARES son:

- ✓ Contribuir al cumplimiento de los compromisos de reducción de gases de efecto invernadero asumidos en la Contribución Nacional de la República Argentina a través del Acuerdo de París de 2015.
- ✓ Desarrollar un Plan Nacional de Eficiencia Energética (PlanEEAr), junto con el marco regulatorio requerido para su implementación que se oriente, especialmente, a los sectores industria, transporte y residencial.
- ✓ Recibir asistencia técnica de la UE para determinar estándares de eficiencia y etiquetados de performance energética, implementar sistemas de gestión de la energía en industrias, optimizar el consumo energético en el sector público, y participar en actividades internacionales relacionadas, beneficiándose de buenas prácticas y mejoras tecnológicas de eficiencia en el uso de la energía.

El proyecto está implementado por un consorcio liderado por *GFA Consulting Group* (Alemania) junto con *Fundación Bariloche* (Argentina), *Fundación CEDDET* (España) y *EQO-NIXUS* (España) bajo la coordinación de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Secretaría de Energía de la Nación (SSERyEE), y de la Delegación de la Unión Europea (DUE) en Argentina.

El proyecto se encuentra estructurado en dos componentes y ocho actividades (Task) que se mencionan a continuación y que interactúan entre sí y alimentan al desarrollo del Plan Nacional de Eficiencia Energética de Argentina. Cada task cuenta además con un conjunto de actividades.

### COMPONENTE I: DESARROLLO DE UN MARCO PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Actividad I.1: Asistencia técnica para el desarrollo del Plan Nacional de Eficiencia Energética

Actividad I.2: Balance Nacional de Energía Útil para los sectores: Residencial (Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares ENGHo-INDEC), Industria (5000 establecimientos a encuestar) y Transporte (45000 encuestas en estaciones de servicio)

Actividad I.3: Asistencia Técnica para reformas políticas

Actividad I.4: Eventos anuales Argentina-Unión Europea para la Eficiencia Energética

### COMPONENTE II: TECNOLOGÍAS Y KNOW-HOW PARA SECTORES CLAVE

Actividad II.5: Auditorías de eficiencia Energética para sectores clave de la industria en el marco de las redes de aprendizaje, transporte y residencial.

Actividad II.6: Modelos de financiamiento para proyectos de Eficiencia Energética

Actividad II.7: Soporte a planes municipales de Eficiencia Energética

Actividad II.7a: Certificación en edificios residenciales

Actividad II.7b: Auditorías en edificios públicos

---

<sup>1</sup> Este documento ha sido elaborado por un equipo de profesionales, ellos son: Autor principal, Haroldo Montagú; Especialista energético, Gustavo Nadal; asistente, Karina Iñiguez; coordinación Hilda Dubrovsky





Actividad II.7c: Eficiencia Energética en manejo de flotas

Actividad II.8: Unión Europea – Argentina Matchmaking event

La elaboración de este diagnóstico se enmarca dentro de la Actividad I.1. en la que se desarrollará una propuesta de diseño de política energética. Ese diseño puede resumirse en torno a un conjunto de preguntas clave que guiarán el trabajo y que se resumen así: ¿de qué se parte?, es decir la situación actual del país o región; ¿a qué se aspira?, la situación deseada, visión u objetivo final que se pretende alcanzar; y ¿cómo actuar?, el conjunto de estrategias sectoriales (conformadas por diferentes acciones) que forman parte de la planificación de las políticas públicas. Estas preguntas pueden ser complementadas por aquellas que guían a la selección de sectores o subsectores prioritarios en los cuales actuar (¿dónde?), la selección de las líneas estratégicas u acciones que pueden motivar el alcance de los objetivos (¿cómo?), la identificación de los motivos por los cuales estas acciones no se implementan por parte de los actores, es decir las barreras o problemas que se enfrentan (¿por qué?), la identificación de los instrumentos a utilizar (¿con qué?), qué acciones implementar (¿por medio de qué?), y de qué forma evaluar (¿cómo medir?).

El proceso de elaboración del PlanEEAr se iniciará con un **diagnóstico de la situación actual** en el país en términos de consumo energético, eficiencia energética, planes y programas implementados a nivel nacional, del objetivo en términos de metas o *targets* de eficiencia energética; y de la situación de cada uno de los 19 sectores productivos<sup>2</sup> que han sido definidos como relevantes por parte de la Secretaría de Energía, entre los que se encuentra la **Industria Minera**.

El objetivo de los diagnósticos es dar una caracterización preliminar de la situación económica y energética, basada en información existente sobre trabajos desarrollados por la Secretaría de Gobierno de Energía y la opinión de actores clave, para ser utilizados en el PlanEEAr y en la elaboración de escenarios socioeconómicos y energéticos. Estos diagnósticos energéticos serán complementados, cuando sea posible, con la información del Balance Nacional de Energía Útil (BNEU) (Actividad I.2) y auditorías energéticas (Actividad II.5).

Es importante destacar que, si bien se ha definido un contenido de máxima de información a recopilar durante estos diagnósticos, su alcance, depende de la información disponible y de la relevancia del sector en términos de consumo energético, emisiones o variables económicas. Así, no todos los diagnósticos sectoriales tienen el mismo grado de detalle, desarrollo o profundidad.

Respecto de la metodología para la elaboración de diagnósticos, la misma se basa en dos etapas. En primer lugar, revisión de escritorio de información secundaria. En segundo lugar, se realizan entrevistas con actores clave o informantes calificados.

Los diagnósticos permiten establecer el potencial de eficiencia energética y las medidas a implementar para alcanzar estos potenciales. Luego, se realiza un análisis de barreras para la implementación de dichas medidas. Esta etapa de análisis de barreras en los sectores priorizados para ser incluidos en el PlanEEAr deberá ser realizado en conjunto con los actores, y

---

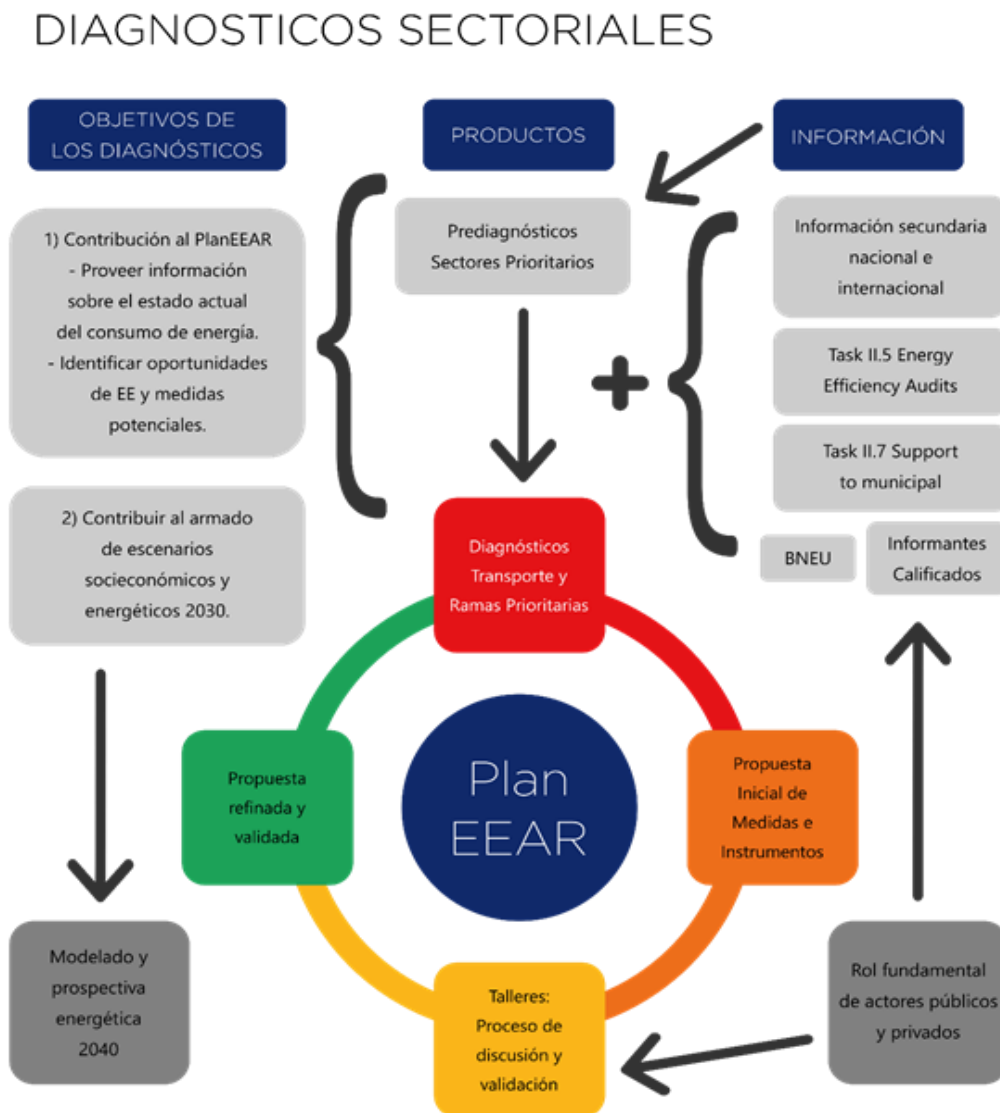
<sup>2</sup> Esos 19 sectores son: Sector Primario, Minería, Producción de Petróleo y Gas, Sector Alimenticios, Textil, Sector Papelero, Madera y Carpintería, Sector Refinación petrolera y producción de combustible nuclear, Sector Químico y Petroquímico, Sectores metales y no metales, Sector metalmecánico, Sector Automotriz, Reciclado, Oferta de Electricidad, Gas Natural y Agua, Construcción, Comercio, Hoteles y restaurantes, Transporte, y Administración pública, enseñanza, social y salud.



es una etapa de especial importancia ya que para que el Plan se encuentre bien diseñado los instrumentos seleccionados deberán ser los adecuados para remover las barreras identificadas. Se espera que en el avance del proceso participativo, se elaboren Escenarios Socioeconómicos y Energéticos (la situación deseada, visión u objetivo final que se pretende alcanzar) que serán modelados, con los que se simularán y cuantificarán los impactos de la implementación de las medidas de eficiencia finalmente adoptadas por los sectores en los procesos participativos del proyecto.

El esquema lógico adoptado en el que se insertan los diagnósticos es el que se representa en la figura siguiente.

### Esquema lógico de trabajo, incluyendo diagnósticos/prediagnósticos



A continuación, se presenta el documento sectorial elaborado.



## INFORME DE DIAGNÓSTICO DEL SECTOR MINERO

El sector minero en Argentina puede dividirse de acuerdo, a su producción, en tres grandes grupos. El primero de ellos, de gran importancia en el mercado externo y por el aporte de divisas que realiza a la economía, comprende a los minerales metalíferos tales como el oro, la plata, el cobre, plomo entre otros. Dicha producción tiene un rol menor como insumo industrial en el país y su producción se exporta casi en su totalidad.

El segundo grupo, el de las rocas de aplicación, se refiere a la producción de minerales tales como la arena, triturados pétreos, canto rodado, tosca, caliza, laja, travertino, granito, mármol, que tienen un destino fundamental interno, para usos vinculados a la construcción, la industria y, en menor medida, la ornamentación.

Existe un tercer grupo, el de los minerales no metalíferos tales como la sal, el carbón o el cuarzo entre los cuales se destaca el litio<sup>3</sup>. Este mineral ha cobrado especial importancia recientemente dada su utilización para baterías recargables de larga duración en dispositivos electrónicos tales como los celulares, tablets y hasta en vehículos impulsados por motores eléctricos.

El sector minero en su conjunto se caracteriza por su entramado económico-institucional en el cual inciden fuertemente factores socioeconómicos, ambientales y energéticos.

Desde el punto de vista productivo, el valor agregado que genera en la economía es bajo ya que es un bien primario que al ser extraído se lo industrializa levemente. Dado el incremento que han sufrido los precios internacionales de los minerales, el sector representa el cuarto complejo exportador en importancia dentro del país. Más allá de la dinámica de los precios internacionales, en las dos últimas décadas se ha registrado un fuerte aumento en las cantidades producidas y exportadas (para el caso de los minerales metalíferos) que contribuyeron al crecimiento del sector.

El empleo directo generado por el sector, si bien es bajo en nivel, ha venido creciendo a una tasa muy por encima del promedio de la economía. Los salarios del sector también muestran un nivel muy por encima de la media (llegando incluso a más que duplicar el promedio de la economía). Como contraparte, el empleo minero es considerado de alto riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. Las jornadas laborales extendidas y las condiciones de las mismas, atentan contra la seguridad y salud de los trabajadores. La ocurrencia de los accidentes laborales es mayor que en otras actividades.

---

<sup>3</sup> Este mineral, si bien se encuentra en el grupo de minerales no metalíferos (ya que el producto que se extrae es un carbonato), de acuerdo a la tabla periódica de elementos, pertenece a los metales alcalinos. De la misma manera, el código minero argentino le otorga al litio la categoría de mineral metalífero





En materia de sostenibilidad ambiental, el sector sufre cuestionamientos vinculados a la contaminación de aguas y suelos. Dicha contaminación se produce como resultados de los procesos productivos utilizados para la extracción del mineral.

**Tabla 1: Radiografía del Sector Minero**

	2013	2014	2015	2016	2017
<b>1. Valor Agregado Bruto</b>					
<i>Índice 2004=100</i>	139	151	159	148	151
<i>Variación</i>	-13,0%	8,7%	5,2%	-6,6%	1,9%
<i>Como % del VAB total</i>	0,7%	0,7%	0,8%	0,7%	0,8%
<i>Como % del VAB Primario</i>	5,7%	6,0%	6,0%	5,9%	5,9%
<b>3. Empleo</b>					
<b>3.1 Minerales metalíferos</b>					
<i>Cantidad de personas</i>	10.423	11.036	11.241	10.337	10.255
<i>Variación</i>	3,2%	5,9%	1,9%	-8,0%	-0,8%
<i>Como % del empleo total</i>	0,16%	0,17%	0,17%	0,16%	0,16%
<i>Como % del empleo primario</i>	2,3%	2,4%	2,5%	2,3%	2,3%
<b>3.2 Rocas de aplicación</b>					
<i>Cantidad de personas</i>	12.605	12.344	12.332	12.331	12.663
<i>Variación</i>	-1,2%	-2,1%	-0,1%	0,0%	2,7%
<i>Como % del empleo total</i>	0,9%	0,8%	0,8%	0,7%	0,7%
<i>Como % del empleo primario</i>	2,8%	2,7%	2,7%	2,8%	2,8%
<b>4. Exportaciones</b>					
<i>Toneladas (2011=100)</i>	89,9	94,9	62,4	80,8	43,2
<i>Variación</i>	-22,7%	5,6%	-34,2%	29,3%	-46,5%
<i>Millones de US\$</i>	4.090	3.946	3.730	3.908	4.143
<i>Variación</i>	-24,1%	-3,5%	-5,5%	4,8%	6,0%
<i>Como % de las exportaciones totales</i>	5,4%	5,8%	6,6%	6,8%	7,1%
<b>5. Cantidad de empresas del sector</b>					
<i>Minería metalífera</i>	40	37	38	36	s/d
<i>Otras minas y canteras</i>	697	684	681	682	s/d

FUENTES: elaboración propia en base a INDEC, Ministerio de Trabajo, y CAEM

## 1. Caracterización Sectorial Económica

El sector minero comprendido en los CIU 10,12,13,14<sup>4</sup> se puede dividir, desde la óptica productiva, en tres grandes grupos minerales. Los minerales metalíferos<sup>5</sup>, los minerales no

<sup>4</sup> Excluye las actividades vinculadas a la exploración y explotación de hidrocarburos

<sup>5</sup> De acuerdo al Censo Nacional Minero llevado a cabo por el INDEC durante 2016, se designa minerales metalíferos a “los compuestos metálicos asociados a las sustancias naturales que se extraen de la mina. Son los minerales que se explotan con el fin de obtener metales, es decir, se refiere a los metales en estado nativo (mena) envueltos con la ganga. Generalmente, las menas, asociadas a los minerales metalíferos producto de su explotación no permiten su utilización y comercialización directa, siendo necesaria su concentración para alcanzar la primera forma comercializable (concentrado). Se entiende



metalíferos<sup>6</sup> y las rocas de aplicación<sup>7</sup>. El siguiente cuadro presenta los principales recursos mineros extraídos en cada uno esos grupos.

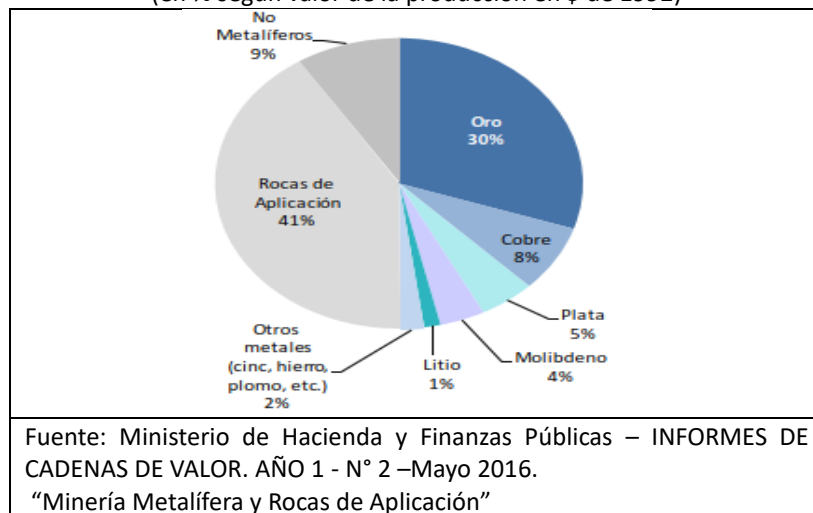
**Tabla 2: Principales minerales producidos en Argentina**

Minerales Metalíferos	Minerales no metalíferos	Rocas de Aplicación
Hierro	Sodio	Triturados pétreos
Plata	Carbón	Piedra caliza
Cobre	Litio	Basalto
Oro	Cuarzo	Arena
Plomo	Calcita	Canto rodado
Cinc		Granito

Fuente: elaboración en base al Censo Nacional Minero 2017 - INDEC

De acuerdo con la información del Censo con datos 2016 el 73,1% del valor de la producción minera (medida a precios de 1992) correspondió a los metales, mientras las rocas de aplicación aportaron el 23,2% y los minerales no metalíferos el 3,7%. Se transfiere a planta de beneficio el 82,1 % del valor de la producción en yacimiento.

**Gráfico 1 Producción de minerales en Argentina, año 2014**  
(en % según valor de la producción en \$ de 1992)



por concentrado a los minerales que han sido sometidos a determinados tratamientos para eliminar parcial o totalmente sustancias extrañas o sin valor comercial (ganga o material estéril), facilitando de esta manera su comercialización y posteriores aplicaciones.”

<sup>6</sup> Nuevamente, de acuerdo a la definición estadística proveniente del Censo Nacional Minero del INDEC, Se entiende como mineral no metalífero “a la totalidad o parte de la mena constituida por sustancias naturales asociadas con compuestos no metálicos o por sustancias no metálicas. Los minerales no metalíferos son utilizados en la industria con otros fines diferentes de la obtención de metales.

<sup>7</sup> Se entiende por rocas de aplicación a la totalidad o parte de la mena constituida por sustancias naturales asociadas con rocas. Las rocas se forman a partir del enfriamiento del magma procedente del interior de la tierra, o a partir de materiales que proceden de la erosión de otras rocas, o cuando otras rocas sufren procesos de transformación química producidos por la acción de agentes geológicos externos como la presión y la temperatura.



Los diferentes tipos de minerales tienen distintos fines según su utilización. Los minerales metalíferos, en especial el oro, la plata y el cobre tienen un destino exportable. En el exterior son refinados y transformados en insumos básicos y difundidos para una multiplicidad de industrias ya sean dentro del sector manufacturero, los servicios y/o la construcción. Si bien todos estos minerales son commodities cuyo precio se fija en mercados internacionales, en los últimos años el oro registró un aumento considerable de su precio lo cual elevó su demanda por motivo atesoramiento a modo de reserva de valor.

Por su parte, como ya fuera mencionado, el litio ha comenzado a utilizarse en la elaboración de baterías para dispositivos electrónicos y de autos eléctricos. Sin embargo, el litio tiene aplicaciones para una diversidad de usos. Entre los más destacados se encuentran la elaboración de vidrio, aluminio, mallas moleculares, grasas, colorantes, aleaciones varias, productos farmacéuticos y químicos. Sus destinos, además de la industria electrónica, comprenden las industrias metalúrgica - química y la construcción. La escasa refinación del material fronteras adentro provoca que una gran cantidad de la producción sea exportada para su posterior procesamiento.

Las rocas de aplicación tienen un destino mayoritariamente interno. La exportación de las mismas, en materia de divisas, es despreciable. Los minerales de este conjunto pueden diferenciarse, según su uso o destino, en tres tipos. El primero de ellos comprende a las rocas destinadas a la construcción y es el más importante según su volumen de producción. Incluyen a los triturados pétreos, el canto rodado, ripio, granza, arena y tosca, entre otros. Dentro de las rocas de aplicación, representa el rubro de mayor volumen relativo. El segundo destino es el industrial y se incluyen todas las rocas que luego de ser procesadas sirven como insumos a otros sectores. El ejemplo más común es la piedra caliza, que luego de ser procesada, se transforma en cal y cemento. El último destino de las rocas de aplicación es el ornamental. Bajo esta clasificación se incluyen granitos, mármoles y lajas cuyo fin suele ser el decorativo.

El Diagrama N°1 presenta la cadena de valor de los minerales metalíferos y rocas de aplicación. En lo que se refiere a los primeros, se pueden distinguir dos etapas: la primaria y la de transformación. La etapa primaria consiste en la búsqueda y extracción de minerales. A su vez, la etapa de búsqueda y extracción se subdivide en tres fases;

- 1) *Prospección o búsqueda de sustancias minerales con valor económico.*
- 2) *Exploración o cateo, para determinar la cantidad y calidad del mineral.*
- 3) *Explotación, que consiste en la extracción del mineral, según el método y técnicas correspondiente (subterráneo o a cielo abierto<sup>8</sup>).*

---

<sup>8</sup> En Argentina, según el Censo 2017, el 90% de la producción minera es a cielo abierto. Casi el 70% de la

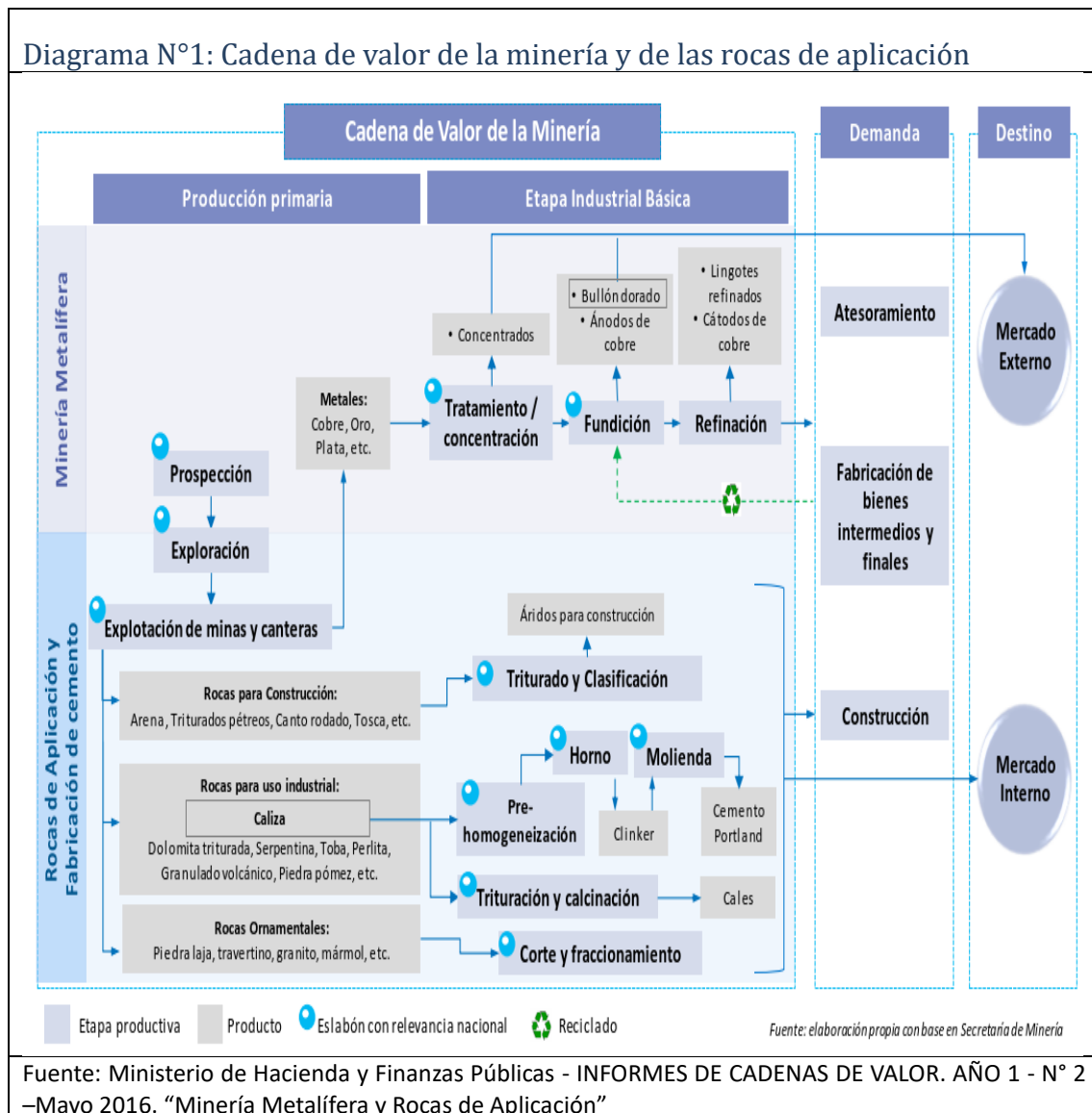


Por su parte, la etapa de transformación industrial incluye tres tipos de procesos según el grado de pureza que desea obtenerse del mineral bruto.

- 1) Concentración, destinada a separar el mineral útil del resto.
- 2) Fundición: incluye los procesos destinados a la separación (recuperación) de los metales contenidos en los concentrados.
- 3) Refinación, con el objeto de obtener productos con mayor contenido metálico y adecuados a las necesidades de las industrias demandantes.

Se destaca que, además de la transformación del mineral bruto, la proporción de material desechado o chatarra que es reciclado y retornado al proceso industrial ha ido en aumento.

Diagrama N°1: Cadena de valor de la minería y de las rocas de aplicación



En lo que se refiere a las rocas de aplicación de acuerdo a su uso, el proceso

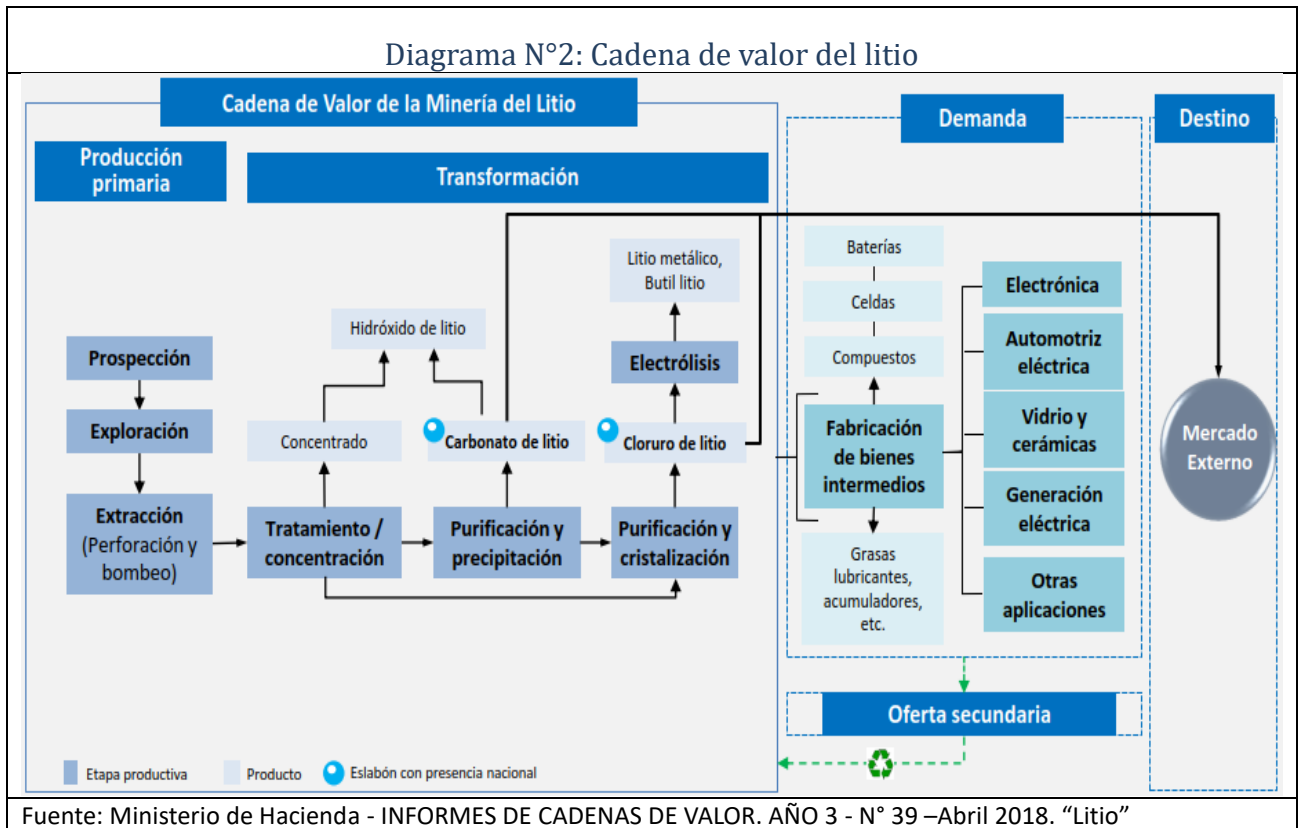
extracción es mecanizada, el 15.1% es semimecanizada, el 8.3% por succión de bombas, y el resto manual.



transformativo se modifica. Tanto para rocas destinadas a la construcción como aquellas ornamentales, la etapa industrial consiste simplemente en el corte, triturado y fraccionamiento o clasificación del material. Por su parte, las rocas para uso industrial, además de la trituración, transitan un proceso de calcinación y molienda hasta lograr un producto final tal como el cemento y/o la cal.

La cadena productiva del litio cuenta con sus particularidades, que la diferencian de los procesos recién descritos. El litio se encuentra tanto en fase sólida (en pegmatitas y granito) como en estado acuoso (salmuera en salinas y salares). En este último caso, el litio es extraído mediante bombeo y concentrado por evaporación solar en piletas. Estas tecnologías tienen menores costos que el fraccionamiento y trituración de sólidos. En el proceso de prospección y explotación se identifican los acuíferos, en profundidades que van usualmente entre los 40 y los 400 metros de profundidad. La porosidad y dureza de la costra salina disminuye con la profundidad, de manera que el mayor esfuerzo de perforación ocurre cerca de la superficie y en la medida que se profundiza, los cuerpos acuosos aumentan en cantidad y volumen. La salmuera se bombea desde abajo de la corteza salina y es depositada en piscinas de baja profundidad y grandes dimensiones, en las cuales -a partir del proceso de evaporación solar-, comienzan a precipitar secuencialmente un conjunto de sales (cloruro de potasio, cloruro de sodio, sulfato de potasio, entre otras). La salmuera extraída del salar presenta un determinado contenido de litio. Luego del proceso sucesivo de evaporación se alcanza un contenido de litio mayor pero que todavía presenta impurezas de otros elementos. La salmuera concentrada de litio es transportada por camiones aljibes a las plantas de procesamiento, donde es sometida a procesos de purificación y precipitación para obtener carbonato de litio (con una pureza mínima exigida comercialmente del 99,1%).

Luego de la etapa primaria (prospección, exploración y extracción), la única transformación que se produce en el país es la purificación y precipitación de la cual se obtiene el carbonato de litio (el producto más usado en la industria para la fabricación de baterías) y en menor medida, cloruro de litio. Todas las demás etapas se producen en el exterior.



### 1.1. Principales Empresas de la cadena, grado de concentración y zonas de producción

La actividad minera posee particularidades que caracterizan la dinámica empresarial del sector. En su etapa primaria, la inversión se considera de alto riesgo debido a que más del 90% de los proyectos explorados no prospera. La infraestructura asociada a la producción primaria demanda un elevado nivel de inversión en generación energética, aprovisionamiento de agua y medios de transporte para trasladar la producción. Entre la etapa prospectiva y productiva pueden transcurrir varios años por lo que los períodos de maduración de la inversión suelen ser elevados.

Luego de las tareas de exploración y factibilidad, la producción es llevada a cabo por grandes empresas multinacionales que en algunos casos se encuentran verticalmente integradas con el proceso de transformación y diversifican sus negocios en distintos sectores minero-industriales. De acuerdo con un relevamiento de Rojas & Asociados<sup>9</sup> hacia el 2010 se contaba con más de 100 empresas mineras relevantes (aunque de diferente tamaño). Existe una predominancia de empresas cuyos *headquarters* se encuentran en Canadá (aproximadamente el 40%), sin embargo, el 15% ya corresponde a capitales argentinos.

En cuanto a las etapas del ciclo minero en que se encuentran las empresas, de acuerdo

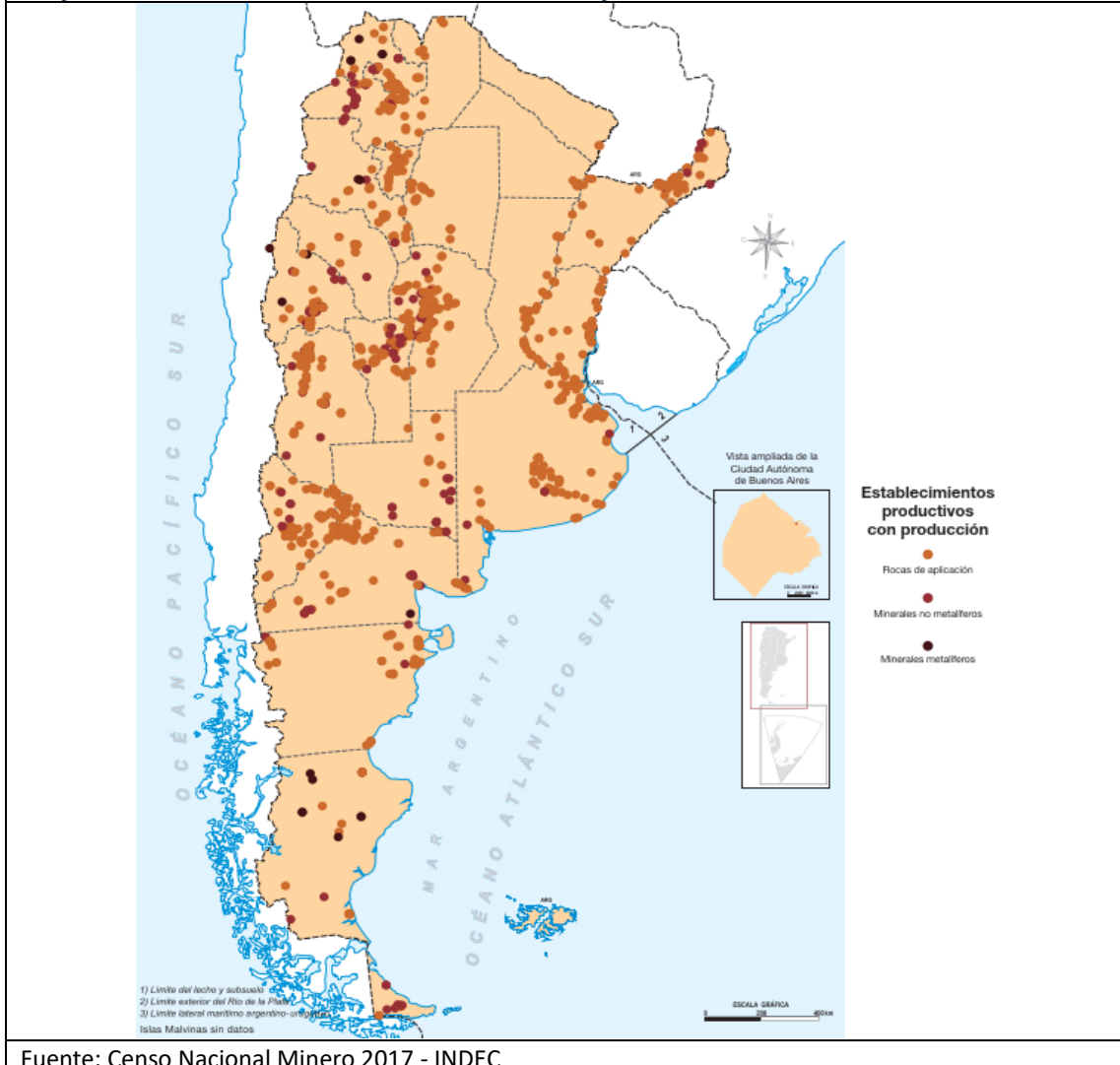
<sup>9</sup> <http://www.rojasasociados.com/es/empresas-mineras-activas-en-argentina/>





a Argentina Mining<sup>10</sup>, el 13% se hallan en operación, produciendo alguno de los siguientes minerales: oro, plata, cobre y litio entre otros. La gran mayoría de las empresas (más del 60%) se dedican a la exploración, es decir a la etapa de mayor riesgo en cuanto a las inversiones. Con respecto a los objetivos de exploración, la mitad de las empresas (53%) buscan metales preciosos, con el oro a la cabeza, siguiéndoles el cobre, la plata y luego los minerales industriales.

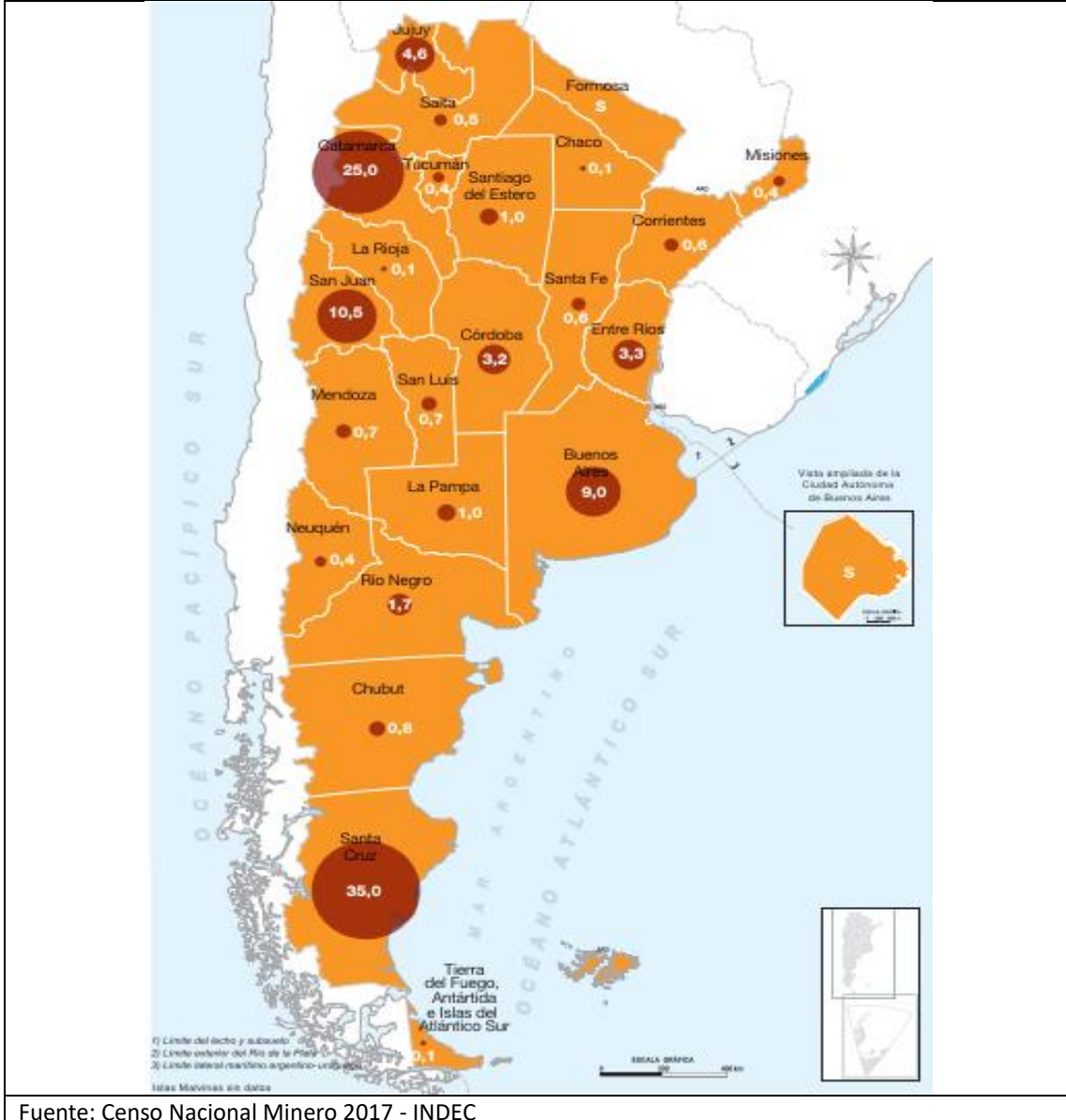
Mapa N°1: Localización de establecimientos productivos. Año 2016



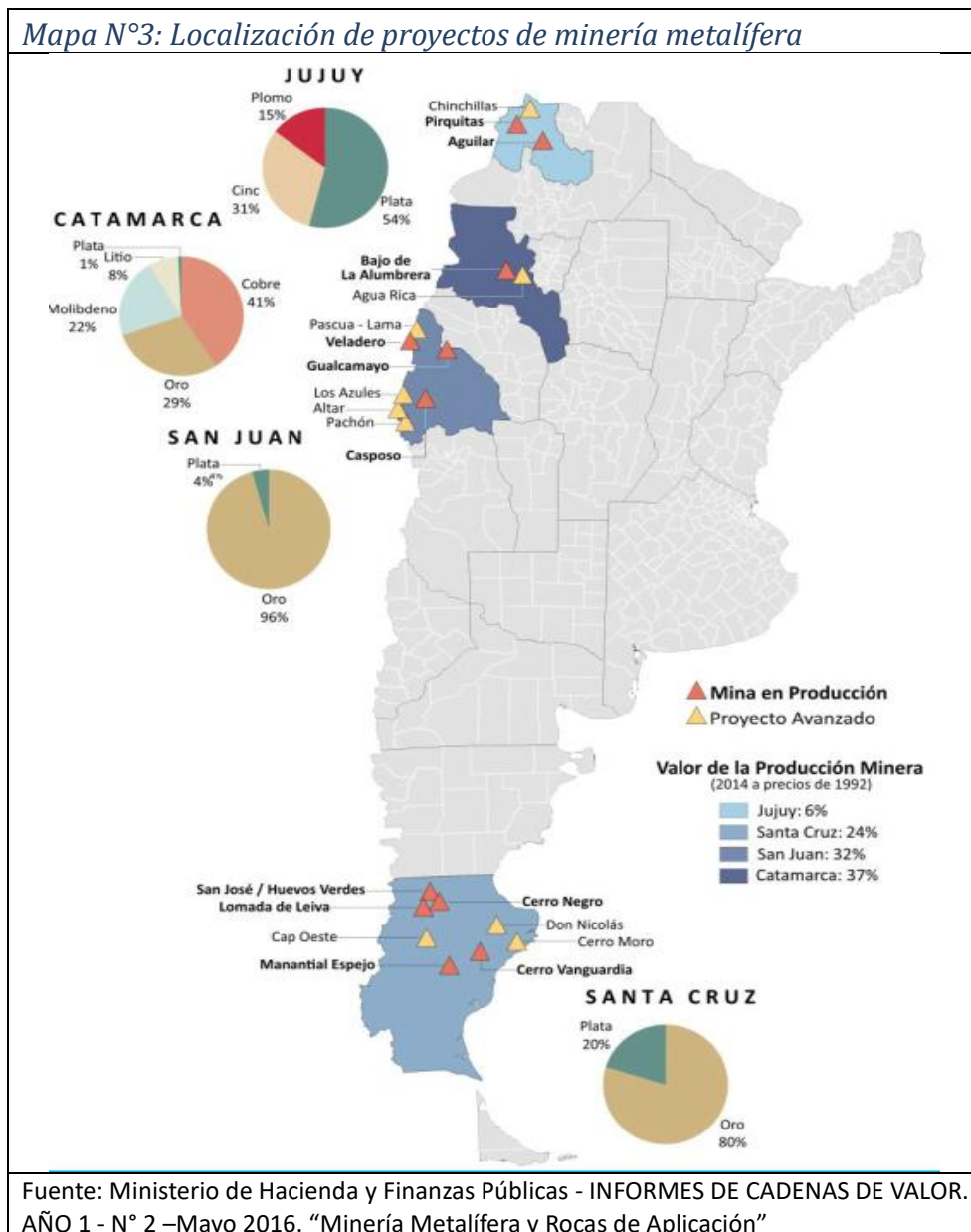
<sup>10</sup> <http://www.argentinamining.com/es/index.php>



Mapa N°2: Extracción de minerales en yacimiento. Valor de la producción en yacimiento por provincia, en porcentaje. Año 2016



Respecto a la localización geográfica de los proyectos de minería metalífera, la producción de cobre se encuentra exclusivamente en la provincia de Catamarca, mientras que las minas de oro se encuentran ubicadas en San Juan (50%), Santa Cruz (32%) y Catamarca (18%). En el sur del país se destaca la producción de plata en Santa Cruz (50%), a la que le siguen Jujuy (33%), San Juan (14%) y Catamarca (3%). El siguiente mapa elaborado por el Ministerio de Hacienda muestra la distribución geográfica de las principales minas metalíferas y el grado de avance de las mismas.

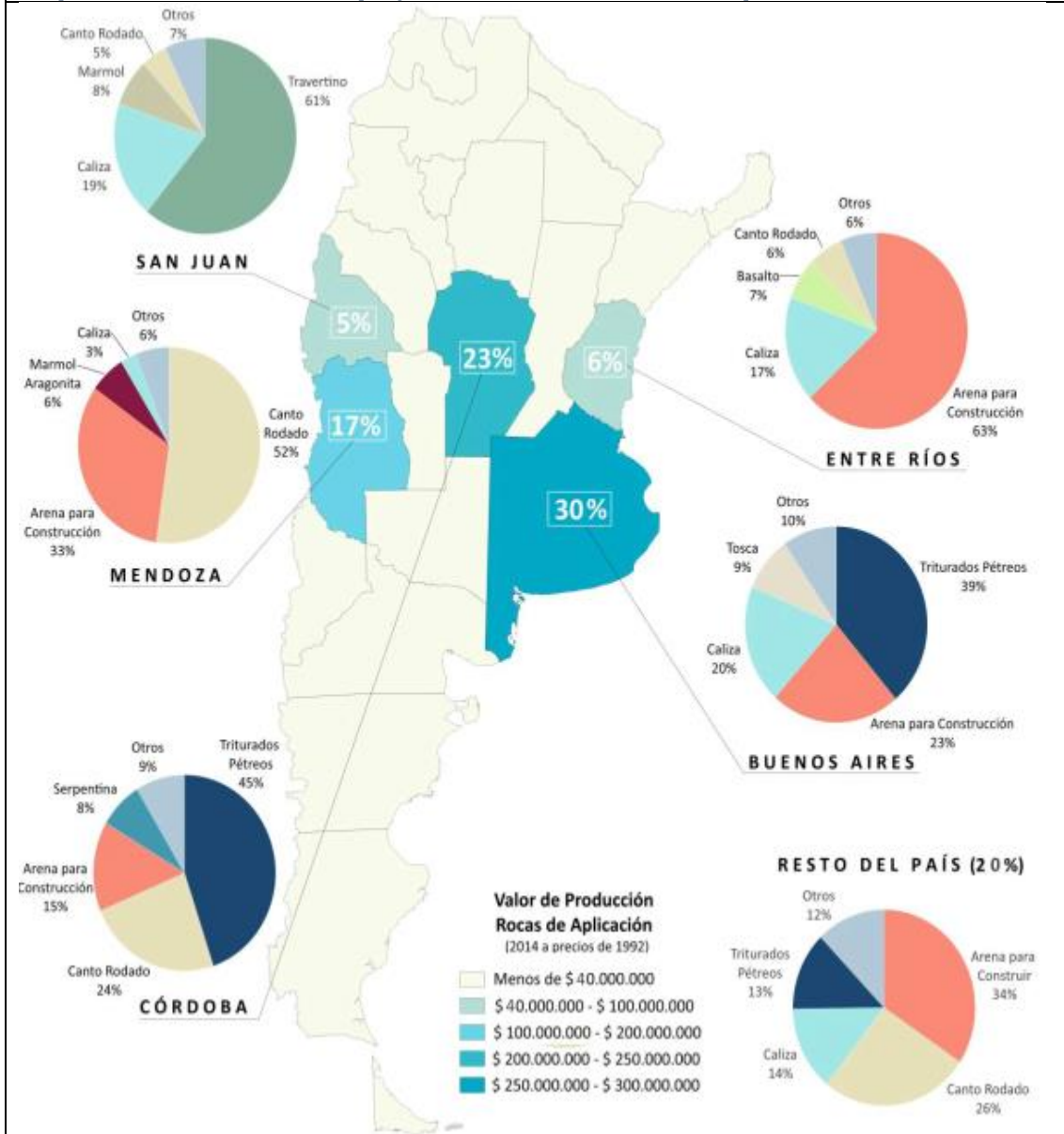


A diferencia de la minería metalífera, en donde muchas de las empresas son multinacionales con casas matrices en diferentes países, en Argentina, se dedican casi exclusivamente a la extracción del recurso, las empresas mineras vinculada a la producción de rocas de aplicación presentan mayor heterogeneidad en tamaño e integración. En efecto, dentro del universo de empresas dedicadas a la producción de rocas de aplicación pueden encontrarse pymes de capitales nacionales que se encargan de la fase primaria (extracción) de la cadena de valor, como así también, grandes empresas multinacionales verticalmente integradas que se encargan también de la transformación del recurso para otorgarle un fin industrial y/o comercial.



El siguiente mapa muestra la distribución geográfica de las producciones mineras de rocas de aplicación.

*Mapa N°4: Localización de proyectos mineros de roca de aplicación*



Fuente: Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas - INFORMES DE CADENAS DE VALOR. AÑO 1 - N° 2 –Mayo 2016.  
 “Minería Metalífera y Rocas de Aplicación”

Respecto a la producción de litio, la dinámica empresarial pareciera seguir una lógica en donde una empresa extranjera es la encargada del proyecto para lo cual contrata una empresa o concesionario local que se encargará de determinadas tareas operativas. Por ejemplo, la empresa FMC (de capitales estadounidenses), que opera en el país desde el año 1997, se encuentra a cargo de la explotación de proyectos en el Salar del Hombre Muerto a través de su subsidiaria local Minera del Altiplano. Por su parte, la firma SQM (Chile) firmó en



2017 un acuerdo con la canadiense Lithium Americas Corp. para avanzar en el proyecto Caucharí – Olaroz, a través de Minera Exar. El proyecto Olaroz, por su parte, quedó en manos de la empresa Sales de Jujuy, una *joint venture* entre la australiana Orocobre, la automotriz japonesa Toyota y la empresa pública provincial de Jujuy (JEMSE). Así mismo, la empresa South American Salars, constituida por capitales argentinos, posee en la actualidad más de 30.000 hectáreas de pedimentos sobre salares del NOA con alta potencialidad en recursos evaporíticos. Una vez realizadas las prospecciones y determinación de reservas estimadas por los métodos tradicionales de cada uno de estos salares, dicha empresa inició una ronda de selección de prospectos (empresas del sector o capitalistas independientes) interesados en desarrollar proyectos productivos conjuntos. Algunas de las empresas mineras dedicadas a la producción de litio se listan en la siguiente tabla.

**Tabla 3 Principales proyectos y empresas vinculadas**

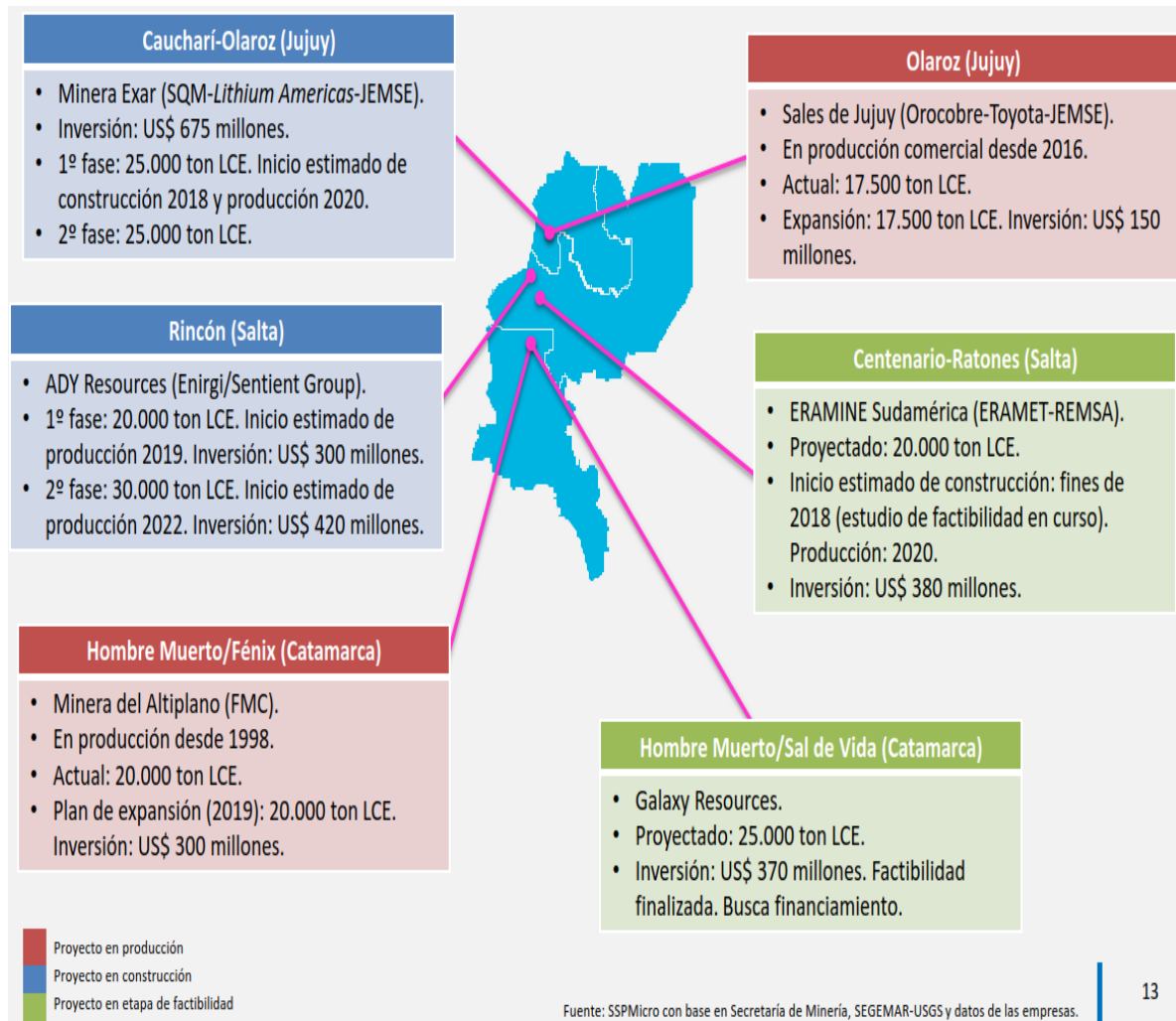
Provincia	Salar	Empresa y país de origen	Concesionario local
Catamarca	Salar del Hombre Muerto	FMC (EEUU)	Minera del Altiplano
Catamarca	Salar del Hombre Muerto	Galaxy Resources (Australia)	Proyecto Sal de Vida
Salta	Salar del Rincón	Enirgi Group/ Sentient Group (Canadá)*	ADY Resources
Salta	Salar Centenario	Rodinia Lithium (Canadá)	Rodinia
Salta	Salar de Ratones	Rodinia Lithium (Canadá)	Rodinia
Salta	Diablillos	Rodinia Lithium (Canadá)	Salar de Diablillos Project
Jujuy	Caucharí	Lithium Americas (Canadá)+JEMSE(Argentina)	Minera Exar S.A
Jujuy	Olaroz	Orocobre (Australia), Toyota Tsusho (Japón) y JEMSE (Argentina)	Sales de Jujuy S.A.
Jujuy	Salinas Grandes	Orocobre (Australia)	Orocobre
Jujuy	Guayatoyoc	Marifield Mines Ltd. (Canadá)	Marifield Mines
Jujuy	Cauchari	Advantage Lithium (Canadá)/ Orocobre (Australia)	South American Salars S.A.
Salta y Catamarca	Antofalla	Advantage Lithium (Canadá)/ Orocobre (Australia)	South American Salars S.A.
Salta	Incahuasi	Advantage Lithium (Canadá)/ Orocobre (Australia)	South American Salars S.A.
Jujuy	Guayatoyoc	Advantage Lithium (Canadá)/ Orocobre (Australia)	South American Salars S.A.
Salta	Salinas Grande	Advantage Lithium (Canadá)/ Orocobre (Australia)	South American Salars S.A.

Fuente: Elaboración propia en base a CIECTI y <http://www.advantagelithium.com/projects/>  
\*Actualmente conocida como Rincon LTD

El siguiente mapa presenta un detalle de los principales proyectos y empresas que operan sobre los salares recién listados que se encuentran en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca.



Mapa N°5: Principales salares con proyectos de litio



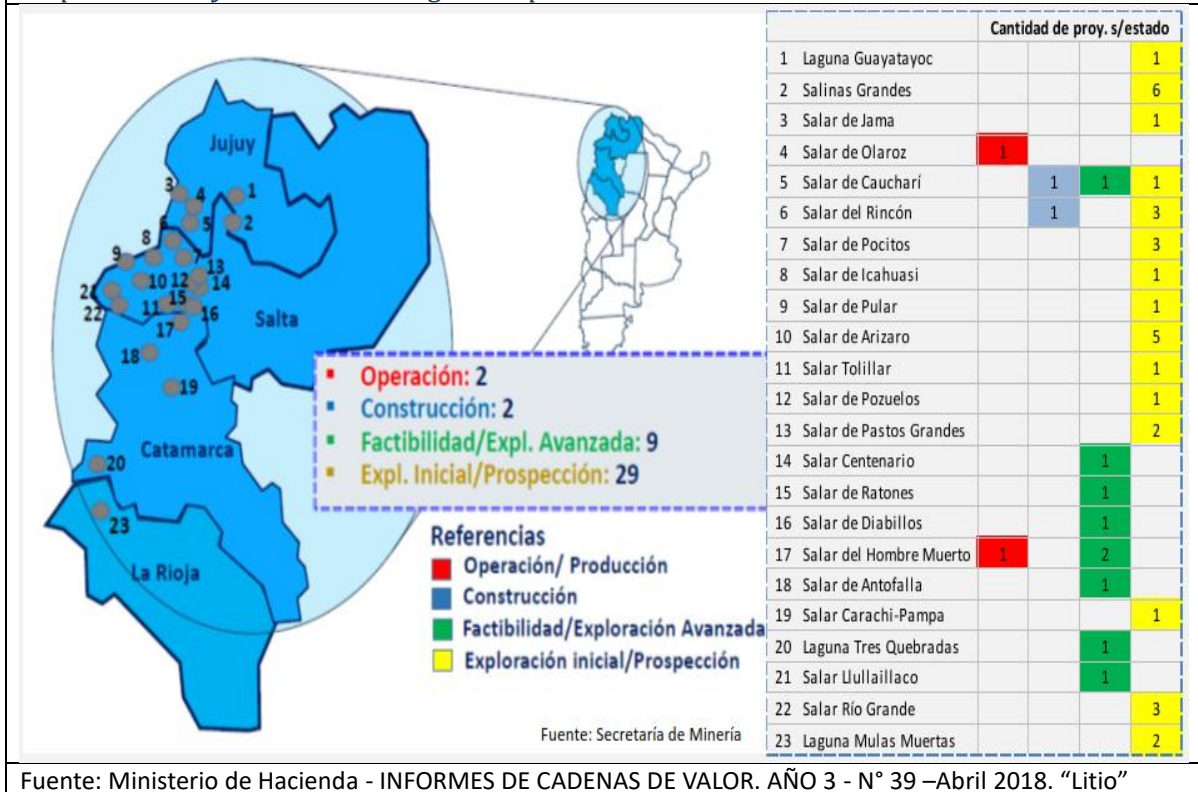
Fuente: Ministerio de Hacienda - INFORMES DE CADENAS DE VALOR. AÑO 3 - N° 39 –Abril 2018. “Litio”

La Tabla N° 3 se completa con el siguiente mapa en donde se presentan la totalidad de proyectos que actualmente se están llevando a cabo (en sus diferentes etapas).





Mapa N°6: Proyectos de litio según etapa de desarrollo



## 1.2. Niveles de actividad

### 1.2.1. Producción

Durante mucho tiempo, la minería en la Argentina se caracterizó por la fuerte presencia del Estado nacional en la exploración, la explotación y el consumo de productos mineros, el predominio de pequeñas y medianas empresas que vendían en el mercado interno, y la explotación de rocas de aplicación, seguido en partes iguales por la producción de metales minerales no metalíferos.

A lo largo de la década de 1990, la actividad minera en la Argentina experimentó importantes transformaciones, entre ellas:

- Una creciente presencia del capital extranjero en la exploración y la explotación minera. Durante la década de 1990 ingresaron a la actividad grandes empresas extranjeras que realizaron importantes inversiones en la exploración y la explotación de minerales metalíferos fundamentalmente. El ingreso de estas empresas tuvo lugar gracias a los cambios en las leyes argentinas que regulan la actividad minera.



- La consolidación del sector pequeño y mediano productor que contribuye con alrededor del 35% del valor de la producción.
- El crecimiento de los volúmenes de producción y exportación de productos mineros, en especial de metales, que desplazó a la producción de rocas de aplicación. Esto se vio favorecido por la mayor demanda de metales en el mercado internacional y por las grandes inversiones que se realizaron en la actividad en nuevas tecnologías.

Desde la entrada en producción de Bajo de la Alumbreira (puesto en marcha en 1997 en Catamarca, extracción de cobre y oro), Salar del Hombre Muerto (1997, Catamarca, litio) y Cerro Vanguardia (1998, Santa Cruz, oro) iniciados tras las reformas regulatorias ya detalladas, Argentina participa crecientemente en la exportación de cobre, oro y ciertos minerales no metalíferos como el litio y los boratos (estos últimos provenientes del yacimiento de Loma Blanca, Jujuy, explotado desde 2000).

A los proyectos mencionados se sumaron posteriormente otros como los de Veladero (San Juan, oro y plata, puesto en marcha en 2005); Pirquitas (Jujuy, plata, estaño y zinc, reinaugurada en 2009 tras 20 años de inactividad); El Pachón (San Juan, cobre, en construcción), Agua Rica – Farallón Negro (Catamarca, oro, cobre y molibdeno, puesta en marcha estimada para 2012); Potasio Río Colorado (Mendoza, potasio, puesto en marcha en agosto de 2010); Cerro Negro (Santa Cruz, oro, inicio de explotación proyectado para 2011) y Pascua Lama (San Juan y Chile, oro y plata, inicio de explotación proyectado para 2013); consolidando un perfil minero sensiblemente distinto al configurado en torno a la Industrialización Sustitutiva de Importaciones.

Por otra parte, como extracciones metalíferas de gran escala preexistentes deben mencionarse Zapla (Jujuy, hierro, en operaciones), El Aguilar (Jujuy, plomo, zinc y plata, en operaciones) y Sierra Grande (Río Negro, hierro, puesta nuevamente en producción en 2006). No obstante, su preexistencia, tras las reformas regulatorias estas extracciones se ven sujetas a las mismas tendencias sistémicas que el conjunto de las explotaciones metalíferas.

Estos emprendimientos han consolidado un cambio de alcance nacional en la composición de la producción sectorial, que en términos globales incidió fuertemente en favor de los rubros metalíferos y en detrimento tanto de los minerales no metalíferos como de las rocas de aplicación.

A su vez, el saldo de la balanza comercial minera, tradicionalmente deficitario, ha pasado a mostrar superávit sostenidos hasta la fecha. Esto se debe al enorme peso de los ingresos



generados por la exportación de cobre y oro, que compensan por sí mismos la demanda total de importaciones de minerales.

### **1.2.2. Evolución del empleo por sector**

De acuerdo a un estudio realizado por la consultora Abeceb, a final del 2017 el “personal en mina” (empleados directos y contratistas que trabajan in situ) ascendió a 40.023 personas. La cifra se multiplica si se consideran los puestos generados indirectamente (proveedores y contratistas fuera de la mina), llegando a 73.889 personas. A estos empleos originados directa o indirectamente en la minería pueden adicionarse 6.405 puestos de trabajo ocupados en las industrias de base minera (cemento, cal y yeso), aproximadamente 1.000 empleos generados por las empresas junior exploradoras y alrededor de 1.000 ocupados en los proyectos mineros en construcción, alcanzando así un total de 82.294 empleos vinculados a la actividad minera.

### **1.2.3. Evolución del comercio exterior de productos**

La extracción minera metalífera a gran escala en Argentina es una actividad netamente exportadora, donde las importaciones no tienen significación económica.

En 2015, la minería en su conjunto aportó el 6% de las exportaciones totales del país, donde el oro, el cobre y la plata tienen una participación casi excluyente (91% del total de las exportaciones mineras). Sólo el oro (en forma de bullón dorado) aportó el 65%. En efecto, el total de la minería en 2015 arrojó ventas al exterior por US\$ 3.490 millones, de los cuales US\$ 3.367 millones correspondieron a los metales entre los que el oro, el cobre y la plata concentraron US\$ 3.171 millones.

En cuanto al origen provincial de las exportaciones de los metales bajo estudio, en 2015, el 49,1% provino de Santa Cruz, seguida por San Juan (32,3%); Catamarca (15,3%) y Jujuy (3,3%).

Por su parte, el 72% de las ventas en 2015 se concentró en dos países de destinos: Suiza (38%) y Canadá (34%), seguidos por Alemania (11%). Más atrás se ubicaron Estados Unidos, Japón y Bulgaria. Mientras Suiza y Canadá reciben la mayor parte del oro y, en menor medida, de la plata, Alemania es el principal comprador del cobre argentino.

## **2. Principales políticas públicas que afectaron al sector**

Las políticas públicas vinculadas a la actividad minera se pueden clasificar de acuerdo a aquellas que regulan la actividad a nivel nacional y las políticas e intervenciones específicas



que adoptaron las provincias con desarrollo minero.

Respecto a las primeras, en Argentina, tres normas regulan la actividad minera. La primera de ellas es el Código Minero (cuyo texto original data de 1887) que divide a las minas en tres categorías según la propiedad y posibilidad de concesión sobre las mismas. La primera categoría incluye a los metales (oro, plata, cobre, litio, etc.) combustibles, piedras preciosas y vapores endógenos. Este tipo de minas pertenecen exclusivamente al Estado y sólo pueden explotarse mediante una concesión. La segunda categoría incluye minas que se conceden a un dueño pero que su explotación, por las condiciones de su yacimiento, se destinan al aprovechamiento común. Se incluyen en esta categoría arenas metalíferas y piedras preciosas que se encuentran en el lecho de los ríos, salitres, salinas y turberas y metales no comprendidos en la primera categoría, entre otros. La tercera categoría incluye minerales de naturaleza pétreo o terrosa, y todos los que sirven para materiales de construcción y ornamento. Estas minas pertenecen únicamente al propietario, y la explotación de las minas depende exclusivamente de su consentimiento (salvo por motivos de utilidad pública).

Por su parte, la Ley de Inversiones Mineras (Nº 24.196) de 1993 insta un régimen impositivo especial para la actividad. Entre los beneficios de dicho régimen se encuentra la eximición por 5 años desde la fecha de concesión de todo cargo que no sea el canon de ley, retribución de servicios o sellados para las empresas que explotan recursos mineros, lo que incluye cualquier gravamen o impuesto nacional, provincial y/o municipal (Art. 213 y 214).

Aquellos emprendimientos inscriptos en la ley de inversiones mineras gozan de los siguientes beneficios:

- Estabilidad fiscal por 30 años.
- Doble deducción de gastos de prospección y exploración.
- Régimen de amortización acelerada deducible del impuesto a las ganancias de las inversiones de capital.
- Devolución anticipada del Crédito Fiscal IVA por compras o importaciones de bienes y servicios para exploración.
- Exención de Derechos de Importación de bienes de capital, repuestos, accesorios y determinados insumos.
- Previsión para Conservación del Medio Ambiente deducible del impuesto a las ganancias.
- Regalías: las provincias no podrán cobrar un porcentaje superior al 3% sobre el valor boca de mina (descontados los costos de su producción).

Por su parte, la ley de Inversiones Extranjeras (que excede a actividad minera)



ordenada por el Decreto Nº 1.853 de 1993, regula que las empresas provenientes de flujos de inversión extranjera directa cuentan con las mismas obligaciones y derechos que las de capital nacional y pueden disponer de sus dividendos e inversiones libremente.

Entre las medidas más recientes que afectaron al sector se encuentra la eliminación de los derechos de exportación de los productos mineros (que habían comenzado a ser gravados luego de la mega devaluación del año 2002), que eran de entre el 5% y 10%.

Así mismo, las empresas mineras se beneficiaron de una serie de políticas implementadas a partir del cambio de gobierno a fines de 2015 que no sólo afectaron al sector mencionado, sino que a la mayoría de las ramas económicas del país. Entre esas medidas se destaca la unificación del tipo de cambio, desde inicios de 2016, para acceder a divisas sin tope ni límite. En la misma línea, se ampliaron los plazos para la liquidación de divisas por exportaciones y se dejó sin efecto las Declaraciones Juradas Anticipadas de Importación (DJAI) con el fin de realizar importaciones con mínimas limitaciones.

Para el caso de las exportaciones de litio en particular se promulgó un reintegro a las exportaciones de un 3% para carbonato y cloruro.

Por otra parte, a nivel provincial, existen varias empresas públicas que operan muchas veces como titulares de los proyectos. Entre dichas empresas se encuentran:

- Yacimientos Mineros de Agua de Dionisio (YMAD), conformada por la provincia de Catamarca, la Universidad Nacional de Tucumán y el Estado Nacional.
- Fomento Minero de Santa Cruz Sociedad del Estado (FOMICRUZ)
- Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE)
- Recursos Energéticos Mineros Salta Sociedad Anónima (REMSA)
- Catamarca Minera y Energética Sociedad del Estado (CAMYEN)
- Jujuy Litio SA (con participación de JEMSE, Y-TEC y la firma italiana Fib Faam).

### **3. Proceso Productivo Consumos Energéticos, Benchmarking y potenciales ahorros**

#### **3.1. Proceso Productivo**

Se detallará la obtención del litio existente en la salmuera de salares continentales dada su importancia. Mediante prospecciones puede identificarse si un salar puede representar un interés económico para la extracción de compuestos de litio, ecuación que es evaluada también en combinación con otros elementos presentes. Las salinas y salares en los que se realiza son cuencas cerradas donde, por razones geológicas, quedó almacenada agua que, a lo largo de decenas de miles de años se ha evaporado, aumentando la concentración en



lecho de minerales y compuestos químicos, a los que también se suman los que son arrastrados como sedimentos desde las elevaciones orográficas circundantes.

Las sales típicas encontradas en los salares suelen ser cloruros, sulfatos y eventualmente carbonatos, que se asocian con elementos como el sodio (Na) (cloruro de sodio o halita el más típico), el litio (Li), el magnesio (Mg), el potasio (K), etc.

En el proceso de explotación se trata en primer lugar de identificar estos acuíferos, en profundidades que van usualmente entre los 40 y los 400 metros de profundidad.

Una vez seleccionados los puntos de extracción de preferencia, se realizan las perforaciones a través de las cuales la salmuera debe ser bombeada a superficie y conducida a piletas o lechos diseñados con gran superficie y baja profundidad para maximizar la tasa de evaporación de agua. En esos lechos se estacionará la salmuera y quedará expuesta a condiciones atmosféricas naturales, a la espera de que la temperatura, presión y radiación solar produzcan la evaporación (y el potencial perjuicio de las precipitaciones, que naturalmente conspiran contra la misma), a fin de aumentar la concentración de compuestos salinos, entre los cuales los de litio son los más insolubles y por lo tanto serán los últimos en decantar.

Un “enemigo” técnico (y en consecuencia económico) de los compuestos de litio destinados a las cadenas de valor provistas es el magnesio, por lo que se distraen abundantes recursos técnicos y económicos para minimizar su presencia.

Por el contrario, un elemento que no perturba las condiciones de extracción y que en muchos casos se procesa paralelamente es el potasio, con uso intensivo en la industria de fertilizantes agronómicos y que se identifica como un “aliado” del litio.

Después de varios meses de evaporación constante, resulta una salmuera con un grado de concentración del litio a partir del cual está lista para ingresar a la fase siguiente, la de transformación a carbonato. El tiempo de maduración de un lecho depende tanto de sus condiciones iniciales como aquellas en las que es llevado a cabo el proceso.

La fase de conversión se inicia cuando la proporción de litio en la salmuera ha alcanzado los 7 gramos/litro y consta de dos partes: una primera separación de magnesio, que se realiza mediante agregado directo de cal viva (CaO) a la salmuera (lo que produce la floculación de hidróxido de magnesio) y a continuación se agrega carbonato de sodio





(vulgarmente soda solvay,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), lo que produce la precipitación de carbonato de litio  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .

Es habitual refinar el concentrado primario obtenido; dicha refinación consiste en eliminar trazas remanentes de sodio y potasio, a los que las industrias clientes, especialmente la de baterías, les interponen exigentes restricciones, pues su presencia tiene un efecto altamente nocivo en el cátodo de una batería típica. El proceso reside en calentar la solución primaria de carbonato de litio y exponerlo al burbujeo de dióxido de carbono, se filtra y luego se alcaliniza, obteniéndose un carbonato de litio con mayor pureza.

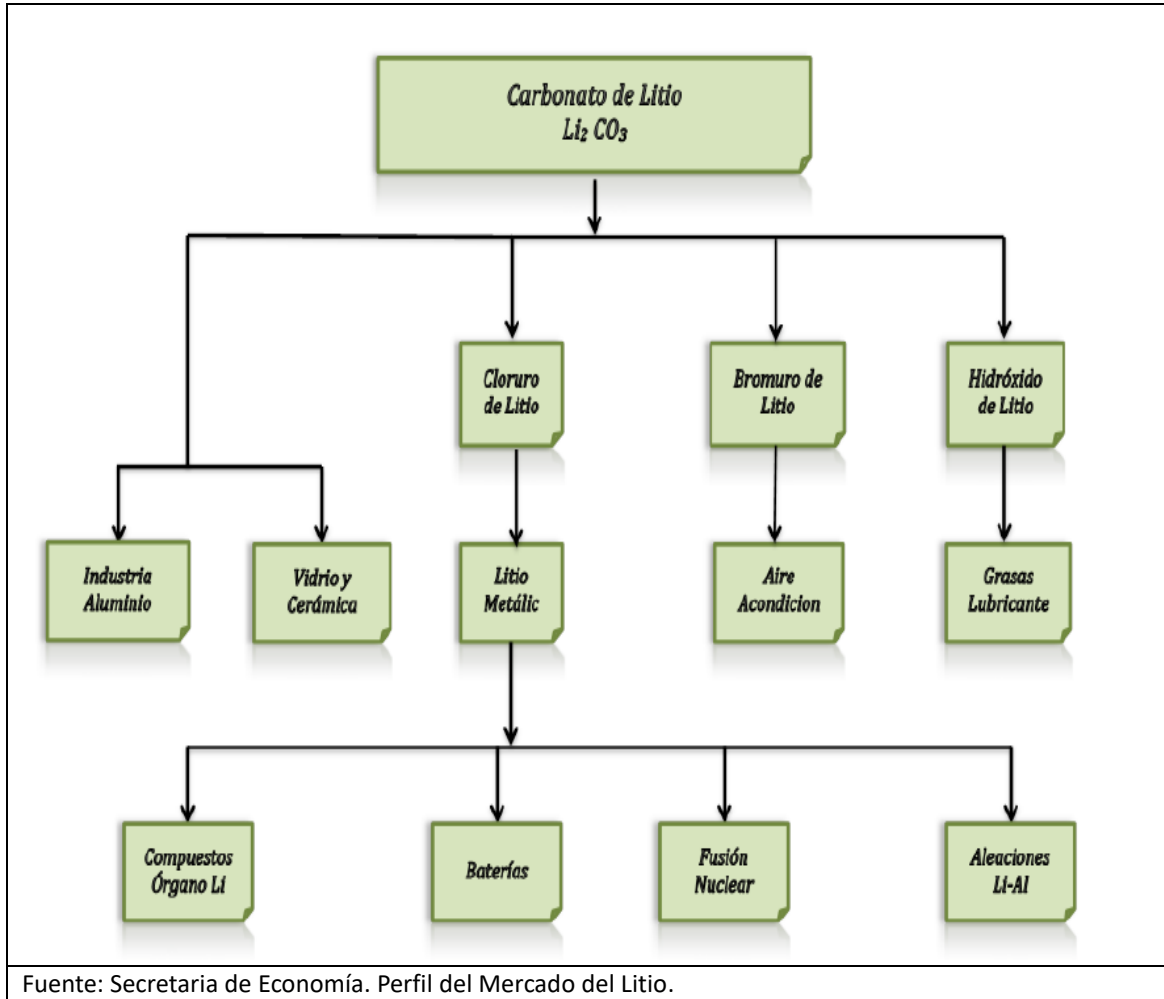
Diagrama N°3: Proceso de Extracción de Litio



Fuente: Extraído del documento, Litio. El petróleo blanco del mañana



Gráfico 2: Usos del Carbonato de Litio



### 3.2. Consumos energéticos

Argentina posee los recursos naturales como el viento en la Patagonia y la radiación solar en el norte, así como excelentes oportunidades para aprovechamiento hidroeléctrico y bioenergético.

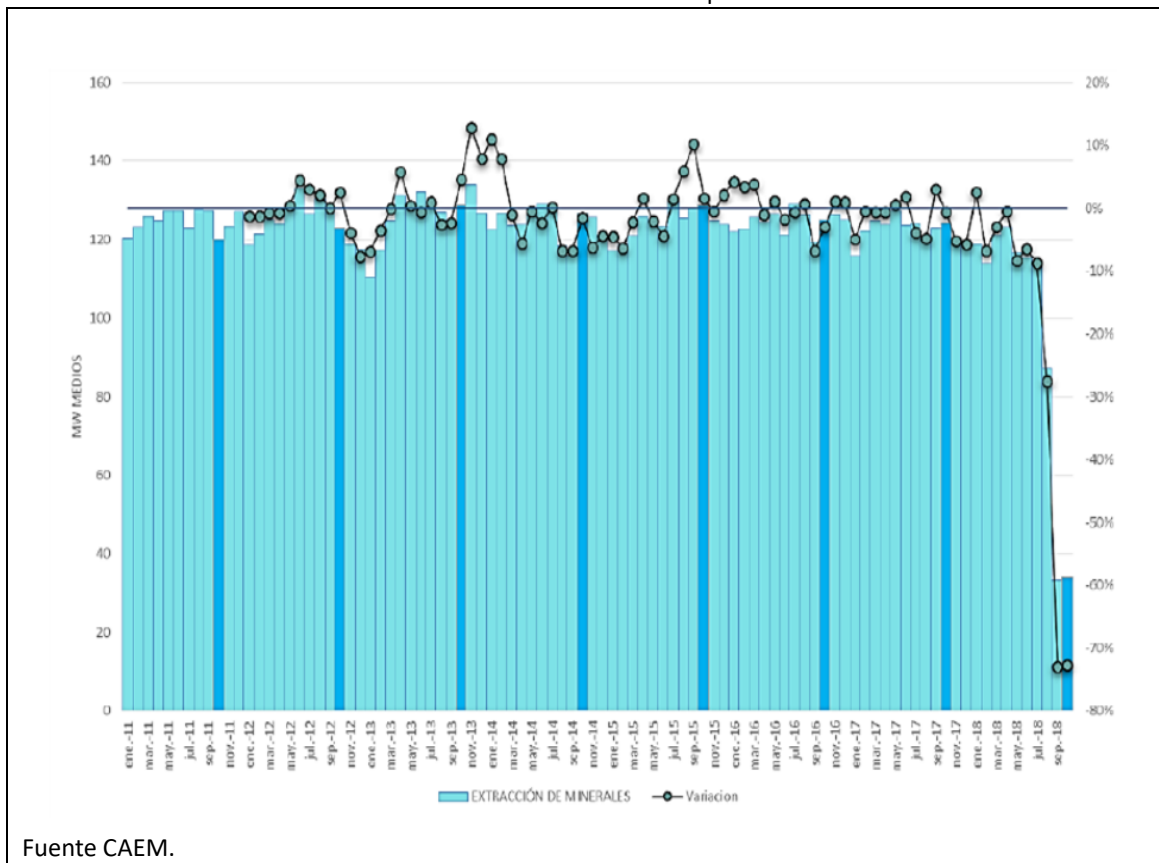
En este contexto, la industria minera tiene inmejorables condiciones geográficas y factores de consumo para liderar este proceso de cambio.

Si bien no existe información pública, ni sistemática sobre los consumos energéticos del sector minero. Existe un documento generado por la CAEM11 que tiene como objetivo garantizar una actividad minera responsable, transparente y confiable reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, mediante sistemas de gestión de la energía y objetivos de rendimiento que, no sólo ayuden a las operaciones mineras, sino que también favorezcan la reducción de costos operativos.

<sup>11</sup> Caem, 2019. Eficiencia Energética en la Industria Minera Argentina. Enero, 2019



Gráfico 3: Actividad: Extracción de Minerales. Expresados en MW medidos



Fuente CAEM.

Tabla 4: Variación Octubre 2018 vs. Octubre 2017 (GWh)

EXTRACCIÓN DE MINERALES	712	897	-185	-20.6%
-------------------------	-----	-----	------	--------

Fuente: CAEM

Tanto en el Gráfico 3 como en la Tabla 4 se observa la caída en la demanda en el año 2018 por la reducción en la producción de Minera Alumbarrera por cambios en la modalidad de extracción.

Por su parte en el Censo Minero 2016, se indica el consumo de electricidad que se detalla en la tabla siguiente, según las compras en la red y la autoproducción. Se ha estimado que ambos consumos equivalen a 167,2 Ktep.

Tabla 5: Consumo de electricidad en la actividad minera en 2016 (MWh)

	Consumo de energía eléctrica	
	MWh	%
<b>Total</b>	<b>1.939.584</b>	<b>100,0</b>
Red	1.568.234	80,9
Generación propia	371.350	19,1

Fuente: INDEC 2017. Censo Nacional a la Actividad Minera, 2016



El Censo Minero 2016, también indica el consumo de GO y GN para 2016, que se detalla en la tabla siguiente, según consumos en vehículos y máquinas; generación eléctrica (autoproducción); y otros<sup>12</sup>. Dejando de lado el consumo intermedio para generar la electricidad de la tabla anterior, se ha estimado un consumo de GO de 342,2 Ktep (año 2016).

**Tabla 6: Consumo de GO en la actividad minera/mes de 2016 (litros mes y m<sup>3</sup>/mes)**

Uso	Consumo de combustibles	
	litros/mes	m <sup>3</sup> /mes
<b>Total</b>	<b>34,215.791</b>	<b>31,258,231</b>
Vehículos	28.339.961	328.706
Generación de energía eléctrica	5.118.669	30.048.319
Otros	757.161	881.206

Fuente: INDEC 2017. Censo Nacional a la Actividad Minera, 2016

Cabe destacar que, si se estima la generación propia de electricidad en base a las cifras de la Tabla 6, se obtiene un valor para Generación propia de electricidad unas cuatro veces superior al indicado por el Censo en la Tabla 5. Por lo tanto, se ha optado por tomar las cifras de la Tabla 6 en lugar del consumo propio de la Tabla 5. Siguiendo este criterio se estima un consumo total de energía para el sector minero de 800 ktep (Tabla 7), con la estructura por fuentes indicada en la Figura 1. El 96% del consumo de gas natural se emplearía para generación de electricidad, en tanto que el 85% del consumo de derivados se utilizaría para vehículos y usos distintos de la generación.

**Tabla 7. Consumo de energía por fuente y uso en la minería en Argentina (ktep), Año 2016**

Uso	Consumo de energía (ktep)			
	Derivados	Gas Natural	EE Red	Total
Vehículos	293	3		296
Generación propia	53	299		352
Otros	8	9	135	152
<b>Total</b>	<b>354</b>	<b>311</b>	<b>135</b>	<b>800</b>

Fuente: elaboración propia en base a CENAM17

**Tabla 8. Estructura de consumo de energía por fuente y uso en la minería en Argentina (%), Año 2016**

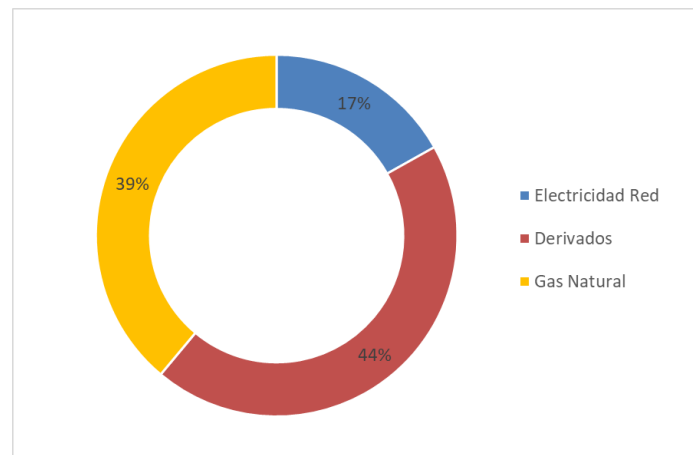
Uso	Consumo de energía (%)			
	Derivados	Gas Natural	EE Red	Total
Vehículos	83%	1%		37%
Generación propia	15%	96%		44%
Otros	2%	3%	100%	19%
<b>Total</b>	<b>44%</b>	<b>39%</b>	<b>17%</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia en base a CENAM17

<sup>12</sup> Se asume que el consumo indicado m<sup>3</sup>/mes corresponde al gas distribuido, aunque el documento del Censo no lo explicita



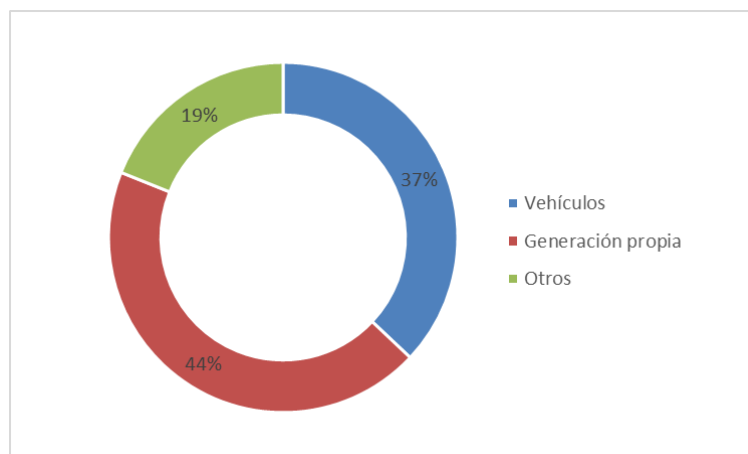
Gráfico 4. Estructura de consumo por fuente para el Sector Minería, Año 2016



Fuente: elaboración propia en base a datos del Censo Nacional a la Actividad Minera 2017

En cuanto a los consumos por uso, el 37% de la energía se destinaría a vehículos, el 44% a la generación de electricidad, y el 19% a otros usos finales de la energía, incluidos los usos de la electricidad de la red.

Gráfico 5. Estructura de consumo por uso para el Sector Minería, Año 2016



Fuente: elaboración propia en base a datos del Censo Nacional a la Actividad Minera 2017

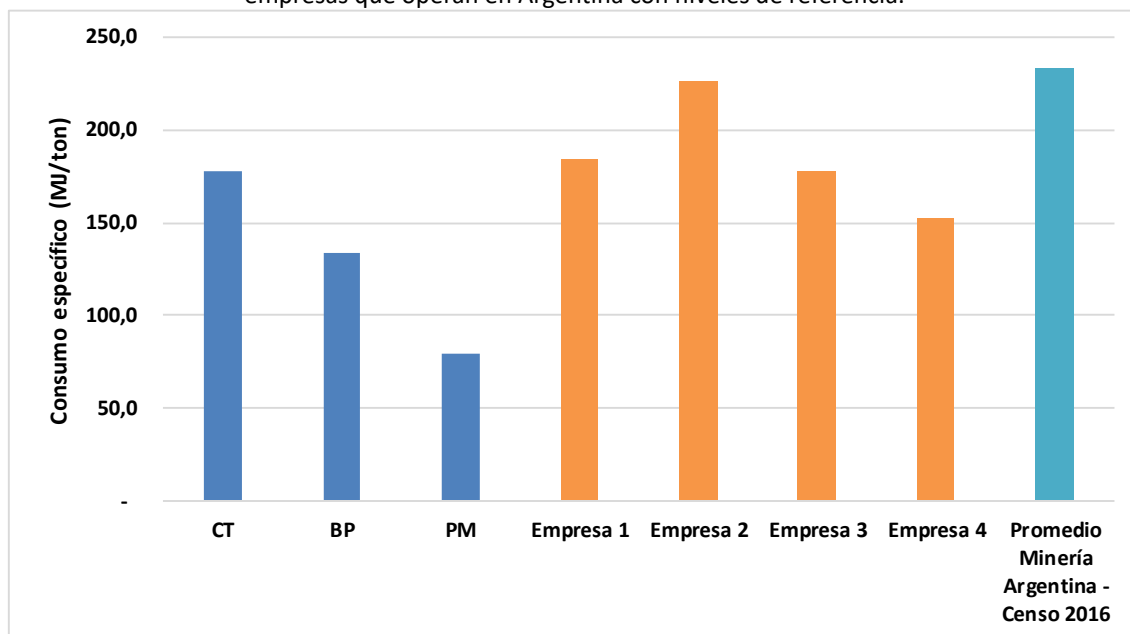
En relación al consumo de electricidad de red para el año 2017, la base de datos de Grandes Usuarios de Cammesa indica un consumo para el sector minero cercano a 1,150,000 MWh (99 ktep contra 135 que indica CENAM para el año 2016). Una sola empresa registra el 75% del total del consumo de electricidad de red, y cuatro empresas suman el 92% del consumo. Todas ellas se dedican a la minería metalífera (oro y plata).

Para estimar los consumos específicos en las explotaciones mineras de Argentina y compararlos con niveles de benchmark es necesario distinguir entre la minería metalífera y no metalífera ya que poseen consumos específicos muy diferentes. En la siguiente figura se



presenta la comparación entre los niveles de benchmark publicados por el DoE de Estados Unidos (Mining Industry Bandwith Energy Study, 2007) y algunas empresas mineras dedicadas a la extracción de oro y plata en la Argentina. Cabe aclarar que la generación propia de electricidad con combustibles fósiles es habitual en las operaciones mineras metalíferas y puede incrementar el consumo específico de energía respecto del caso donde se emplee electricidad de red, debido a la eficiencia del proceso de conversión en planta. Para tomar en cuenta este efecto, los niveles de benchmark utilizados consideran que la electricidad de red consumida en planta corresponde en realidad a un volumen de energía aproximadamente 3 veces mayor, lo que incluye las pérdidas más relevantes a lo largo de la cadena energética. En el caso de las empresas que operan en la Argentina, cerca del 50% de la energía eléctrica demandada provendría de la red eléctrica, a la cual debería aplicarse un factor para dar cuenta de las pérdidas en la cadena energética. Este factor probablemente es muy inferior al que se aplica en Estados Unidos dada la estructura de generación por fuente existente en la Argentina. Por lo tanto, los valores indicados en la Figura 2 para las empresas que operan en la Argentina son indicativos y deben considerarse como un piso a la hora de compararse con los niveles de benchmark.

Gráfico 6. Comparación del consumo específico de energía en minería metalífera (oro y plata) de empresas que operan en Argentina con niveles de referencia.



Fuente: elaboración propia en base a informes de sostenibilidad de las empresas y CENAM17

Nota 1: las cifras de las empresas 2 y 3 incluyen operaciones en la Argentina y en otros países

Nota 2: las cifras de la empresa 4 corresponden a su informe de impacto ambiental

Nota 3: las cifras del censo incluyen minería metalífera, no metalífera y rocas de aplicación

Nota 4: para la minería metalífera las intensidades se estiman en base al material procesado

Nota 5: CT, tecnología actual; BP, mejor práctica; PM, mínimo práctico.





En el caso específico de la minería del litio, una de las dos empresas que extraen este mineral en la Argentina presenta un consumo específico total de energía cercano a los 54,000 MJ/tonelada de carbonato de litio. Cerca del 50% corresponde a la electricidad y el restante 50% a usos calóricos. El 91% del combustible utilizado es Gas Natural y el 9% es Diesel. No se computa dentro de los consumos energéticos el aporte de la energía solar en las piletas utilizadas para concentración por evaporación.

Con respecto a las caleras, en el caso específico de la Provincia de San Juan el consumo específico de energía ronda los 1,000 MJ/tonelada de cal, con un uso casi exclusivo del gas natural como fuente energética.

### **3.3. Medidas de eficiencia energética.**

Para el caso de la minería metalífera y dado su elevado consumo específico de electricidad en los procesos, una primera medida de ahorro de combustibles es la sustitución de fuentes fósiles por energías renovables para generación propia.

De acuerdo al Censo Nacional Minero, en el año 2016, 350 ktep de los 800 ktep consumidos por el sector minero en la Argentina correspondieron a la generación propia de electricidad con gas natural (85%) y derivados de petróleo (15%). La sustitución completa de estos combustibles fósiles por energías renovables representaría un potencial de ahorro máximo del 44% del consumo total de energía. Dadas las características variables de los recursos renovables habitualmente disponibles en las zonas de extracción minera (eólica y solar), es probable que sólo una fracción del potencial máximo pueda ser viable técnicamente.

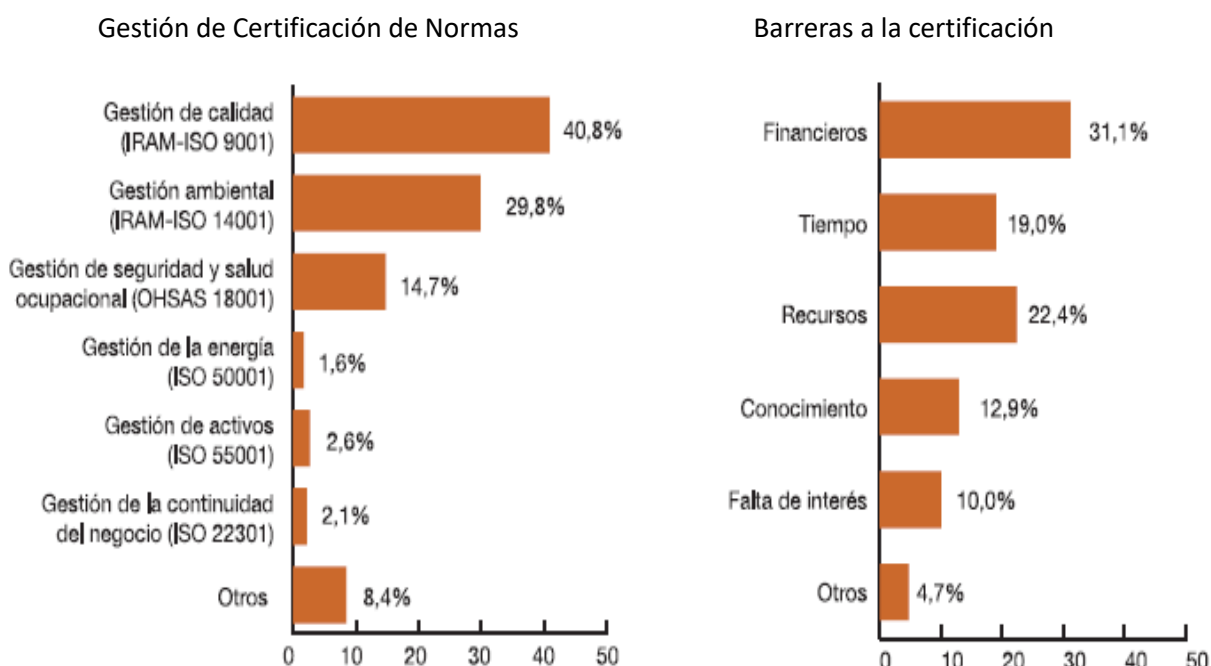
Otros 300 ktep se utilizarían en vehículos, la mayor parte a gasoil. Por lo tanto, cualquier medida que impacte sobre la eficiencia de los vehículos y/o patrón de manejo de los mismos tiene un significativo potencial de ahorro.

Por último, los usos eléctricos demandan 135 ktep de electricidad de la red más unos 100 ktep producidos localmente. Estos usos corresponden a una variedad de equipos accionados generalmente por motores eléctricos (ventiladores, bombas, cintas transportadoras, equipo de molienda y separación, entre otros). Por ende, son potencialmente aplicables todas las medidas concernientes al uso racional y eficiente de estos equipos, incluyendo variadores de frecuencia.

Se destaca en el Censo mencionado que el 91.3 % de los establecimientos mineros, no cuenta con certificación de calidad de producción.



Gráfico 7. Gestión de Certificación de Normas y Barreras a la Certificación



### 3.4. Benchmarking y Ahorros

El Programa de Tecnologías Industriales (ITP) en la Oficina del Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) de Eficiencia Energética y Energía Renovable (EERE) trabaja con la industria estadounidense para reducir su consumo de energía e impacto ambiental a nivel nacional. ITP se basa en estudios analíticos para Identificar grandes oportunidades de reducción de energía en industrias intensivas en energía y utilizar estos resultados para guiar su cartera de I + D.

Una faceta del análisis energético incluye estudios de ancho de banda de energía que se centran en una industria y analizar el potencial de ahorro de energía de los procesos clave en esa industria.

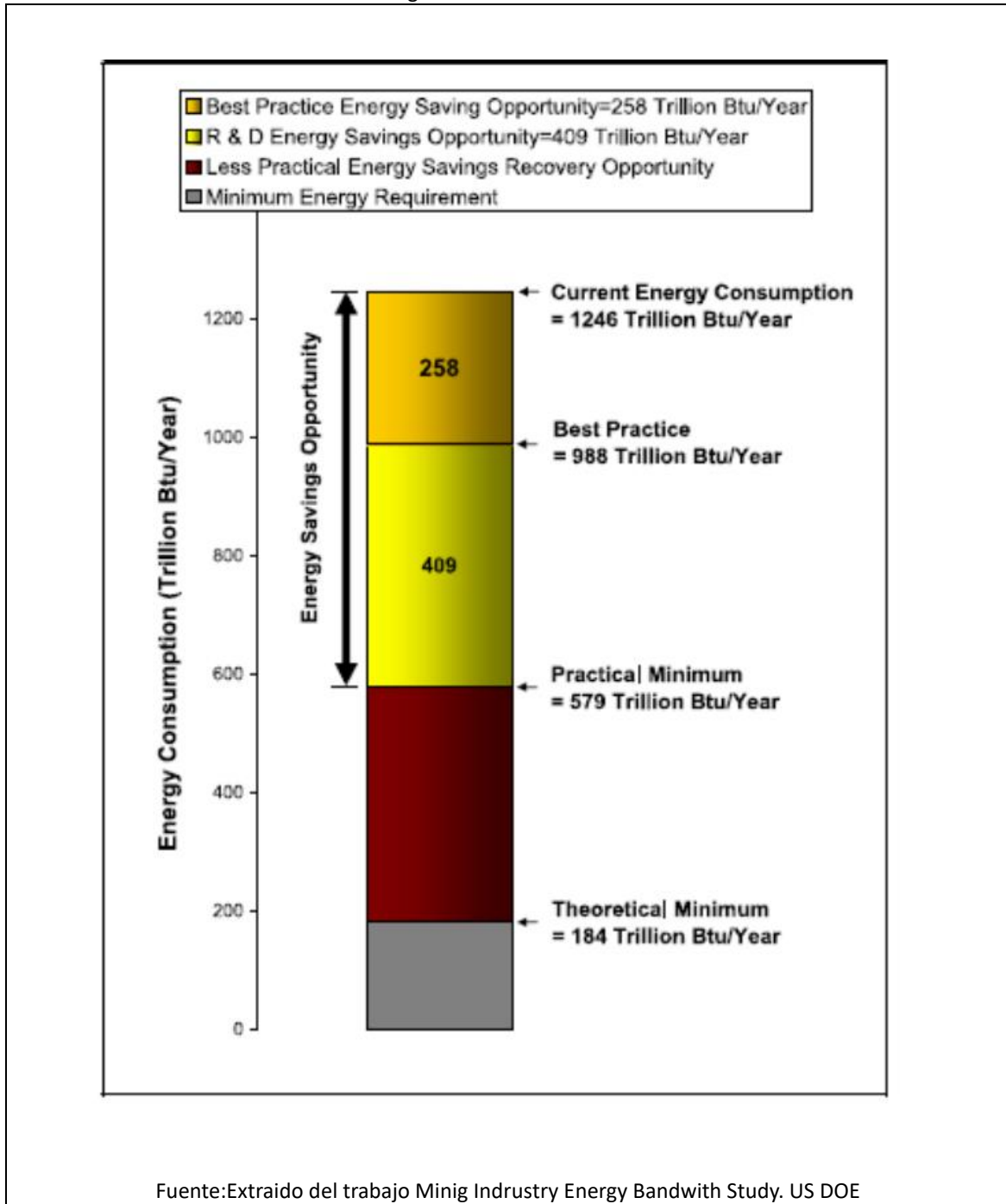
La energía, de ancho de banda, determinado a partir de estos estudios, ilustra la oportunidad total de ahorro de energía que existe en la industria si se mejoran los procesos actuales mediante la implementación de prácticas más eficientes desde el punto de vista energético y el uso de tecnologías avanzadas.

Este informe de análisis de ancho de banda se realizó para ayudar al programa de I + D de ITP a identificar oportunidades de ahorro de energía en minería de carbón, metales y minerales. Estas oportunidades de ahorro fueron analizadas en procesos mineros clave de voladura, deshidratación, perforación, excavación, ventilación, manejo de materiales, trituración, molienda y separación de materiales.



La industria minera de EE. UU. (excluyendo petróleo y gas) consume aproximadamente 1,246 billones de Btu / año (Tbtu /año). Este análisis de ancho de banda estima que inversiones en equipos de última generación y una mayor investigación podría reducir el consumo de energía a 579 Tbtu / año.

Gráfico 8: Energía de la industria minera de EE. UU.



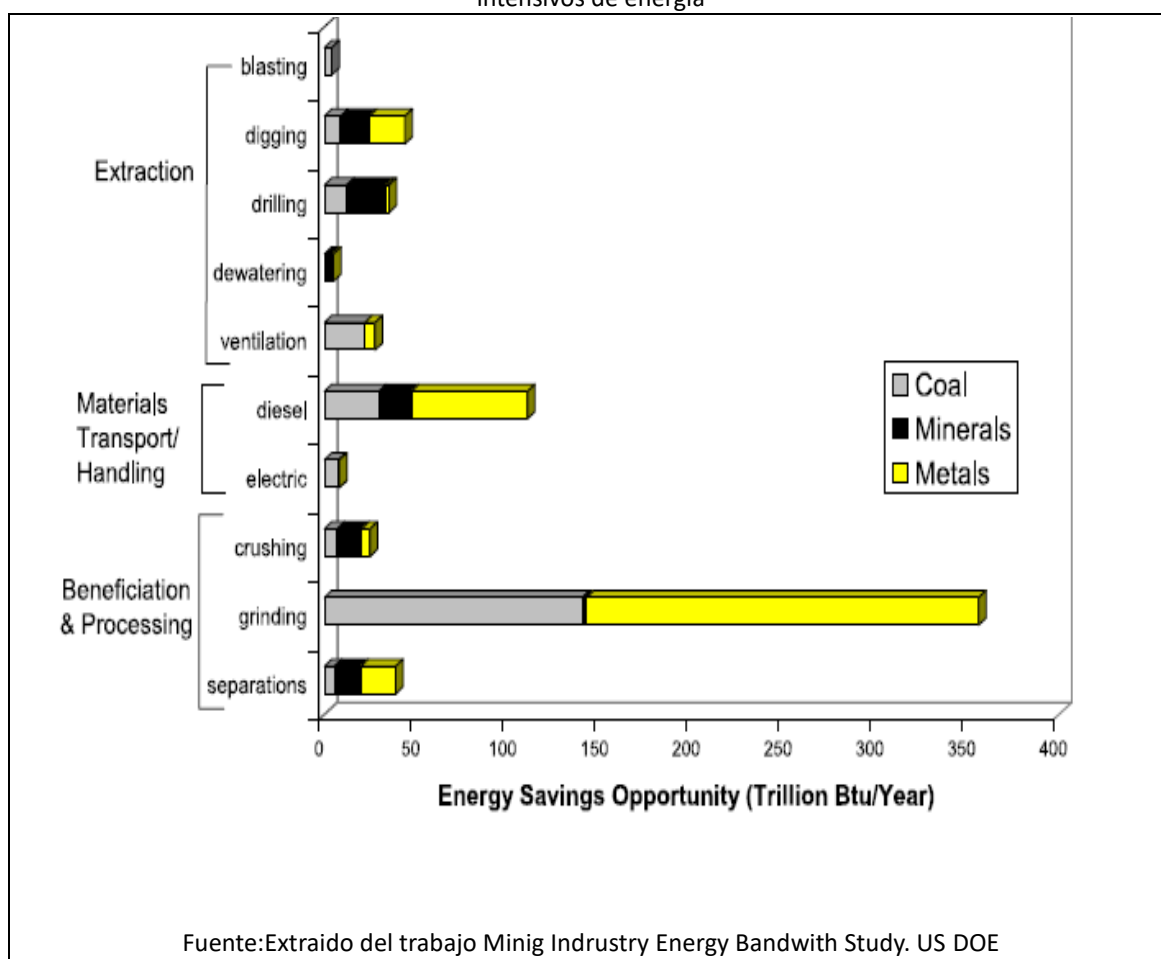
Existe un potencial para ahorrar un total 667 Tbtu / año : 258 Tbtu / año por la aplicación de mejores prácticas y otros 409 Tbtu / año por oportunidad de ahorro de energía en I+D.



Los dos tipos de equipos que ofrecen el mayor potencial de ahorro de energía en la industria minera son equipos de molienda y diesel (manejo de materiales). Implementar las mejores prácticas y los nuevos avances a través de la I+D pueden ahorrar 356 TBtu/año en molienda y 111 TBtu/año en manejo de materiales. Al reducir el consumo de energía de estos dos procesos a la práctica mínimo, la industria minera ahorraría alrededor de 467 TBtu/año, o el 37% del consumo la energía actual.

Los ahorros de energía que se ilustran en el Cuadro 5 incluyen la plena aplicación de la tecnología más avanzada y la instalación de nuevas tecnologías mediante inversiones en I+D.

Grafico 9: Oportunidad de ahorro de energía en la Industria Minera de EE.UU. Procesos con usos intensivos de energía



#### Metodología utilizada en este estudio

El análisis del ancho de banda se basa en la estimación de las siguientes cantidades:

- Consumo de energía actual: el consumo de energía promedio para realizar un proceso determinado.



- Consumo de energía de mejores prácticas: la energía consumida por los sitios mineros con una eficiencia energética superior al promedio
- Consumo mínimo práctico de energía: la energía que se requeriría después de la I + D logra mejoras sustanciales en la eficiencia energética de los procesos mineros
- Consumo mínimo teórico de energía: la energía necesaria para completar un determinado proceso, asumiendo que se pueda lograr sin pérdidas de energía.

La diferencia entre el consumo de energía actual y el consumo de mejores prácticas corresponde a las oportunidades de ahorro de energía de las inversiones realizadas en tecnologías de punta o a las oportunidades existentes en la actualidad que no se han implementado en las operaciones mineras.

La diferencia entre las mejores prácticas y el consumo mínimo práctico de energía cuantifica las oportunidades de investigación y desarrollo o las oportunidades a corto plazo con pocas barreras para lograrlo.

Por último, la diferencia entre el consumo mínimo de energía práctico y teórico se refiere a la oportunidad de recuperación de energía que se considera poco práctica porque se trata de una oportunidad a largo plazo con grandes barreras o es inviable.

### **3.5. Emisiones de Gases Efecto Invernadero. Cambio Climático**

La industria minera junto con la metalúrgica es responsable de más del 20% de las emisiones globales de gases con efecto invernadero (GEI) pues se estima que esta industria consume alrededor entre el 10-20% de combustibles fósiles. Este consumo se da en el uso de maquinaria y durante los procesos de explotación de los minerales, la refinación y procesamiento de minerales.

Según el informe del Consejo Mundial del Oro, el sector en su conjunto genera 36.793 toneladas de dióxido de carbono por cada tonelada de oro que extrae. Ello supone que la producción anual de oro equivale a la emisión de 126,4 millones de toneladas de dióxido de carbono.

Durante los procesos industriales mineros se emiten grandes cantidades de Óxidos de Nitrógeno y de Ozono a nivel de tierra que son, otros de los gases con efecto invernadero.

Hay que tener presente que en los lugares donde se instala la industria minera, hay un impacto social muy fuerte, en muchos casos ocupa tierras agrícolas fértiles y de cierta forma obliga a los agricultores a convertirse en empleados de la empresa minera; a su



vez causa deforestación y la consecuente emisión de CO<sub>2</sub>. Produciendo degradación de suelos, por contaminación y remoción de las capas de suelo que son factores que contribuyen al calentamiento global.

Por otro lado, la industria minera es altamente consumidora de agua y con el cambio climático, uno de los principales problemas será la disminución de los recursos hídricos. Siendo la tendencia el acaparamiento para garantizar su acceso, y la posterior contaminación y pérdida, lo que además estaría vinculado a la militarización, violaciones a los derechos humanos y agudización de los conflictos por el agua.

Con el cambio climático habrá un aumento de las enfermedades y crisis en los sistemas de salud pública. La industria minera ahondaría el problema de salud pública puesto que es directa responsable de numerosas enfermedades respiratorias, entre otras.

Para disminuir estas emisiones de GEI la industria minera debería ser capaz de comenzar a utilizar vehículos eléctricos (u otras tecnologías de transportes con bajas emisiones de carbón, como vehículos alimentados con pila de combustible).

Se estima que esta sustitución de vehículos movidos por motores diésel a vehículos eléctricos permitiría reducir las emisiones del sector hasta en un 95%.

Además, el despliegue de tecnologías renovables en las explotaciones mineras no solo reportaría beneficios en forma de reducción de emisiones contaminantes, sino que también beneficiaría a las comunidades locales que residen cerca de las minas.

#### **4. Prospectiva Sectorial**

Puede asegurarse que el litio ha sido el mineral que más avanzó en el país. Argentina se posiciona como el tercer productor mundial, con dos proyectos en operación (Salar de Olaroz y Salar del Hombre Muerto) que producen 30.000 toneladas de LCE (carbonato de litio equivalente), lo que representa 16% de la producción mundial. A ellos se suman dos proyectos de ampliación de explotación y otros tres emprendimientos en exploración avanzada y construcción.

Solamente considerando los dos proyectos en operación y los seis proyectos más avanzados (y que probablemente comiencen a producir en los próximos años), Argentina casi quintuplicaría su capacidad a 2021 hasta alcanzar las 190.000 toneladas de litio equivalente. No obstante, la capacidad podría multiplicarse por siete en caso de



que entren en operación diferentes proyectos que están en su etapa de exploración avanzada.

En cuanto a la minería no metalífera, vivió en 2018 un comienzo auspicioso con los avances de la obra pública, pero con un cierre de año que acompañó la situación económica nacional y el descenso en el ritmo de la obra pública. Recordemos que la extracción de rocas de aplicación y otros minerales no metalíferos generan en el país más de 13.000 empleos, distribuidos en 689 empresas registradas, con fuerte predominio de pymes.

Entendiendo la importancia de las pymes para el crecimiento del país, la Cámara Argentina de Empresarios Mineros trabajó junto al Ministerio de Producción para generar líneas de crédito con condiciones preferenciales y se actualizó la categorización de las empresas mineras, permitiendo que más compañías puedan ser consideradas “pyme” y accedan recursos que propicien la producción. El objetivo de estas herramientas financieras es apoyar tanto a compañías productoras, como a empresas de servicios y proveedores.

De cara a los próximos años, Argentina tiene un excelente potencial, dado que cuenta con importantes recursos mineros, siendo a nivel mundial el primer país con mayores reservas de litio, sexto en plata y décimo en oro. Y como dato positivo, según el Ministerio de Producción, en los últimos tres años la exploración minera repuntó en el país, duplicando durante 2018 las cifras de 2015.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los procesos productivos mineros poseen sus particularidades y sus tiempos, dado que los proyectos de inversión están caracterizados por su alto riesgo económico, los grandes volúmenes involucrados y los prolongados plazos de recupero del capital hundido.

En términos reales, se espera que la industria minera sea uno de los sectores de mayor crecimiento en los años venideros.





**EFICIENCIA  
ENERGÉTICA**  
EN ARGENTINA

[eficienciaenergetica.net.ar](http://eficienciaenergetica.net.ar)  
[info@eficienciaenergetica.net.ar](mailto:info@eficienciaenergetica.net.ar)

Proyecto financiado por  
la Unión Europea

