Ministerio de Economía
Argentina

Secretaría de Industria
y Desarrollo Productivo

ARGENTINA PRODUCTIVA 2030

MISIÓN 2

# Desarrollar la economía verde para una transición ambiental justa

**Argentina Productiva 2030**
Plan para el Desarrollo Productivo, Industrial y Tecnológico

Marzo 2023

MISIÓN 2

# Desarrollar la economía verde para una transición ambiental justa

## Documento de Trabajo
## Argentina Productiva 2030

Cita sugerida: Argentina Productiva 2030 (2023). Misión 2. Desarrollar la economía verde para una transición ambiental justa. Plan para el Desarrollo Productivo, Industrial y Tecnológico - Ministerio de Economía de la Nación.

## Equipo de trabajo

**Coordinador general:** Dr. Daniel Schteingart
**Coordinadoras de esta Misión:** Lic. Evelin Goldstein y Mg. Elisabeth Möhle
**Analistas y especialistas sectoriales:** Lic. Nicolás Barcos, Lic. Virginia Brunengo, Dra. Carina Guzowski. Dra. María Ibáñez, Lic. Laura Lacaze, Mg. Julio Mateo, Lic. Facundo Pesce, Dr. Ignacio Sabbatella, Lic. Clara Subirachs, Paloma Varona, Dra. Florencia Zabaloy.

*Agradecemos también por su colaboración a Nair Bamba Telechea.*

**Corrección y diagramación:** Juliana Adamow, María Laura Lafit, Natalia Rodríguez Simón

# Autoridades

Presidente de la Nación

Dr. Alberto Fernández

Ministro de Economía

Dr. Sergio Tomás Massa

Secretario de Industria y Desarrollo Productivo

Dr. José Ignacio de Mendiguren

Coordinador del Plan Argentina Productiva 2030

Dr. Daniel Schteingart

# Acerca del Plan
# Argentina Productiva 2030

Argentina Productiva 2030. Plan para el Desarrollo Productivo, Industrial y Tecnológico (de ahora en más "Plan Argentina Productiva 2030") procura transformar el entramado productivo del país con vistas a mejorar los indicadores sociales, económicos y ambientales. Propone como metas generales a 2030 la reducción de la pobreza a la mitad, la disminución de la indigencia en un 70%, la baja del desempleo al 5%, la creación de más de 3,5 millones de puestos de trabajo registrados en el sector privado y de más de 100.000 nuevas empresas, la disminución de las tres grandes desigualdades que tiene el país (las territoriales, las de ingresos y las de género) y también la reducción del impacto ambiental de las actividades productivas.

Para lograr tales grandes metas, el Plan Argentina Productiva 2030 está organizado en 11 misiones productivas. El concepto de "misiones" refiere a que la resolución de diferentes problemáticas (no necesariamente económicas, sino también sociales y ambientales, como el cambio climático, el acceso a la salud, la defensa nacional, las brechas digitales, etc.) puede ser una oportunidad también para la creación de capacidades tecnológicas y la transformación virtuosa de la matriz productiva, para lo cual es necesario el trabajo coordinado entre sector público y privado y entre diferentes sectores productivos.

Las 11 misiones del Plan Argentina Productiva 2030 son:

1. **Duplicar las exportaciones** para volver macroeconómicamente sostenibles las mejoras sociales y económicas.
2. Desarrollar la economía verde para una **transición ambiental justa**.
3. Producir más bienes y servicios ligados a la salud para garantizar la **seguridad sanitaria**.
4. Impulsar la **movilidad del futuro** con productos y tecnologías nacionales.
5. Robustecer la **defensa y la seguridad** a partir de desarrollos nacionales de alta tecnología.
6. Adaptar la producción de **alimentos** a los **desafíos del siglo XXI**.
7. Profundizar el avance de la **digitalización** escalando la estructura productiva y empresarial nacional.
8. Desarrollar el **potencial minero argentino** con un estricto cuidado del ambiente.
9. **Modernizar** y crear **empleos de calidad** en los **sectores industriales tradicionales**.
10. Crear **encadenamientos productivos a partir del sector primario** para generar más trabajo y más desarrollo.
11. Potenciar la **actividad turística** para el desarrollo territorial sustentable a partir de la gran biodiversidad local.

Si bien las misiones fueron trabajadas por distintos equipos técnicos, todas tienen una estructura común, a saber:

- Todas se subdividen en ejes temáticos o proyectos. En varias de las misiones, estos proyectos coinciden con el impulso a un determinado sector productivo clave para el éxito de la misión. En otras, los proyectos coinciden con grandes bloques de política pública -no directamente sectoriales- necesarios para llevar adelante la misión.

- Todas las misiones comparten: sectores clave involucrados; diagnóstico cuali y cuantitativo de la problemática a nivel global y local; lineamientos de política pública para abordar las principales problemáticas detectadas, y metas a 2030. Para esto último se realizó un gran esfuerzo de sistematización de líneas de base en distintas variables de interés (producción, empleo, informalidad, pobreza, estándares ambientales, género, comercio exterior, etc.).

El presente trabajo forma parte de una serie de 12 de documentos. 11 de ellos detallan el contenido de cada una de las misiones del Plan, en tanto que la colección se completa con un Documento Integrador en el cual se sistematizan en un único trabajo y en una mirada holística los puntos centrales de cada una de las misiones.

---

Pueden consultarse los documentos aquí:

- **Documento integrador del Plan Argentina Productiva 2030**
- **Misión 1** (Duplicación de exportaciones)
- **Misión 2** (Transición ambiental justa)
- **Misión 3** (Seguridad sanitaria)
- **Misión 4** (Movilidad del futuro)
- **Misión 5** (Industrias para defensa y seguridad)
- **Misión 6** (Alimentos del siglo XXI)
- **Misión 7** (Digitalización)
- **Misión 8** (Minería)
- **Misión 9** (Sectores industriales tradicionales)
- **Misión 10** (Encadenamientos en base al sector primario)
- **Misión 11** (Turismo sostenible)

# Índice

INTRODUCCIÓN ..... 7

EJE 1 TRANSICIÓN ENERGÉTICA ..... 21

Introducción ..... 22

Proyecto 1. Promover la producción de bienes y servicios para incrementar la participación de la energía limpia y fomentar el proceso de transición energética ..... 25

Proyecto 2. Desarrollar reactores modulares nucleares a escala comercial para la producción y la exportación ..... 77

Proyecto 3. Desarrollar la cadena del hidrógeno bajo en emisiones a nivel local, con tecnología desarrollada localmente, y convertir a Argentina en líder exportador ..... 90

Proyecto 4. Promover el desarrollo local de bienes y servicios que aumenten la eficiencia energética industrial y residencial ..... 111

EJE 2 ECONOMÍA CIRCULAR ..... 143

Proyecto 5. Fomentar la incorporación de lógicas de producción circular ..... 150

CONCLUSIÓN ..... 208

ANEXOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 214

# INTRODUCCIÓN

## Fundamentos de la Misión

El objetivo de esta Misión es impulsar una transición ambiental justa que permita avanzar hacia la descarbonización necesaria para mitigar el cambio climático y reducir la presión ambiental de las actividades productivas y, simultáneamente, incidir favorablemente sobre el desarrollo económico, productivo y tecnológico nacional. La Misión se propone, además, que la transición sea justa mediante la generación de nuevos empleos registrados –que permitan más que compensar el declino en sectores contaminantes a ser transformados– y la reducción de las desigualdades, entre ellas las territoriales y las de género.

En esta Misión se plantean dos ejes para lograr la transición ambiental justa: la transición energética y la economía circular. El primer eje, la transición energética, puede definirse como un cambio estructural en el sistema de provisión y utilización de la energía para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los motores aquí considerados son: i) incorporar energías limpias en la matriz energética; ii) utilizar nuevas tecnologías de almacenamiento bajas en emisiones; y iii) ampliar las prácticas de eficiencia energética. El segundo eje de la transición ambiental justa, la economía circular, plantea pasar del tradicional esquema de producción lineal, que tiene una lógica de producción-consumo-desecho con efectos negativos sobre el ambiente, la sostenibilidad económica y la salud, a uno circular, en donde no solo se minimice la generación de residuos sino también que se puedan reintroducir como insumos de un nuevo proceso productivo. Este cambio supone promover modelos de producción y consumo que reduzcan la presión sobre los recursos naturales y aumenten la sostenibilidad ambiental y económica, mejorando el entorno ambiental en el que se asientan las sociedades.

Siguiendo el enfoque planteado de Mazzucato (2021), si se realiza un “mapa de la misión” es posible responder qué problema se busca resolver. Allí se muestra desde el gran desafío que se busca alcanzar, la identificación de la Misión con sus objetivos, los sectores involucrados y los proyectos específicos a través de los cuales se propone cumplir con dichos objetivos. En este caso, la Misión de Transición Ambiental Justa tiene un doble desafío: la crisis ambiental y el desarrollo productivo. Diversos son los sectores involucrados, entre los que pueden destacarse: metalmecánica, fabricación de equipamiento eléctrico, industria nuclear, hidrógeno y sus proveedores, economía del conocimiento, siderurgia, caucho y plástico y construcción. Por último, para el cumplimiento de los objetivos de la Misión, se la desagrega en cinco proyectos, siendo los primeros cuatro correspondientes al eje de transición energética y el quinto, al de economía circular:

### Eje 1: Transición energética

| | |
|---|---|
| **Proyecto 1** | Promover la producción de bienes y servicios para incrementar la participación de la energía renovable en la matriz energética. |
| **Proyecto 2** | Desarrollar reactores modulares para la generación de energía nuclear. |
| **Proyecto 3** | Desarrollar la cadena de valor del hidrógeno bajo en emisiones a nivel local, con tecnología desarrollada localmente y convertir a Argentina en líder exportador. |
| **Proyecto 4** | Promover el desarrollo local de bienes y servicios que aumenten la eficiencia energética industrial y residencial. |

### Eje 2: Economía circular

| | |
|---|---|
| **Proyecto 5** | Fomentar la incorporación de lógicas de economía circular, desde el diseño mismo de los productos y procesos hasta el reciclado y la disposición final, en la mayor cantidad de sectores. |

En un contexto en el que el desafío es implementar acciones frente al cambio climático, incorporar nuevas prácticas de consumo y producción más sustentables y contar con una sociedad más justa y equitativa, la agenda de políticas públicas debe ser el resultado de la interacción con el sector privado y, además, es deseable contar con el compromiso de la población de formar parte de un nuevo paradigma económico. Al mismo tiempo, las innovaciones necesarias para lograr tal transformación del aparato productivo no solo requieren innovaciones en el aspecto productivo sino también en los marcos institucionales, con el fin de que puedan llevarse a cabo los proyectos concretos para el cumplimiento de los objetivos de la Misión (Mazzucato, 2022).

Al respecto, cabe señalar que dado que ya existen iniciativas para promover la reducción de emisiones de GEI y, al mismo tiempo, para apoyar los sectores de las industrias verdes[1] en Argentina, se intentará en la presente Misión partir de las experiencias en marcha, tales como el Plan de Desarrollo Productivo Verde lanzado por el Ministerio de Desarrollo Productivo en 2021, para la profundización de sus objetivos y acciones de trabajo. Los lineamientos de política aquí expuestos son, entonces, resultados de iniciativas de cocreación con el sector privado. En el mismo sentido, se trabajó con el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación del Cambio Climático presentado en noviembre de 2022 a fin de dar coherencia a las metas y los proyectos planteados en la Misión.

Con el objetivo de fundamentar los objetivos de la Misión, se continúa con dos subsecciones para enfatizar las ventajas que conlleva el camino de la transición ambiental justa. En primer

[1] Las industrias verdes son aquéllas que conforman cadenas de valor que contribuyen al desarrollo sustentable. Según UNIDO, "si se quiere un futuro económicamente viable y sustentable, se necesitan industrias que no dañen el medio ambiente: las industrias verdes".

lugar, se destacan las ventajas de la transición ambiental justa en relación con la consecución de diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible tales como la mitigación del cambio climático, la menor presión sobre la naturaleza, la justicia social y la sostenibilidad de la producción; luego, se hace hincapié en los impactos positivos sobre el crecimiento económico, las industrias verdes, el empleo y la equidad de género. En la segunda sección se exponen los objetivos generales de la Misión para seguir adelante con el alcance de los proyectos. Finalizada la introducción, se comienza con el análisis de cada uno de los proyectos.

Para cada proyecto, se comienza con una breve introducción, donde se explican algunas cuestiones esenciales para el análisis posterior; en segundo lugar, se presenta un diagnóstico microeconómico, con el fin de identificar los sectores y actores principales de las cadenas de valor involucradas en los proyectos y cuantificar la magnitud del entramado productivo, de las exportaciones e importaciones y su capacidad para la generación de empleo y la disposición geográfica del mismo. En tercer lugar se presenta, una revisión de antecedentes en la implementación de políticas para fomentar los sectores vinculados a las cadenas de valor en Argentina y en otros países del mundo. Y, por último, se establecen lineamientos de política para alcanzar las metas propuestas en cada uno de los proyectos.

**Recuadro 1. El impacto de esta Misión en los ODS**

La presente Misión está estrechamente vinculada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En primer lugar, los ODS 1 (Fin de la pobreza), 2 (Hambre cero) y 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) son promovidos a través de la generación de empleo de salarios altos en energías limpias y sus proveedores, la mejora de las condiciones de empleo de las y los recuperadores urbanos y la generación de divisas a partir de vectores energéticos limpios (como el hidrógeno bajo en emisiones) que permiten el crecimiento sostenido. Los ODS 13 (Acción por el clima) y 7 (Energía asequible y no contaminante) son de los dos focos centrales de la misión: transición de la matriz energética hacia energías bajas en carbono. El otro foco de la Misión es la transición hacia la economía circular, el cual aporta a los ODS 12 (Producción y consumo responsables) y al ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles). Asimismo, el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) es abordado a partir del desarrollo de proveedores industriales de energías bajas en carbono y la industria del reciclado. Por su parte, esta Misión también procura contribuir al ODS 10 (Reducción de las desigualdades) ya que la promoción de las energías renovables tiene un alto potencial federal que puede contribuir a disminuir las asimetrías territoriales del país. La reducción de la contaminación del aire a partir de la transición energética, así como la disminución de los residuos gestionados inadecuadamente aportan al ODS 3 (Salud y bienestar). A su vez, la reducción de los residuos mal gestionados también contribuye a los ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) al disminuir la contaminación del agua y al ODS 14 (Vida submarina) al ayudar a cuidar los ecosistemas marinos. El ODS 5 (Igualdad de género) también es abordado en la Misión, al procurar incrementar la feminización del sector energético y sus proveedores –que son masculinizados–.

*Continúa.*

*Continuación.*

Por último, el fortalecimiento de instituciones relevantes como el Gabinete de Cambio Climático, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la sanción de normas como la Ley de Hidrógeno –que se desprenden de algunos de los lineamientos de política propuesto– son relevantes en el marco del ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas). En tanto, las alianzas intrasector público, multiescalares, la cooperación público-privada y los vínculos internacionales necesarios para poder abordar la transición ambiental justa se rigen bajo el ODS 17 (Alianzas para lograr los objetivos).

**FIGURA 1. IMPACTO DE LA MISIÓN EN LOS ODS**

## Transición ambiental justa y cambio climático

La mayoría de los países a nivel mundial se encuentra llevando a cabo medidas para la reducción de emisiones de GEI, principalmente, como respuesta a los compromisos asumidos en el Acuerdo de París, celebrado en el año 2015. Casi 200 países participaron del acuerdo –entre ellos, Argentina–, los cuales asumieron la responsabilidad de implementar acciones para reducir los efectos nocivos del cambio climático a través de la limitación del incremento de la temperatura media mundial por debajo de los 2°C –preferentemente a 1,5°C– respecto a los niveles preindustriales. El acuerdo propone, además, lograr la neutralidad de carbono para 2050, lo que implica alcanzar un equilibrio entre las emisiones generadas y las absorbidas. Si bien no todos adhirieron a esta meta más ambiciosa, los 70 países que sí lo hicieron concentran el 75% de las emisiones totales.

En este marco, los países deben presentar sus planes de acción para reducir las emisiones de GEI y cumplir con sus metas en sucesivos informes que se denominan Contribución Determinada Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), las cuales son actualizadas de manera periódica.

Si bien se reconoce que el Acuerdo de París ha sido muy relevante por ser el primer evento global con compromisos formales para el accionar conjunto frente al cambio climático, la evaluación de los progresos en la implementación de medidas como sus resultados no fueron alentadoras hasta el momento. El sexto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha concluido que la probabilidad de que el calentamiento global alcance o supere 1,5°C es mayor al 50%, aun considerando escenarios de reducción de emisiones (IPCC, 2022). Otro documento, el *Informe sobre la Brecha de Emisiones 2021* del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) publicado previo a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático[2] celebrada en Glasgow en 2021 (COP26), mostró que según las actuales NDC el mundo está en camino de un aumento de la temperatura global de 2,7°C para fines de siglo. Por último, en la COP26 los países subrayaron la urgencia de actuar "en esta década crítica", en la que las emisiones de dióxido de carbono ($CO_2$), uno de los principales GEI, deben reducirse un 45% con el fin de alcanzar las emisiones netas cero para mediados de siglo.

En síntesis, los informes de los especialistas alertan sobre la urgencia de implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático; caso contrario, no será factible alcanzar las metas de reducción de emisiones de GEI establecidas para 2030 y 2050 en el marco del Acuerdo de París.

En 2016 Argentina adoptó el Acuerdo de París mediante la Ley 27.270 y a través del Decreto 891/2016 se creó el Gabinete Nacional de Cambio Climático con el fin de facilitar la adopción de políticas en materia de cambio climático y la asunción de los compromisos internacionales provenientes de la Convención Macro de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Acuerdo de París. En forma previa al Acuerdo de París, Argentina había presentado el 1° de octubre de 2015 su NDC y luego, durante la vigésima segunda Conferencia de las Partes (COP22), realizada en Marruecos en noviembre de 2016, presentó una versión revisada de la misma que se convirtió en su NDC. En ese documento se propuso como meta que el país no excediera la emisión neta de 482 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO2eq) en 2030. En la segunda NDC, presentada en diciembre de 2020, Argentina se comprometió a no exceder la emisión neta de 359 MtCO2eq para el año 2030. La última actualización se realizó en octubre de 2021, cuando se estableció la meta de una emisión neta de 349 MtCO2eq en el año 2030, lo que implica una mejora de 27,7% respecto de la meta

[2] Las Conferencias de las Partes (COP) se celebran en el marco de las Naciones Unidas con el fin de reunir a los líderes mundiales para definir acciones frente al calentamiento global. Fue en la COP21, celebrada en París en el año 2015, cuando los compromisos para llevar a cabo acciones para reducir las emisiones terminaron en la formalización a través del Acuerdo de París.

establecida en la primera NDC de Argentina y una reducción en las emisiones de 4% en relación a las emisiones registradas en 2016.

Para cumplir estos compromisos es necesario acelerar el proceso de la transición ambiental justa, tanto por la vía de la transición energética como de la economía circular, entendiendo a esta última como un modelo que busca optimizar el uso de los productos, componentes y materiales con una lógica restaurativa y regenerativa de los recursos, donde se elimina el concepto de "fin de la vida útil" (Fundación Ellen MacArthur, 2015).[3]

Según la plataforma Climate Watch, a nivel mundial el sector energético es responsable de más de las tres cuartas partes del total de emisiones. En Argentina también es el sector que encabeza las emisiones, aunque su contribución no supera la mitad del total. La estructura de emisiones nacionales es más parecida a la región latinoamericana, ya que la suma del sector agricultura más cambio de uso de la tierra y forestal tiene un mayor peso que a nivel global y, también, al menor peso relativo del carbón –el combustible fósil de mayores emisiones– dentro de las matrices energéticas latinoamericanas (gráfico 1).[4]

Ante la urgencia para implementar acciones frente al cambio climático, contar con una matriz energética más limpia debe ser una condición *sine qua non*. En este sentido, cabe señalar que Argentina tiene el objetivo, establecido a partir de la Ley 27.191 (*Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica*), de alcanzar el 20% del consumo de energía eléctrica provisto por fuentes de energía renovable a 2025.

Esto implicaría un importante aumento de la participación de la energía de fuentes bajas en carbono, teniendo en cuenta que el 86% de la matriz energética primaria argentina depende de combustibles fósiles. Si bien a nivel global la participación de los combustibles fósiles se ubica en torno al 82%, es importante resaltar que el carbón, a pesar de ser el más contaminante de los hidrocarburos, sigue siendo la segunda fuente de energía con el 27%, detrás del petróleo (31%) y por encima del gas natural (24%).[5] En cambio, en Argentina la principal fuente de energía es el gas natural (48%), el combustible fósil con menores emisiones de CO2, seguido por el

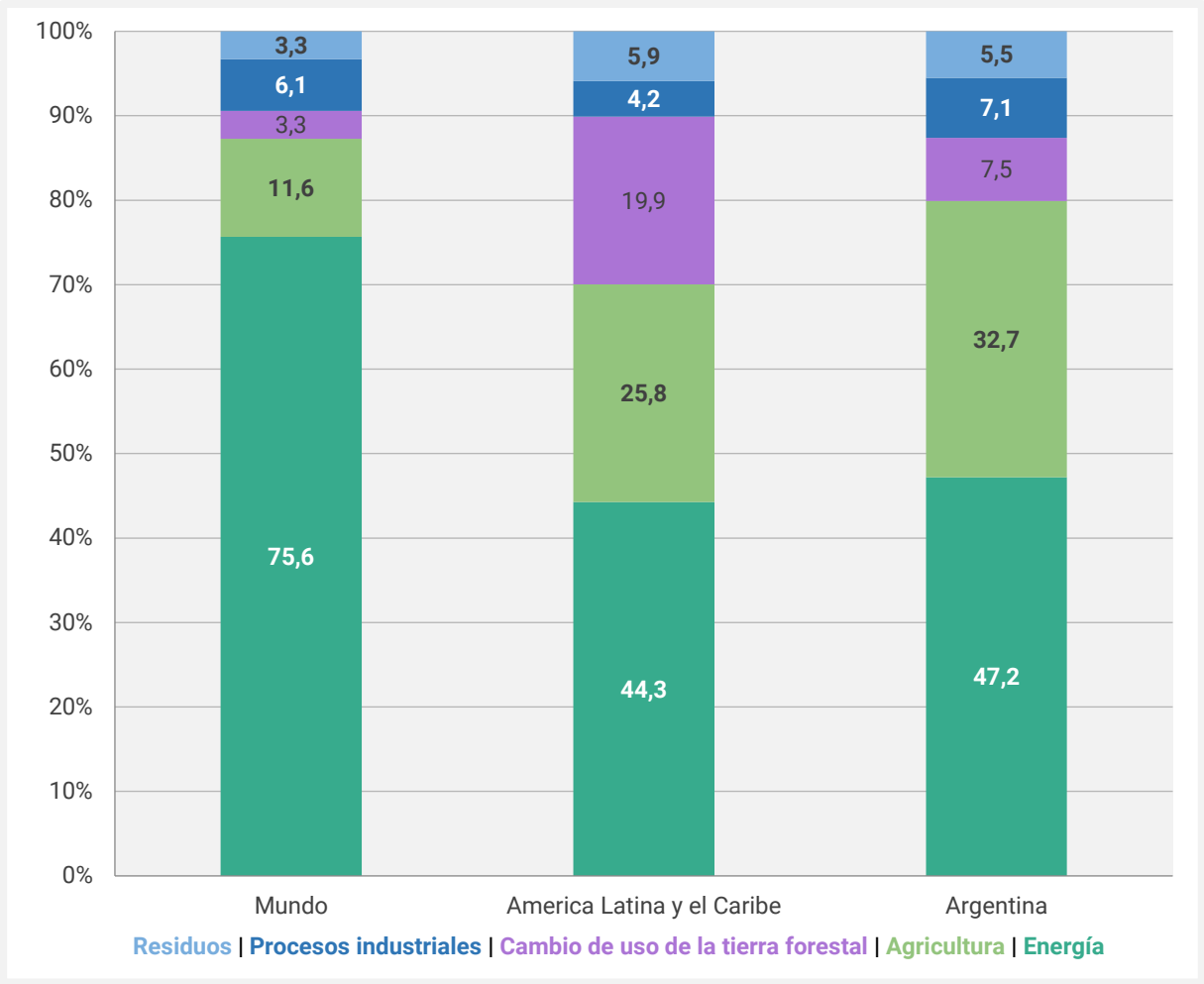
[3] Como explica la Fundación Ellen MacArthur (2015), el sistema de producción actual, por la forma en que se vincula con el ambiente, es intrínseco y crecientemente inestable. Esto implica que su desequilibrio inherente tiene impactos no solo a través de las manifestaciones climáticas sino también sobre la producción, por las ineficiencias estructurales y pérdidas económicas propias del modelo (porque gran parte de los productos y espacios que se producen no se utilizan el 100% del tiempo ni se consumen en su totalidad antes de descartarse) y a través de aumentos en los riesgos de producción (principalmente como consecuencia de que el cambio climático genera fenómenos extremos que afectan de forma directa gran parte de la producción de materia prima) y de precio (debido a que la interrupción en los suministros como consecuencia del riesgo productivo y el agotamiento del capital natural, tienen un efecto negativo directo sobre la formación de los precios).

[4] Cabe destacar que, de acuerdo al último informe bienal de actualización del país presentado ante la CMNUCC, el sector energético representó en el año 2018 el 51% de las emisiones totales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

[5] Datos extraídos de la base de la empresa BP.

petróleo (36%), mientras que el carbón tiene un consumo poco significativo a nivel nacional (menos del 2%).[6] No es casual que el carbón sea el principal apuntado por la crisis climática, ya que su consumo intensivo facilitó la industrialización de buena parte de los países desarrollados en el pasado y actualmente representa más del 50% del consumo energético primario en países emergentes como China e India (gráfico 3). En parte ello –junto con el elevado peso del agro en la estructura productiva, que es relevante en emisiones tanto por las emisiones de metano de la ganadería así como por el cambio en el uso del suelo– explica por qué en Argentina la energía genera menos de la mitad de las emisiones de GEI en lugar del 76% a nivel mundial (gráfico 2).

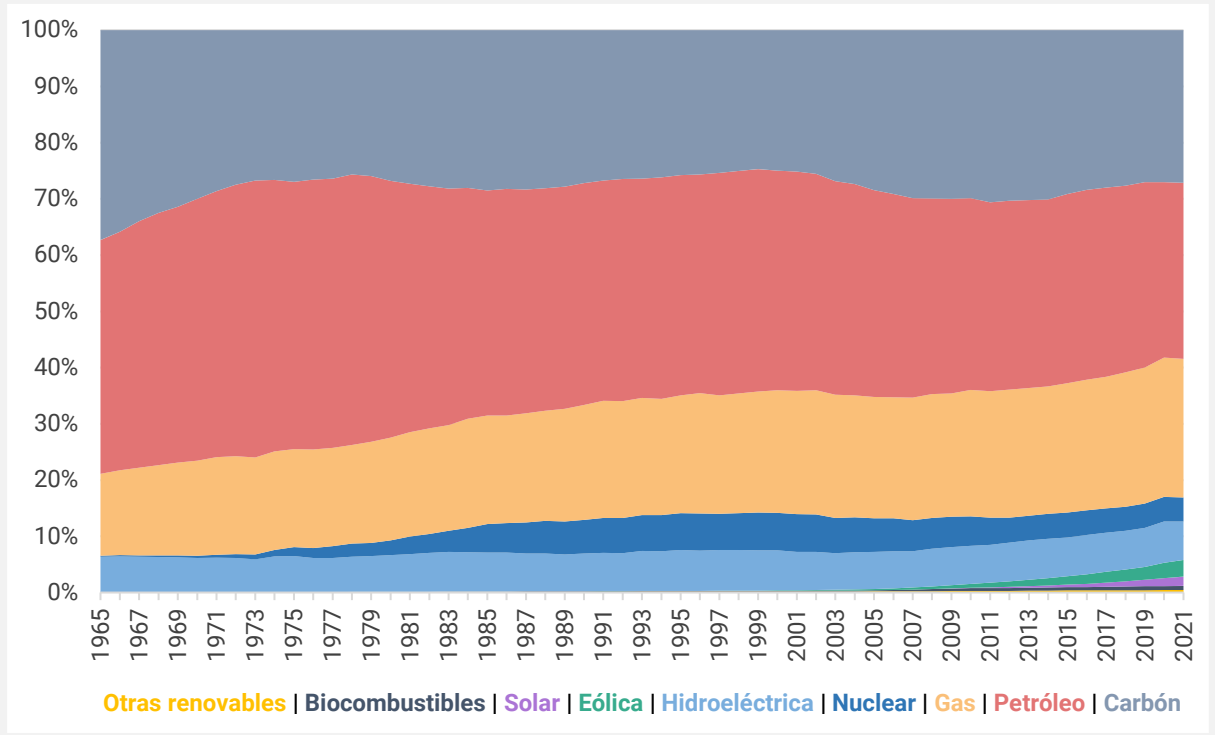
**GRÁFICO 1. EMISIONES DE GEI POR SECTOR (EN PORCENTAJE), AÑO 2019**




Fuente: elaboración propia con base en datos de Climate Watch.

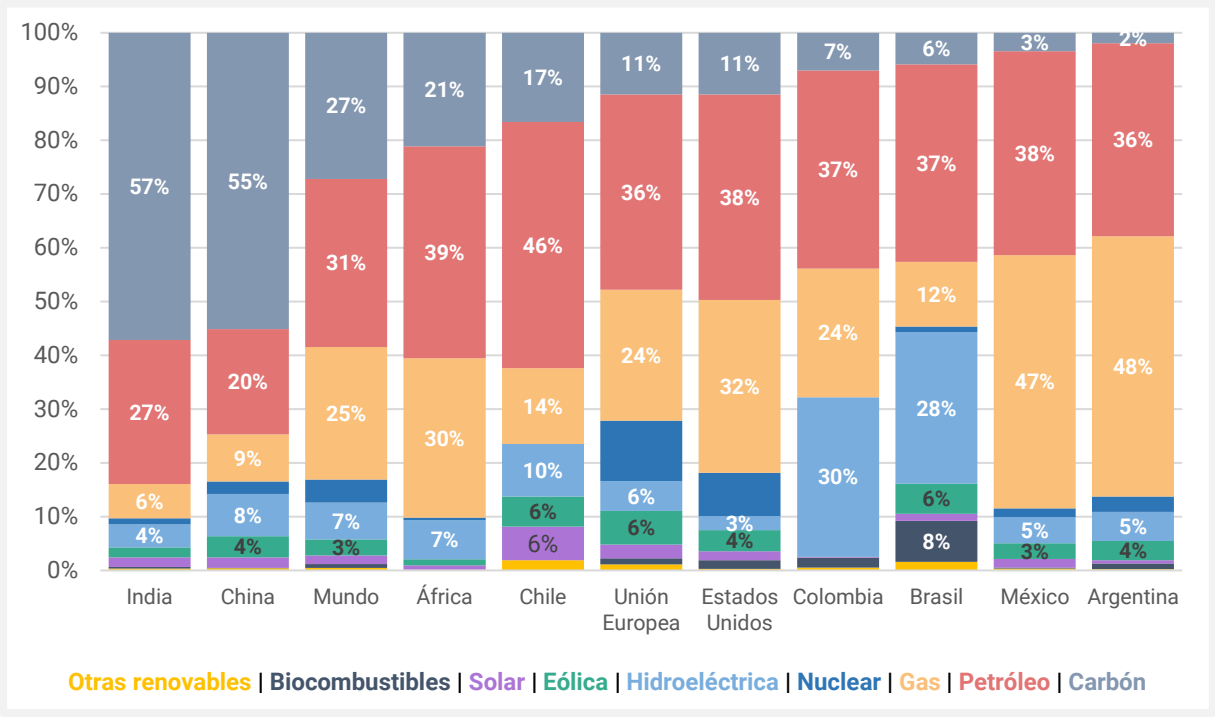
[6] Cabe aclarar que existen algunas diferencias entre los datos disponibles de BP, utilizados para comparar internacionalmente, y los publicados por la Secretaría de Energía de la Nación. Según la información del Balance Energético Nacional del año 2021, la participación del gas natural es aún más importante con el 51,8% del total, el petróleo 31,6% y el carbón 1,6% (Secretaría de Energía de la Nación, 2022a).

## GRÁFICO 2. MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA GLOBAL POR FUENTE, 1965-2021




Fuente: elaboración propia en base a BP Statistical Review of World Energy.

## GRÁFICO 3. COMPOSICIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA, PAÍSES SELECCIONADOS, 2021




Nota: cabe señalar que esta fuente de información no coincide exactamente con el Balance Energético Nacional.
Fuente: elaboración propia en base a BP Statistical Review of World Energy.

Por su parte, la economía circular también puede realizar un aporte significativo para el cumplimiento del Acuerdo de París, debido a la relevancia del impacto que la extracción y uso de los recursos por un lado y los procesos de descomposición de residuos por el otro tienen en las emisiones. Al respecto, cabe señalar que la extracción y el procesamiento de los recursos naturales causan la mitad de las emisiones mundiales y más del 90% de la pérdida de biodiversidad (UNEP, 2019).

Por otro lado, bajo las condiciones de producción actual, las poblaciones más vulnerables son las que además resultan mayormente afectadas por los desequilibrios ambientales generados, mientras que los grupos y sociedades con poder adquisitivo más alto tienen los recursos para protegerse de forma más efectiva de dichas problemáticas, habitar espacios más limpios y elegir consumir productos que cumplan determinados estándares mínimos de salubridad.

En este sentido, es clave promover sistemas de producción que incorporen la perspectiva ambiental para desarrollar modelos económicos sostenibles a largo plazo donde a la vez el crecimiento económico vaya acompañado de una distribución equitativa de los beneficios y costos inherentes al mismo.

## Transición ambiental justa y desarrollo productivo

La transición ambiental justa solo puede ocurrir si se convierten los desafíos frente al cambio climático en oportunidades para las inversiones y las innovaciones sobre la producción, la distribución y el consumo que involucren a todos los sectores de la economía (Mazzucato, 2018).

En este sentido, cabe señalar que la transición energética puede tener múltiples ventajas además de contribuir a la descarbonización de las economías. La primera es que la incorporación de nuevas fuentes de energía limpia favorece la diversificación de la matriz energética y la sostenibilidad energética. El Consejo Mundial de Energía (WEC, por sus siglas en inglés) define la sostenibilidad energética en base a tres dimensiones, que juntas constituyen un “trilema”: seguridad energética, equidad energética y sostenibilidad ambiental. Sin embargo, para el caso de Argentina, se sugiere la incorporación de una cuarta dimensión: el desarrollo tecno-industrial, entendido como la consolidación, ampliación y/o creación de capacidades tecnológicas e industriales vinculadas a las energías limpias. De esta manera, se pasa del “trilema” al “cuatrilema energético” y, por tanto, se desprende la segunda ventaja: la transición energética como oportunidad para fomentar el crecimiento económico, las industrias verdes y la generación de empleo con equidad (Secretaría de Energía de la Nación, 2021).

La transición energética promueve las inversiones en energías limpias, en nuevas tecnologías verdes y en el desarrollo de equipamientos eficientes que, de manera conjunta, pueden ayudar a impulsar el crecimiento económico. Hay estudios internacionales que muestran que las proyecciones de la tasa de crecimiento económico anual es 0,5 puntos porcentuales superior en los escenarios de neutralidad de carbono que en los escenarios “habituales” (IEA, 2021).

La transición energética abre la oportunidad, además, para el desarrollo y la consolidación de las industrias verdes. La construcción de centrales de generación de energías limpias –parques eólicos, solares, centrales de bioenergías, reactores nucleares modulares, etc.– tracciona la adquisición de equipamiento e insumos junto con una diversidad de servicios como montaje, instalación, operación y mantenimiento. De esta manera, la transición energética puede ser un traccionador del desarrollo productivo, al aprovechar las capacidades tecnológicas nacionales (por ejemplo, para movilizar la producción de equipamiento fabricado en el país, algo que actualmente sucede, por ejemplo, con algunas partes y piezas para aerogeneradores que se emplean en la construcción de los parques de energía eólica o de diversos materiales y equipos eléctricos). A su vez, la transición energética también brinda oportunidades para desarrollar nuevas capacidades vinculadas con las industrias verdes. Tal es el caso, por ejemplo, de las iniciativas asociadas a la producción de reactores nucleares modulares y/o al hidrógeno verde (y otras variantes de hidrógeno bajo en emisiones) que, si bien aún se encuentran en una etapa experimental, pueden convertirse en grandes oportunidades para que Argentina sea un protagonista relevante del mercado mundial. Lo mismo ocurre con las tecnologías para el monitoreo y gestión del uso de la energía que a pesar de ser sectores de nicho aportan al proceso de transición ambiental y al desarrollo de las industrias verdes.

De esta manera, el desarrollo y/o consolidación de las industrias verdes tracciona la creación de puestos de trabajo. Las estimaciones de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés) indican que el sector de energías renovables emplea, actualmente, 12 millones de personas y se proyecta 38 millones para 2030 y 43 millones para 2050, bajo un escenario de neutralidad de carbono. En Argentina, por ejemplo, se estimó que el programa RenovAr, que fue la principal iniciativa para convocar a licitaciones públicas para la adjudicación de proyectos de energías renovables, implicó la creación de más de 5.000 puestos de trabajo (Subsecretaría de Energías Renovables, 2018). Por supuesto, en la medida en la que haya mayor participación de la producción nacional, habrá más empleo (para mayor detalle, ver la sección del proyecto 1).

La creación de puestos de trabajo asociados a la transición energética abre un nuevo desafío: la disminución de las brechas territoriales y de género. Respecto al primer punto, vale tener en cuenta que la transición energética puede ser una oportunidad para el desarrollo territorial: a modo de ejemplo, el potencial de la Patagonia –actualmente la principal productora de hidrocarburos del país– en energía eólica es inmenso, lo que puede influir en el montaje de parques eólicos como también en el desarrollo de proyectos de hidrógeno bajo en emisiones.[7] También lo es la región del NOA y Cuyo con la energía solar, o parte de la zona Centro y el NEA con biomasa.

Respecto al segundo punto, históricamente a nivel mundial el sector energético ha sido muy masculinizado, tanto en lo que concierne a la extracción de petróleo, gas y carbón, como a la

[7] Debe tenerse en cuenta, no obstante, que para la instalación de grandes proyectos de energía eólica deberá observarse la disponibilidad en los nodos para la inyección de la energía generada.

operación de centrales térmicas, nucleares o de energías renovables. De acuerdo a estadísticas de la OCDE, en 2019 el país que más porcentaje de mujeres tiene en el sector de generación y distribución de energía y gas fue Dinamarca, con solo un 37% del total. En Argentina dicha cifra –si bien creciente en lo que va del siglo XXI– fue de apenas el 17%, de acuerdo a datos del CEPXXI. En las energías renovables la feminización también es baja: actualmente, las mujeres participan solo en el 32% del empleo en energías renovables a nivel mundial (IRENA, 2019) y para la región de América Latina ronda el 15% (BID, 2018; Ministerio de Energía de Chile, 2020). También hay pocas mujeres en cargos de decisión en las empresas del rubro energético: solo 10% de las bancas de los directorios son ocupadas por mujeres en Argentina (CNV, 2019).[8]

En síntesis, el proceso de transición ambiental justa debe considerar la implementación de políticas en dos sentidos. Por un lado, que promuevan la incorporación de energías limpias en la matriz energética y la introducción de prácticas de eficiencia energética y economía circular, así como también que fortalezcan y desarrollen nuevas capacidades de las industrias verdes vinculadas. Por otro lado, serán necesarias acciones para crear nuevos puestos de trabajo que permitan más que compensar el declino del empleo que tendrán los sectores que deben transformarse y, a su vez, para que dicha generación de empleo permita revertir brechas estructurales como por ejemplo las de género o las territoriales. En eso consiste la transición justa.

Las transiciones ambientales justas no son espontáneas ni instantáneas. Por un lado, para alcanzar las metas propuestas de manera exitosa, se requiere de acciones y decisiones de política pública; y, por otro lado, dado que demandan años en concretarse, se necesita un esquema de planificación de largo plazo.

Esta Misión incluye el desarrollo de proyectos para alcanzar metas productivas y de empleo, las cuales se encuentran estrechamente vinculadas al cumplimiento de metas energéticas y ambientales. Dado que los objetivos ambientales y energéticos son competencia de las áreas de gobierno de ambiente y energía, se propone continuar trabajando de manera conjunta con dichas áreas para mantener actualizadas las metas y, si fuera necesario, establecer nuevos objetivos. Estos objetivos –algunos de los cuales se sugieren en este documento– deben plasmarse en un Plan Estratégico Nacional de Transición Ambiental Justa y Desarrollo Productivo, el cual debe incluir, además, las acciones concretas para alcanzar cada una de las metas, que surgen, en buena medida, de la cocreación a partir del diálogo con los actores públicos y privados involucrados (Mazzucato, 2016). La consecución de los objetivos de esta Misión requiere la participación coordinada de diferentes organizaciones del Estado que deben actuar para orientar eficazmente a los actores privados en la formulación e implementación de políticas (Mazzucato, 2016). Este documento es un primer paso en el camino a diseñar políticas con un enfoque orientado por misiones productivas. Para ello, se buscó: i) definir los proyectos específicos que permitan operativizar la Misión; ii) identificar las cadenas de valor más importantes en cada uno de los proyectos; iii) definir los actores públicos y privados relevantes y entablar conversaciones con ellos para conocer las capacidades existentes y potenciales para la producción de bienes y

[8] El dato corresponde al año 2018 e incluye a las empresas del rubro infraestructura y energía.

servicios requeridos para la transición ambiental; iv) mapear los requerimientos de los mismos para impulsar el fortalecimiento de las capacidades; y v) elegir desafíos en sectores innovadores donde pudiera establecerse un equilibrio entre la ambición y la factibilidad.

## Alcance de los proyectos y objetivos de la Misión

A partir de los objetivos de base energéticos y ambientales vigentes, se establecieron metas productivas para cada uno de los proyectos propuestos.

Al respecto, cabe destacar que los proyectos seleccionados son los que se consideran más relevantes para la Misión, en base a distintos motivos:

- **Proyecto 1: Promover la producción de bienes y servicios para incrementar la participación de la energía renovable en la matriz energética.** Las energías renovables son fundamentales para tener una matriz energética más limpia. Aquí se consideran las tecnologías de generación de energía eólica y solar fotovoltaica de alta potencia,[9] ya que son las más relevantes y difundidas, tanto en Argentina como en el mundo, y se espera que continúen liderando la expansión de las energías renovables a mediano plazo. Adicionalmente, se identifican capacidades existentes para la provisión de ciertos equipos (aerogeneradores y alguna de sus partes y piezas, transformadores, cables, entre otros) y que, en función de la demanda futura que pueda crearse y sostenerse, deberán fortalecerse y/o consolidarse. A su vez, el contexto local (redes de transmisión prácticamente colapsadas) ofrece poca disponibilidad para la inyección de energía generada en parques de tipo *utility-scale*.[10] Por ello, se decidió incluir en el análisis también a la generación distribuida,[11] especialmente a partir de tecnología solar fotovoltaica. Los proyectos de pequeña y mediana envergadura de este tipo están cobrando mayor importancia en diversos países del mundo y, en Argentina se erigen como una alternativa para expandir las energías renovables además de constituir una herramienta para el desarrollo territorial. También fue incluida -con un análisis más sucinto- la energía hidroeléctrica, incluyendo los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (PAH). Si bien ha ido perdiendo terreno relativo, Argentina tiene alrededor de 11.000 MW de potencia instalada en hidroelectricidad a gran escala (el 25% del total de la potencia instalada eléctrica) y oportunidades para la fabricación y *revamping* de turbinas. En el caso de los PAH, considerados "renovables" en la normativa local por tener menores impactos ecosistémicos locales que la hidroelectricidad a gran escala, si bien existen oportunidades para la provisión de equipamiento para la industria nacional, se trata de una tecnología más de nicho que las previamente mencionadas y su contribución en el proceso de transición energética no es tan significativo.

[9] Los proyectos de alta potencia son aquéllos de mayor envergadura. Habitualmente se consideran en este segmento los parques de generación solar y eólica de más de 10 MW.

[10] Los proyectos *utility-scale* son proyectos de gran escala y que tienen como objetivo la generación de energía eléctrica para la comercialización.

[11] Los proyectos de generación distribuida son aquellos que instalan los usuarios de la red de distribución y tienen como objetivo principal el autoconsumo con eventual inyección a la red de los excedentes.

- **Proyecto 2: Desarrollar reactores modulares para la generación de energía nuclear de cara al mercado externo**. El desarrollo de reactores modulares pequeños (SMR, por sus siglas en inglés) puede convertir a Argentina en uno de los pocos fabricantes de la tecnología a nivel mundial. Actualmente, se está trabajando en el CAREM, un prototipo de SMR, que todavía no se ha finalizado. Si bien aún no existe un sendero definido para la etapa de desarrollo comercial de SMR, sí está claro que son pocos los países que tienen prototipos y son pocos los que fabricarán y exportarán SMR a mediano plazo. Argentina tiene ciertas ventajas competitivas que sugieren la importancia de continuar con las inversiones en investigación y desarrollo para fortalecer y crear capacidades para el desarrollo de esta tecnología innovadora. Además, sus virtudes asociadas a la modularidad y a la generación de energía libre de emisiones lo pueden convertir en un bien altamente demandado a nivel mundial.
- **Proyecto 3: Desarrollar la cadena de valor del hidrógeno bajo en emisiones a nivel local, con tecnología desarrollada localmente y convertir a Argentina en líder exportador.** El desarrollo de hidrógeno verde (y otras variantes de hidrógeno bajo en emisiones) ya se ha comenzado a gestar en Argentina a partir de algunos proyectos piloto. Diversas ventajas pueden identificarse que invitan a pensar en que debe arriesgarse a fomentar las inversiones en este sector innovador. Entre ellas, se destaca especialmente la enorme disponibilidad de recursos renovables para la generación de energía, que prometen un panorama de bajos costos en relación a otros países a mediano plazo (una vez que las tecnologías maduren). Además, el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno bajo en emisiones puede traccionar la producción de bienes y equipos nacionales, tanto para la construcción de los parques de generación eólica como para las tecnologías específicas asociadas a la producción de hidrógeno verde. Asimismo, el desarrollo de proyectos de hidrógeno bajo en emisiones podría implicar la generación de una fuente de divisas muy importante para Argentina: se espera que para 2030 se pueda exportar alrededor de USD 2.200 millones anuales de hidrógeno verde.
- **Proyecto 4: Promover el desarrollo local de bienes y servicios que aumenten la eficiencia energética industrial y residencial.** La eficiencia energética debe ser uno de los pilares del proceso de transición energética, especialmente considerando que en Argentina el 13% de las emisiones provienen del uso de energía eléctrica (SAyDS, 2019). El foco de este proyecto estará puesto en tres segmentos: i) la modernización del parque de equipamientos de uso difundido en hogares e industrias con alto consumo de energía eléctrica, tales como heladeras, aires acondicionados y sistemas de motores; ii) la promoción de un mayor nivel de adopción de sistemas de energía solar térmica, a partir del desarrollo de proveedores de bienes y servicios y del apoyo a la demanda; y iii) el impulso a sectores innovadores emergentes a partir del apoyo al crecimiento y consolidación de un mercado de soluciones inteligentes para el control y la gestión de la energía en edificaciones. La razón de la selección de los segmentos fue, por un lado, que en todos ellos existen oportunidades para la industria nacional y la generación de empleo; por el otro, en que es posible intervenir a partir de acciones de política pública para orientar los proyectos privados para el cumplimiento de los objetivos.
- **Proyecto 5: Fomentar la incorporación de lógicas de economía circular, desde el diseño mismo de los productos y procesos hasta el reciclado y la disposición final, en la mayor**

**cantidad de sectores.** La transición ambiental justa requiere fomentar la incorporación de lógicas de economía circular con tres objetivos principales: a) reducir los residuos generados, b) disminuir la extracción de recursos naturales y c) aumentar la eficiencia del uso de los recursos en los circuitos productivos. Además de reducir las emisiones contaminantes, los residuos y la presión sobre los recursos naturales, la economía circular tiene un impacto positivo en la eficiencia de la producción, en el desarrollo de nuevos sectores productivos y nichos de negocios, y en la creación de empleos verdes. El objetivo de este proyecto es abordar una estrategia de economía circular para las principales corrientes de residuos derivados de los productos terminados y los subproductos y residuos resultantes del proceso de producción, y por otro, abordar estrategias de recuperación para los residuos provenientes del post consumo.

## Relación con otras Misiones del Plan Argentina Productiva 2030

La cuestión ambiental debe considerarse como un eje transversal del aparato productivo. Es por ello que esta Misión dialoga con el resto del Plan Argentina Productiva 2030. En particular, merecen destacarse los vínculos con:

- La Misión 1 (Desarrollo exportador), a partir de las oportunidades que ofrece la transición energética para el incremento de ventas externas del país;
- La Misión 4 (Movilidad del futuro), en la que se analiza el potencial argentino para la fabricación de vehículos automotrices con menores emisiones de carbono;
- La Misión 5 (Defensa y seguridad), en la que entre otras cosas se analizan cómo las capacidades productivas ligadas al entramado de Defensa y Seguridad pueden servir para monitorear problemáticas ambientales;
- La Misión 6 (Adaptación de la producción de alimentos a los desafíos del siglo XXI), en la que la dimensión ambiental también es nodal, y se focaliza en la reducción de la huella ambiental del sistema agroalimentario argentino así como en la adaptación del agro al cambio climático;
- La Misión 8 (Minería), en la que se analiza el rol de la minería en la transición energética pero también la descarbonización del sector en sí mismo;
- La Misión 9 (Modernización de sectores industriales tradicionales), en donde se aborda cómo los sectores manufactureros tradicionales (como por ejemplo textil-indumentaria, calzado, cuero, muebles, plásticos, etc.) pueden reducir sus impactos ambientales;
- La Misión 10 (Encadenamientos en base al sector primario) en donde se analiza entre otras cosas el rol de la foresto industria en el cambio climático y como generadora de energías renovables en base a residuos;
- La Misión 11 (Turismo sostenible) en donde se plantea como uno de los ejes centrales la sostenibilidad en el turismo en Argentina.

# EJE 1
# TRANSICIÓN ENERGÉTICA

# Introducción

Antes de comenzar con el análisis de los proyectos del vector de transición energética aquí se reseñará, de manera sucinta, cuál es el punto de partida para este proceso, es decir, cómo es actualmente la matriz energética de Argentina y cuáles fueron las principales modificaciones que se han producido en las últimas décadas. Adicionalmente, se incluirán algunas definiciones que se consideran relevantes a los efectos, únicamente, del análisis de los proyectos presentados posteriormente.

Una transición energética puede ser definida como un proceso de transformación multidimensional y a largo plazo del sector energético, que involucra una amplia gama de tecnologías, estructuras organizativas e institucionales. Las transiciones en el pasado surgieron como consecuencia de nuevas tecnologías y/o descubrimientos de recursos que abarataron la energía. En cambio, la transición energética en curso es diferente: es una transición intencional, impulsada, entre otras razones, por la crisis climática (Kern y Markard, 2016).

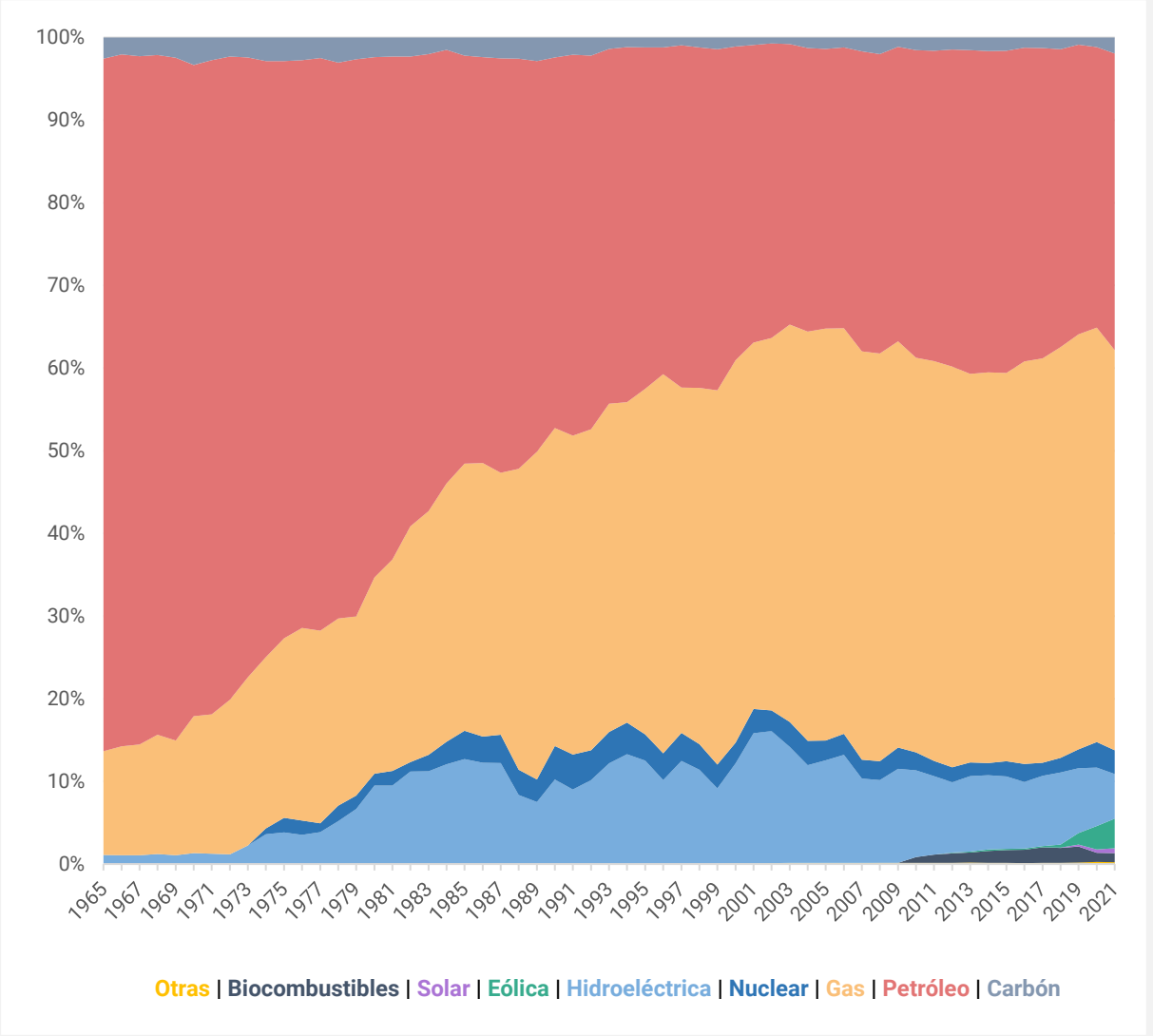
Cabe destacar la dimensión temporal de las transiciones. A nivel global, la expansión del uso del carbón fue facilitada por los motores a vapor durante la Revolución Industrial, pero no fue hasta 1910 que el carbón superó como primera fuente a la biomasa. En tanto, el consumo de petróleo estuvo impulsado por la masificación de los motores de combustión interna desde las primeras décadas del siglo XX. Aun así, no le quitó al carbón el primer lugar de la matriz energética mundial hasta mediados de la década de 1960, hasta llegar a alcanzar una participación máxima del 45% en 1973, cuando el embargo petrolero decretado por los países exportadores a los países centrales se cristalizó en una crisis de dimensión mundial.

La particularidad de la trayectoria energética argentina es que cuenta no solo con dos, sino con tres transiciones de una fuente de energía dominante a otra: la primera fue de la biomasa al carbón desde el siglo XIX hasta la Primera Guerra Mundial; la segunda del carbón al petróleo hasta mediados de la década de 1940; y la tercera del petróleo al gas natural hasta mediados de la década de 1990. Es decir, un conjunto de transiciones que permitieron ir desde el combustible fósil más contaminante de todos al de menores emisiones de CO2. En ese sentido, pocos países han logrado el tránsito al gas natural, en un mundo donde el carbón sigue siendo la primera fuente de generación eléctrica.

Otro aspecto sobresaliente en el caso nacional es el rol de las empresas públicas en las últimas dos transiciones (Sabbatella, 2022). Así como YPF fue estratégica en las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos en el área *upstream*, y en la refinación y comercialización de combustibles en el área *downstream*, Gas del Estado fue imprescindible para la construcción de redes troncales y de distribución de gas natural. La rica trayectoria energética nacional se complementa con otras empresas públicas que permitieron diversificar la matriz con la incorporación de la energía hidroeléctrica y de la energía nuclear: Agua y Energía Eléctrica en 1947 y de Hidronor en 1967, por un lado, y de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en 1950, por el otro, respectivamente.

Luego de la crisis de 2001 y la posterior reactivación de la economía, el rápido crecimiento de la demanda energética coincidió con una pronunciada caída de la producción de gas natural, producto de la ausencia de inversiones en actividad exploratoria, que condujo a la creciente importación de gas boliviano y de gas natural licuado, que deterioró la balanza comercial. En ese contexto, se implementaron nuevas estrategias de diversificación energética. En materia nuclear e hidroeléctrica, se destacaron la culminación de la central nuclear Atucha II en 2014 y la ampliación hasta su cota máxima de la represa Yacyretá en 2011, respectivamente. También se promovió la mezcla de biocombustibles con los combustibles líquidos para el transporte automotor y se estableció a partir del año 2010 un corte mínimo del gasoil con biodiésel (derivado de la soja) y de la nafta con bioetanol (derivado de la caña de azúcar y maíz), cuyo porcentaje se fue incrementando gradualmente.

**GRÁFICO 4. COMPOSICIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA DE ARGENTINA, 1965-2021**




Fuente: elaboración propia en base a BP Statistical Review of World Energy.

A pesar del gran potencial eólico, solar y biomásico del país, hasta el año 2015 la participación de las energías renovables en la generación eléctrica no superaba el 2%. En este escenario, en octubre de 2015 se sancionó la Ley 27.191 que estableció como meta alcanzar el 20% del consumo de energía eléctrica nacional proveniente de fuentes renovables en 2025. Con el fin de lograr este objetivo, se implementaron tres instrumentos: el Programa RenovAr para incorporar proyectos eléctricos renovables mediante subastas públicas; el Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable (MATER) para habilitar la contratación de generación renovable entre privados por parte de los Grandes Usuarios (GU) y la sanción de la Ley 27.424 de generación distribuida en 2017 para que usuarios residenciales, industriales y otros puedan generar su propia electricidad e inyectar excedentes a la red (estos programas serán desarrollados en el apartado 1.4). De esta manera, la participación de la generación renovable en el cubrimiento de la demanda eléctrica alcanzó el 13,5% en el acumulado de los primeros seis meses de 2022 y registró un pico de casi 30% en el mes de abril, de acuerdo a datos de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA).

**Recuadro 2. ¿Qué fuentes de energía existen?**

Las fuentes de energía pueden clasificarse de varias maneras según sea su origen, la forma de la fuente de la cual proviene, su grado de disponibilidad o su sistema de producción.

Por un lado, según la fuente de la cual proviene, podemos diferenciar a la energía en primaria o secundaria. Las energías primarias son las que se obtienen directamente de la naturaleza, como son el carbón, el petróleo o el gas natural. En el caso de las energías secundarias, estas se obtienen a partir de las primarias mediante un proceso de transformación por medios técnicos, como es el caso de la electricidad o de los combustibles derivados del petróleo.

Por otro lado, se pueden dividir en renovables, que son aquellas que se obtienen a partir de recursos renovables e ilimitados, y no renovables, como las obtenidas de recursos fósiles y del uranio. Entre las renovables se encuentran la energía solar, eólica, hidroeléctrica, la biomasa vegetal o animal, la geotérmica, la undimotriz y la mareomotriz. Respecto a la hidroeléctrica, se debe tener en cuenta que por lo general se la considera renovable cualquiera sea la escala del proyecto, en tanto que en algunos casos solo se considera renovable a las centrales hidroeléctricas de baja escala, cuyo impacto ambiental local sobre el paisaje y la biodiversidad es menor que en los grandes proyectos. En Argentina, la clasificación utilizada por CAMMESA considera como renovable a la hidroeléctrica de hasta 50 MW (de acuerdo a la definición establecida en la Ley 27.191).

En este contexto de crisis climática, se denomina energía limpia a aquellas fuentes que generan bajas o nulas emisiones de gases de efecto invernadero. Bajo este rótulo se engloban las energías renovables de cualquier escala y la energía nuclear. Por tanto, la transición energética implica la incorporación de más energías limpias en la matriz energética.

# Proyecto 1. Promover la producción de bienes y servicios para incrementar la participación de la energía limpia y fomentar el proceso de transición energética

## Introducción

De acuerdo a Climate Watch, el subsector generación de electricidad y calor es la principal fuente de emisiones de GEI a nivel global, ya que representa casi un tercio del total, mientras que en Argentina comprende el 14% de las emisiones totales. Debido a su alta contribución en la generación de emisiones, para la Agencia Internacional de Energía (EIA por sus siglas en inglés) el sector debe alcanzar la neutralidad de carbono a nivel mundial hacia 2040 para lograr los objetivos del Acuerdo de París de limitar el calentamiento global a 1,5 grados. En ese sentido, las energías de bajas emisiones han incrementado su participación, siendo las que más crecieron globalmente en la última década la eólica y la solar debido a su menor costo en relación con otras fuentes limpias.

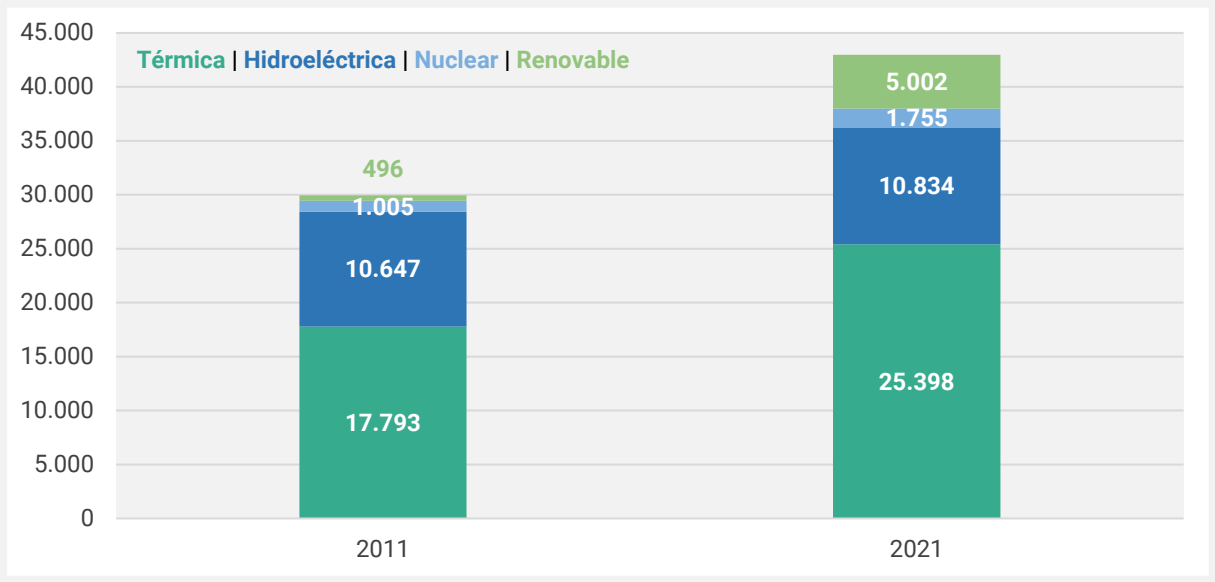
A continuación se realizará un diagnóstico de las energías renovables en Argentina; luego, se hará un análisis de las cadenas de valor de las tecnologías eólica, solar y distribuida; en tercer lugar, se abordarán las capacidades tecnológicas y los proveedores de dichas cadenas en Argentina; en cuarto lugar, se evaluará la evolución del empleo sectorial en el país; en quinto, se retratará el mercado mundial de dichas tecnologías y la situación del comercio exterior; posteriormente, se indagarán las políticas llevadas adelante a nivel nacional, regional e internacional para incorporar generación renovable. Por último, se trazarán algunos lineamientos de política pública de cara a 2030.

## Situación actual de las energías renovables en Argentina

Como resultado de los instrumentos implementados, la incorporación de fuentes renovables dio un salto notable en la última década. Si la potencia instalada total se incrementó un 40% entre 2011 y 2021 (de 31.952 a 45.010 MW), la potencia renovable, tal como es definida por la Ley 27.191, lo hizo un 908% (de 496 a 5.002 MW), de acuerdo a datos de CAMMESA. A un menor ritmo, la potencia nuclear creció 75%, debido al ingreso de Atucha II, la térmica 43% y la hidráulica solamente 1,8% (gráfico 5). De esta forma, la potencia renovable pasó del 2% al 12% del total, mientras que la hidráulica perdió participación del 36% al 25% del total.

Siguiendo datos de CAMMESA, la generación eléctrica de fuentes renovables alcanzó el 13% de la demanda eléctrica nacional en 2021, todavía lejos de la meta del 20% prevista para 2025. La eólica lleva la delantera en la generación renovable con el 74,1%, seguida por la solar con el 12,6%, por lo que en conjunto representan más del 86% de la electricidad renovable sin contar la hidroeléctrica de gran escala (gráfico 6).

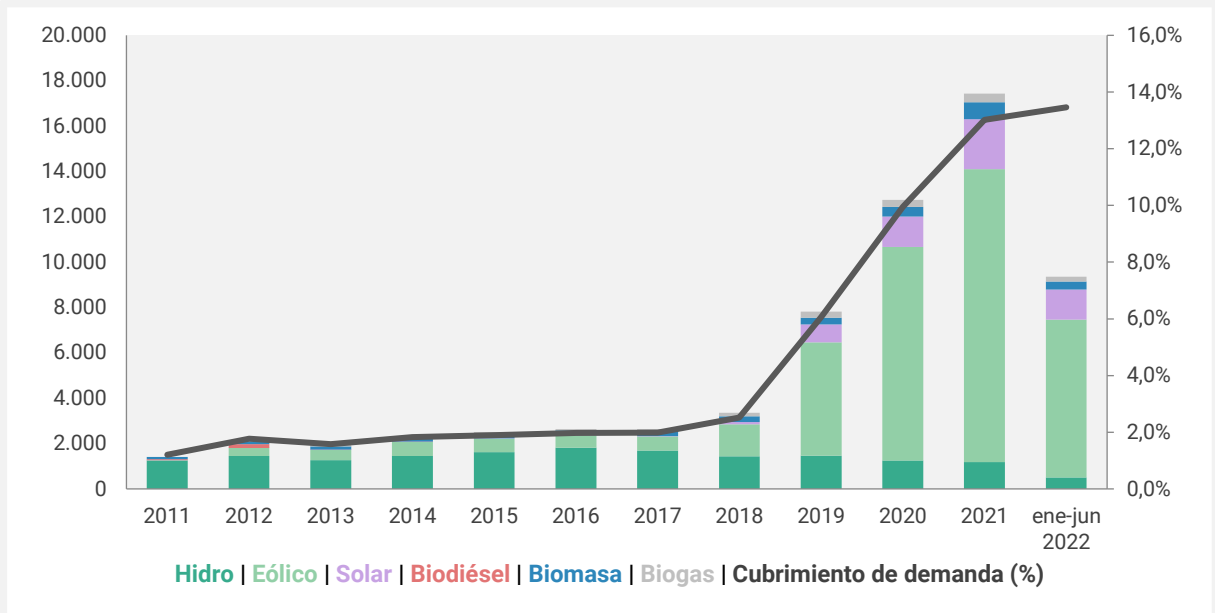
**GRÁFICO 5. POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA POR FUENTE (MW), 2011-2021**




Fuente: elaboración propia con base en datos de CAMMESA.

En cuanto a generación distribuida, los datos oficiales a octubre de 2022 señalan que la potencia instalada a nivel nacional es de 17,56 MW a partir de 1030 usuarios-generadores que ya están conectados a la red, de los cuales 607 pertenecen al sector residencial, 368 al sector comercial-industrial, 20 a entes-organismos oficiales y 35 a otros (Secretaría de Energía de la Nación, 2022c).

**GRÁFICO 6. EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES (EN GWH EJE IZQUIERDO) Y PARTICIPACIÓN EN LA DEMANDA TOTAL (EN PORCENTAJE, EJE DERECHO), 2011-2021**




Fuente: elaboración propia con base en datos de CAMMESA.

Sin embargo, el ritmo de incorporación de generación renovable se ha desacelerado como resultado de la discontinuación de las licitaciones de incorporación de potencia producto de la saturación del sistema de transporte, y de las dificultades para acceder a financiamiento a tasa conveniente para financiar las ampliaciones de capacidad.

Respecto al primer factor, la Secretaría de Energía de la Nación aprobó por Resolución 593/2022 el Plan Federal de Transporte Eléctrico Regional. Las obras incluidas en el Plan consisten en la ampliación del sistema de transporte eléctrico por distribución troncal, mediante líneas de alta tensión y estaciones transformadoras en 132 kV y 220 kV. En algunos casos, las ampliaciones permitirán reemplazar generación ineficiente que se realiza con combustibles líquidos y, en otros, permitirán incorporar nueva generación de origen renovable. Las obras se financian a través del Fondo Fiduciario para el Transporte Eléctrico Federal (FFTEF) -creado en 1999 bajo la órbita de la Secretaría de Energía con el objeto de ampliar el sistema de transporte nacional- cuyos aportes recibidos para su concreción serán no reembolsables. Precisamente, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) está impulsando una Línea de Crédito Condicional para Proyectos de Inversión (CCLIP) destinado al Fondo Fiduciario, por un monto total de USD 1.140 millones, de los cuales aprobó una primera operación de USD 200 millones en julio de 2022. Además, contará con un aporte adicional de 100 millones de euros de la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) y otros 100 millones de euros del Banco Europeo de Inversiones (BEI).

Con relación al acceso al financiamiento, la crisis económico-financiera de 2018-2019 provocó dificultades para el cierre financiero de los proyectos, debido a un aumento de la percepción del riesgo local, y el consecuente incremento de la tasa de interés para financiar el desarrollo de los proyectos. Consecuentemente, y dada la marcada dependencia del financiamiento internacional para acceder a créditos a largo plazo en moneda extranjera para lograr la ejecución de proyectos de esta naturaleza –que incluyen un alto componente de equipamiento importado– se produjeron demoras y cancelaciones en la ejecución de los contratos.

De acuerdo a datos de la Secretaría de Energía a julio de 2022, se encuentran en operación comercial 99 proyectos adjudicados en el marco del Programa RenovAr y 27 proyectos destinados al abastecimiento al Mercado a Término de Energía Renovable (MATER)[12] creado de forma simultánea a la implementación del RenovAr. Sin embargo, dadas las dificultades para lograr el cierre financiero producto de la crisis económico-financiera de 2018-2019, algunos proyectos con potencia adjudicada solicitaron la baja de sus respectivos contratos. Cuyo saldo de capacidad se convertiría en capacidad de transporte liberada. De no mediar más bajas, la capacidad instalada del RenovAr y el MATER sumarían una potencia total de 5.537 MW (ver cuadro 1).

[12] El MATER es el mercado dentro del cual se dan las operaciones de compra y venta de energía renovable entre privados. Fue creado y regulado por la Resolución 281-E/2017.

**CUADRO 1. PROYECTOS HABILITADOS Y NO HABILITADOS CON PLAZOS VIGENTES DEL PROGRAMA RENOVAR Y DEL MATER (CANTIDAD Y MW).**

| | Habilitado | | No habilitado | |
|---|---|---|---|---|
| | Cantidad | MW | Cantidad | MW |
| RenovAr | 99 | 3.296 | 48 | 695 |
| MATER c/prioridad de despacho | 27 | 742 | 20 | 804 |
| Totales | 126 | 4.038 | 68 | 1.499 |

Fuente: Secretaría de Energía de la Nación.

Más allá de la meta establecida por la Ley 27.191, la Secretaría de Energía ha trazado dos escenarios en el documento "Lineamientos para un plan de transición energética al 2030" (2021). En el primero, denominado REN 20, se alcanzaría un 20% de abastecimiento de la demanda con energías renovables no convencionales, en línea con las capacidades nacionales, consistente con la estabilidad macroeconómica (menor demanda de divisas) y a un ritmo de incorporación de nueva potencia en sintonía con el crecimiento de la demanda eléctrica. Las adiciones de capacidad de este tipo de fuentes serían de 5.025 MW a 2030, de los cuales 3.283 MW son eólicos y 950 MW son fotovoltaicos. Además, se adicionan 1.000 MW de generación distribuida de acuerdo a la meta establecida en la reglamentación de la Ley 27.424.

El segundo escenario, denominado REN 30, prevé una incorporación de potencia renovable que alcanzaría el 30% de participación en la generación eléctrica para 2030. Sin contar los 1.000 MW de generación distribuida, este escenario requeriría 8.200 MW de nueva potencia renovable (3.175 MW más que en REN 20), de los cuales 6.008 MW son eólicos y 1.400 MW son fotovoltaicos. Esto implicaría un ritmo más acelerado de incorporación de potencia renovable que el demandado por el mercado eléctrico, aumentando significativamente las inversiones requeridas y las divisas demandadas para importar equipos y componentes que no se fabrican en el país.[13] En ese sentido, el documento de la cartera energética muestra como resultado que el escenario REN 20 requeriría una inversión de al menos USD 9.924 millones en total (USD 3.796 millones en divisas) al año 2030, mientras que el escenario REN 30 requeriría, como mínimo USD 13.970 millones (USD 6.770 millones en divisas). Finalmente, en el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático (PNAyMCC) se establece como meta alcanzar el 20% de la generación renovable al año 2025, en cumplimiento con la ley, y llegar al 25% al año 2030.

[13] De acuerdo a la metodología del documento, en ambos escenarios se supone un moderado escalamiento de las capacidades de producción de los tecnólogos nacionales en energía eólica y solar, complementado con empresas importadoras o ensambladoras, según sea el caso. Este escalamiento de la producción vía tecnólogos nacionales incrementa los costos totales, pero reduce los requerimientos de divisas de la inversión. Para el caso de la energía eólica, la participación del tecnólogo en la potencia instalada total alcanza el 70% en el REN 20 y el 38% en el REN 30. En el caso de la energía solar fotovoltaica, es posible cubrir un 70% del incremento de potencia en el REN 20 y un 46% en el REN 30. En cuanto a la integración nacional de componentes se estimó un escenario conservador.

Por último, queda señalar la convocatoria a Manifestaciones de Interés (MdI) por parte de la Secretaría de Energía mediante Resolución 330/22 para desarrollar integralmente proyectos de infraestructura que contribuyan a incorporar generación renovable y/o instalaciones de almacenamiento de energía en puntos de la red con cuyo aporte disminuya y/o elimine restricciones de abastecimiento y/o reduzca el requerimiento de generación y/o importación forzada y/o difiera las necesidades de obras de infraestructura. En otras palabras, la convocatoria, finalizada en julio del 2022, busca explorar nuevos proyectos que podrían llevarse adelante con el fin prioritario de reemplazar la generación de pequeñas usinas térmicas que utilizan combustibles líquidos para apuntalar la red en ciertas regiones del país.

Recientemente, CAMMESA (2022) elaboró una síntesis de los resultados de la convocatoria: se recibieron 491 proyectos de infraestructura en múltiples zonas del país, con tecnologías diversas como solar fotovoltaico, solar fotovoltaico combinado con almacenamiento, pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, eólicos, biomásicos, biogás, biogás de relleno sanitario, híbrido de solar y eólico, híbrido de gas natural más hidrógeno, almacenamiento por baterías, térmicos eficientes u optimización de equipamiento de transporte. En total suman 14.418 MW, pero las MdI de módulo de potencia menores a 90 MW que se alinean con el objetivo de la convocatoria son 453 por un subtotal de más de 6.100 MW. A su vez, no todos estos proyectos reemplazarían generación forzada con combustibles fósiles, sino que solo lo harían 303 MdI equivalentes a 4.247 MW. Es decir que, en principio, solamente el 30% del total de la potencia presentada cumple con el requisito principal de la convocatoria e, igualmente, permitiría sumar un 80% más de potencia renovable a la instalada actualmente (5.139 MW en agosto de 2022).

Por otra parte, 38 de los proyectos presentados por un subtotal de 8.300 MW tienen una potencia mayor a 90 MW, principalmente proyectos eólicos y solares fotovoltaicos, que muestran el interés del sector en desarrollar proyectos de mayor escala para ser evaluados. En base a la información técnica y económica recibida, CAMMESA procederá a evaluar los distintos proyectos en relación a los objetivos de la convocatoria para su posterior análisis general y, junto con la Secretaría de Energía, determinarán acciones para que los proyectos puedan llevarse a cabo.

## Diagnóstico microeconómico de las tecnologías eólica y solar

### Tecnología eólica

**El funcionamiento de la cadena eólica**

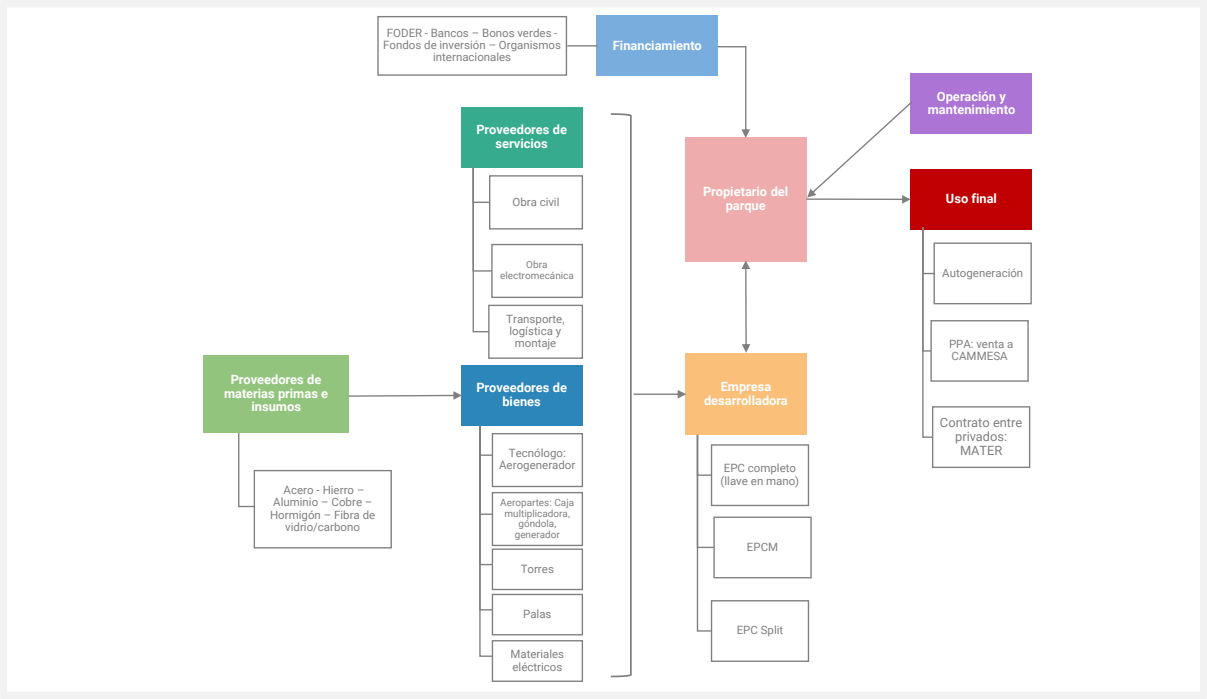
La cadena de la tecnología eólica se inicia con materias primas o insumos de uso difundido, tales como el acero y el hormigón para la fabricación de las torres, y la fibra de vidrio y resinas para las palas de los aerogeneradores. Inicialmente el material más utilizado para la elaboración de torres era el acero, actualmente también se utilizan torres de hormigón o híbridas. Si bien existen fabricantes locales de torres tubulares o acero, su insumo (la chapa ancha de 40 mm), dada la escala de producción necesaria, no se fabrica en Argentina sino que es provista por

empresas de Brasil, España o países asiáticos (Inchauspe y Barrera, 2015). Es decir, desde el inicio de la cadena hay insumos provistos por mercados concentrados que impactan en los costos de los proyectos y que son adquiridos por los proveedores de bienes (Barrera *et al.*, 2020).

Entre los proveedores de bienes, el principal actor es el tecnólogo, es decir, el fabricante de aerogeneradores. A partir de su ensamblado o elaboración de partes y del bien final establece, por medio del diseño y potencia de los aerogeneradores, cuáles van a ser los principales proveedores y las características de los componentes. Este segmento está liderado por grandes empresas internacionales, como se verá en la sección 2.3.3.

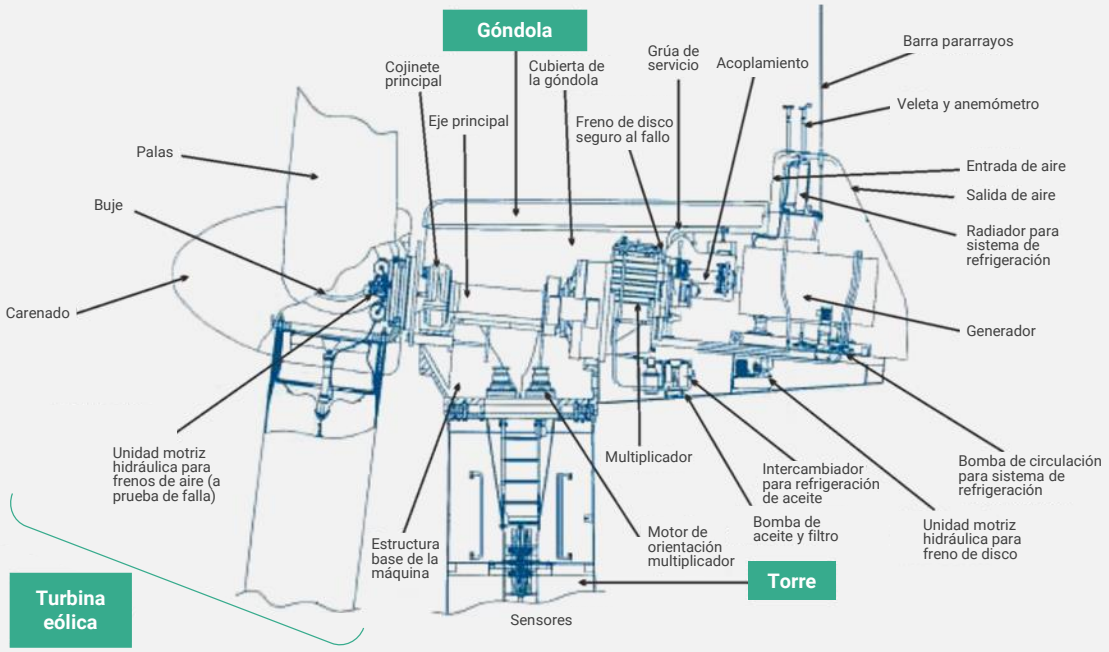
En este segmento de la cadena también existen proveedores de piezas y partes de aerogeneradores: torres, palas, cajas multiplicadoras, generadores o góndolas, entre otras. Por lo general, se trata de fabricantes especializados en la elaboración de estos bienes, pero algunas compañías productoras de aerogeneradores también fabrican piezas y partes, y otras que ensamblan las piezas tienen participación accionaria (una suerte de integración vertical) en las empresas proveedoras o tienen estrategias de alianzas con algunos de sus proveedores (ABDI, 2014). Dentro del segmento de proveedores de bienes, se debe sumar los vinculados a materiales de interconexión eléctrica, entre los que se encuentran transformadores, cables, aisladores, tableros, interruptores, fusibles, y que, en algunos casos, tienen un grado de especificidad menor.

**FIGURA 2. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA CADENA DE VALOR DE UN PARQUE EÓLICO**




Fuente: elaboración propia con base en Barrera *et al.* (2020).

**Recuadro 3. Componentes de un aerogenerador**




Fuente: Aggio *et al.* (2019).

El aerogenerador está constituido por gran cantidad de componentes y cada uno presenta características y desafíos tecnológicos específicos (Aggio *et al.*, 2019: 45-49).

**Torre**: es la estructura principal de soporte del generador eólico y permite elevar el rotor hasta la altura óptima en función de los vientos de mayor velocidad. Su altura puede variar entre 70 y 120 m y su peso es del orden de las 100 a 200 toneladas, lo que representa alrededor de las dos terceras partes del peso total del aerogenerador. Se fija al suelo mediante anillos de fundación y base de hormigón. Entre sus componentes, se pueden encontrar bridas de unión, soportes, sistemas de puertas, escotillas, escaleras, plataformas, montacargas o elevadores, iluminación, cables, revestimientos y pintura.

**Palas**: crean la fuerza de elevación y torque rotacional para generar energía. El principal material usado para su fabricación es la fibra de vidrio –cerca del 75% de su peso–, con agregados en epoxi o resina poliéster. Se utilizan tres palas por cada equipo, cada una pesa entre 6 a 10 toneladas y mide entre 30 y 60 m; en su conjunto las palas representan aproximadamente el 7% del peso total del aerogenerador.

**Buje (hub)**: conecta las palas al eje principal. Contiene las bridas de fijación para las palas. Entre sus componentes se encuentran la punta del fuselaje, el sistema de frenos, los rodamientos y el sistema de lubricación. Es uno de los componentes más grandes y pesa entre 7 y 20 toneladas. Se trata de una pieza de fundición de hierro con mecanizado posterior y recubrimiento.

**Góndola (nacelle)**: La góndola es la estructura que sirve de soporte e interfaz de conexión entre el rotor y la torre. En ella se alojan los equipos necesarios para el control del generador y la alineación del rotor en la dirección del viento. Normalmente está hecha de una cubierta de materiales livianos –como la fibra de vidrio– sobre una estructura de acero.

*Continúa.*

*Continuación.*

**Tren de transmisión**: consta de todos los componentes rotativos: rotor, eje principal, acoplamientos, caja de cambios, frenos y generador. El eje principal es de acero forjado, mecanizado y pesa entre 15 y 25 toneladas. La tecnología de transmisión directa –o acople directo– permite eliminar la caja reductora o de cambios e incluye los elementos necesarios en el sistema de control y el convertidor de frecuencia. La tecnología de transmisión directa posee características que pueden ser de suma importancia para que los aerogeneradores evolucionen hacia potencias de 10 MW o incluso más – efectivamente se estima que los mayores fabricantes del mundo cuenten con turbinas de potencia cada vez mayor.

**Caja reductora o multiplicadora**: permite acoplar la velocidad de las palas con la del generador. Es uno de los componentes más pesados y más caros del aerogenerador, cuya sofisticación lo ubica entre los componentes más críticos en términos de capacidades de fabricación y reparación. Debe destacarse que este sistema no es utilizado en la tecnología de acople directo.

**Sistema de control y sistema eléctrico**: asegura la operación confiable de la turbina eólica al controlar la velocidad de la unidad generadora y la potencia entregada al sistema eléctrico. La unidad de control utiliza sensores para recibir información de las condiciones externas (velocidad del viento, dirección) y todos los parámetros operativos del aerogenerador (potencia, velocidad del rotor, posición de las palas, etc.). Dentro de los suministros de control eléctrico se mencionan los convertidores de potencia, los inversores y el transformador, entre otros.

**Sistema pitch y sistema de frenado**: permite controlar cada pala de forma independiente. Esto provee de control de potencia y freno aerodinámico al aerogenerador, lo cual impide la sobrecarga del generador y del sistema conversor. Posibilita, entonces, reaccionar antes que la velocidad del rotor alcance niveles comprometidos, sobre todo ante posibles ráfagas de viento.

**Sistema de yaw:** se encarga de posicionar la góndola y las palas en la dirección óptima para el máximo aprovechamiento del viento. Los datos del viento son tomados por una veleta instalada sobre el carenado y proveen la base para los movimientos que se realizan mediante motores eléctricos ubicados sobre los dientes del rodamiento del yaw, que vincula la torre y la base de la góndola. Se trata de una combinación de sistemas eléctricos, hidráulicos y mecánicos.

**Convertidor** de frecuencia: se utiliza cuando se acopla de manera directa, sin utilizar caja reductora o multiplicadora. Es un dispositivo de electrónica de potencia con elementos semiconductores. Del lado del generador convierte una tensión trifásica alterna, de amplitud y frecuencia variable, en una tensión continua constante. Hacia el lado de la red, se encarga de convertir esta tensión continua en una tensión alterna trifásica, de amplitud y frecuencia constante, exactamente igual a la de la red eléctrica donde se conecta la unidad.

**Generador**: convierte la energía mecánica en energía eléctrica. Puede ser de tipo sincrónico o asincrónico; el más utilizado es el de inducción de doble alimentación. Entre sus componentes se incluyen la carcasa metálica, bobinados (estator y rotor), laminados e imanes, conmutador y escobillas, rodamientos, sistema de lubricación automática, codificador, anillos colectores, acoplamientos, sensor de temperatura, entre otros. También hay elementos complementarios tales como el sistema de refrigeración, radiador, mangueras, filtros, ventilador de refrigeración, bomba, tanques. En los casos de acople directo el generador utiliza imanes permanentes, componentes muy sofisticados cuya fabricación, además de conllevar elevadas capacidades tecnológicas, implica el uso de óxidos de tierras raras, como el óxido de neodimio (el 95% de la producción de neodimio está localizada en China, pero existen reservas en distintas partes del mundo).

Por otra parte, se encuentran los proveedores de servicios: obra civil, obra electromecánica y transporte, logística y montaje. Las empresas de obra civil realizan la infraestructura básica: desde la preparación del terreno, la construcción de caminos de acceso y la nivelación del terreno hasta el armado de la base o cimentación con hormigón armado, donde posteriormente se "encastra" la torre del aerogenerador. El servicio de obra electromecánica tiene como finalidad la instalación de los cables de comunicación y de media tensión para interconectar los aerogeneradores con la subestación; la conexión de los diversos equipos eléctricos (centros de transformación, inversores, grandes disyuntores, conectores, celdas compactas de media tensión); la instalación del edificio de mando y de las líneas de transmisión desde el edificio hasta la estación de acopio, entre las más relevantes. Por último, las empresas encargadas del transporte, logística y montaje movilizan materiales de gran porte y hacen el montaje final del aerogenerador. Adicionalmente, se deben considerar servicios de ingeniería y afines para identificar terrenos, realizar estudios de prospección y evaluación técnica de su ubicación a través de medición de vientos, entre otros.

Los bienes y servicios son adquiridos por la empresa desarrolladora de proyectos (cabe destacar que algunos tecnólogos cumplen este rol también), que puede ser al mismo tiempo propietaria del parque o ser contratada por el dueño del mismo. En este último caso, existen distintas modalidades contractuales. El primero es el EPC completo (Engineering, Procurement, Construction), bajo el cual el dueño del parque contrata a una empresa desarrolladora o "epecista" que entrega "llave en mano" y se hace cargo del riesgo (demoras en la ejecución, problemas climáticos, fallas en la construcción, inconvenientes en la parte electromecánica, etc.). Si bien es una modalidad costosa, la ventaja radica en que las garantías del contratista sirven como antecedentes para acceder a créditos externos que financien la obra, además de que ante cualquier inconveniente hay una empresa que responde con su garantía. La segunda es el EPCM (Engineering, Procurement, Construction Management) en el cual se divide la obra en tres o cuatro grandes rubros: se realiza un contrato con un tecnólogo por los equipos, se hace una licitación por la obra civil, otra licitación para la obra electromecánica de la interconexión eléctrica de los equipos y de la estación transformadora. Si bien es más económico que el modelo anterior, la desventaja es que en este caso el riesgo lo asume el dueño del proyecto y, por tal razón, es más difícil acceder a créditos internacionales. La tercera modalidad es el EPC Split, una forma intermedia entre los dos mencionados previamente. Se hace un contrato por los equipos con un tecnólogo y luego un contrato con un especialista que se encarga de la obra civil y la eléctrica. Este tipo de contratos es pasible de acceder a un crédito, pero regularmente el contratista debe tener antecedentes exitosos para mostrarse solvente frente a las fuentes de financiamiento internacional (Barrera *et al.*, 2020).

Precisamente, el eslabón de financiamiento (entre los que se encuentran fondos de inversión, bancos públicos y privados, organismos internacionales, bonos verdes, entre otros) de los proyectos puede ser determinante en la configuración de la cadena de proveedores, sobre todo en los esquemas de subastas. Esto es así ya que para conseguir financiamiento externo o para que las aseguradoras cubran eventuales riesgos, estas entidades exigen que el tecnólogo tenga una trayectoria demostrable para el respaldo y garantías del producto. A su vez, el tecnólogo le exige al propietario del parque realizar con sus empresas la operación y mantenimiento para

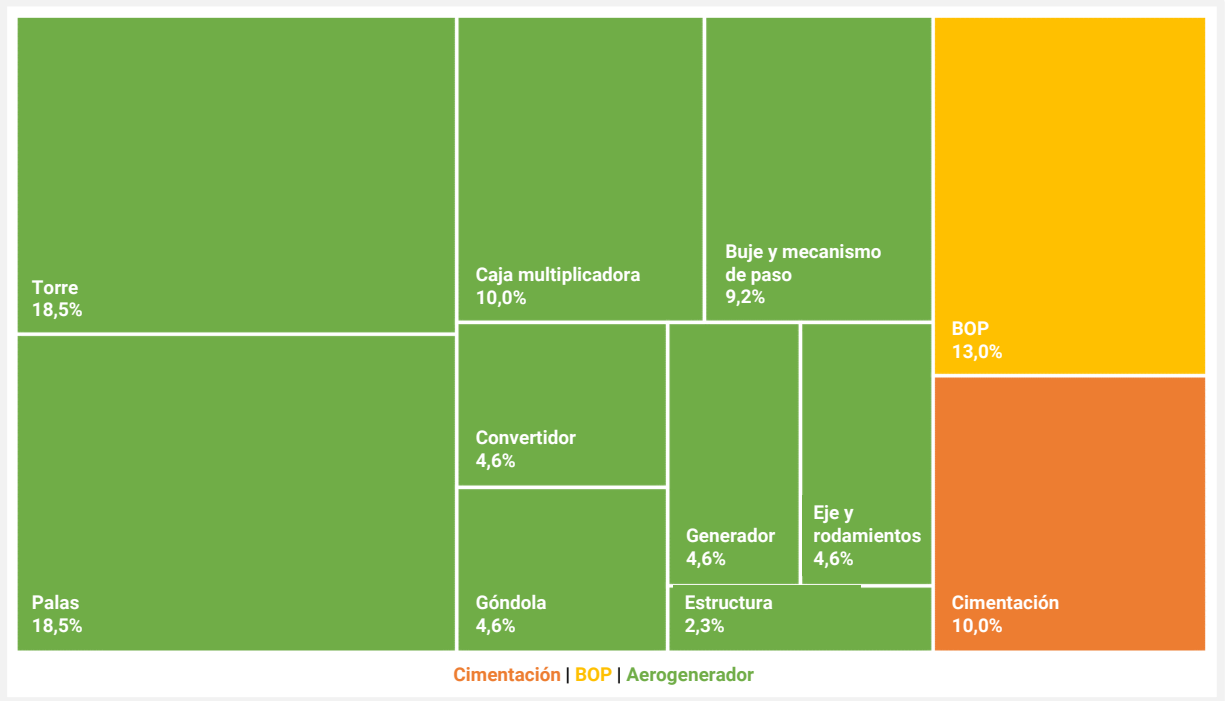
que la garantía de los equipos se mantenga. Por lo general, estos contratos se realizan por un período de entre 5 y 10 años. De esta manera, y gracias al *expertise*, el acceso a los repuestos y al esquema realizado con bancos y aseguradoras, en la mayoría de los casos las compañías tecnólogas son las que brindan estos servicios de posventa (Barrera *et al.*, 2020). Por lo tanto, para lograr que los proyectos cuenten con mayor contenido nacional resulta clave implementar esquemas de incentivos que compensen las ventajas de costos de los equipos importados (se desarrollará más adelante).

Finalmente, el propietario del parque como productor de energía puede abastecer sus propias necesidades o vender la electricidad generada al sistema interconectado o a otro actor por medio de un contrato privado, que en el caso de Argentina se hace a través de un Power Purchase Agreement (PPA) con CAMMESA o en el MATER (los marcos normativos serán detallados en la sección 1.4).

**Costos**

Según el último reporte de IRENA (2022), el costo total medio ponderado global instalado de la energía eólica terrestre cayó un 35% desde el año 2010 cuando era de USD 2,04 millones por MW (MUSD/MW) a 1,32 MUSD/MW en 2021. Ese año el costo mínimo registrado fue de 0,92 MUSD/MW y el máximo de 1,89 MUSD/MW.

**GRÁFICO 7. CONTRIBUCIÓN TÍPICA AL COSTO DE UN PARQUE EÓLICO EN TIERRA DE +3MW**




Fuente: elaboración propia en base a García de Fonseca *et al.* (2019).

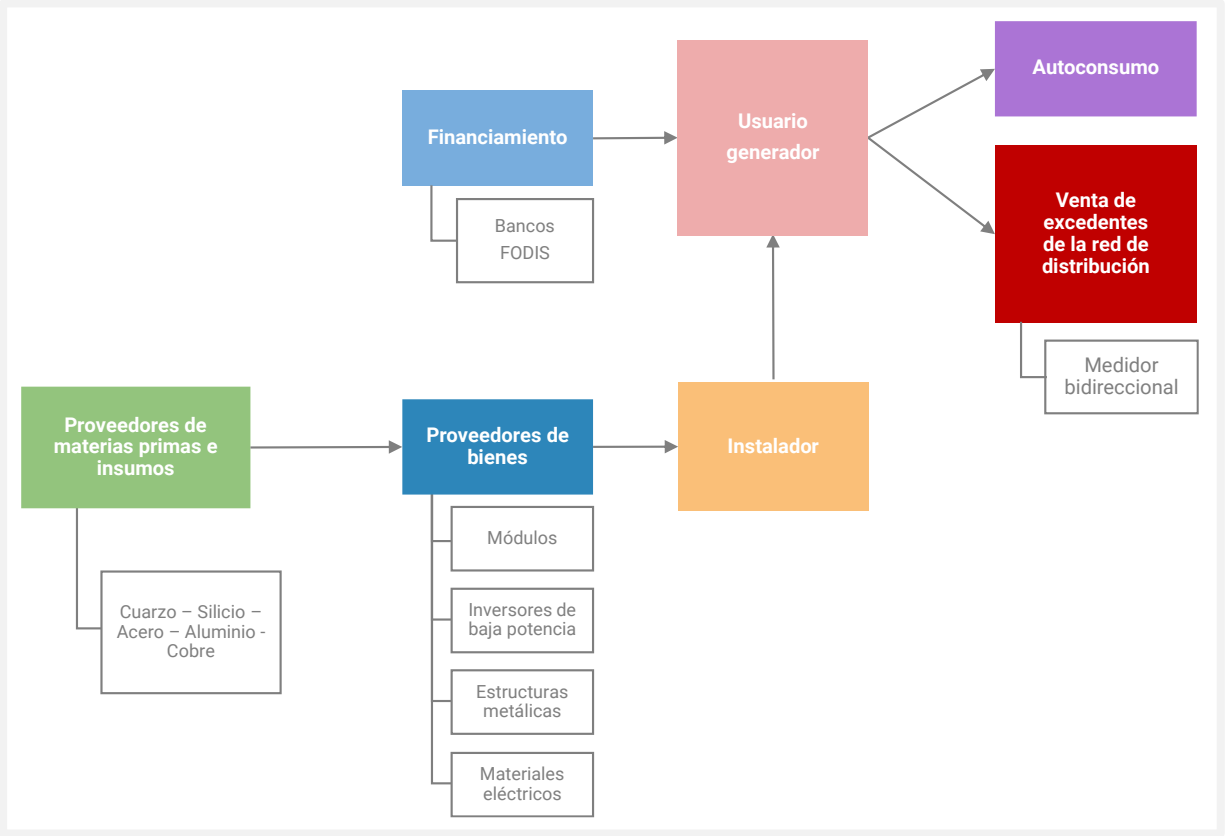
Cabe destacar que los precios de los aerogeneradores aumentaron en 2021 en el escenario de pospandemia: estuvieron en el rango de USD 0,78 a 0,96 MUSD/MW, excepto en China donde, contrariamente a la experiencia en otros lugares, los precios promedio cayeron a alrededor de 0,42 MUSD/MW. Esto se debió a la existencia de capacidad adicional de los fabricantes y a que el fin de algunos esquemas de apoyo permitieron a los desarrolladores de proyectos negociar precios más bajos (IRENA, 2022).

De acuerdo a estimaciones globales, el 77% de la estructura de costos de un parque eólico corresponde al aerogenerador, mientras que el 10% al balance de planta (BOP, por sus siglas en inglés, que incluye la infraestructura eléctrica) y 13% a la cimentación (montaje, obra civil, entre otros costos). En lo que hace particularmente al aerogenerador, las torres y las palas representan casi la mitad de su costo, seguido de la caja multiplicadora, el buje y mecanismo de paso y otros componentes (García de Fonseca *et al.*, 2019).

## Tecnología solar fotovoltaica

### El funcionamiento de la cadena solar fotovoltaica

**FIGURA 3. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA CADENA DE VALOR DE UN PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO**




Fuente: elaboración propia en base a Barrera *et al.* (2020).

De manera similar a la tecnología eólica, la cadena de valor de un parque solar consta de un primer eslabón de proveedores de materias primas, que son utilizados por los proveedores de bienes y éstos junto a los proveedores de servicios conforman el segundo eslabón. El tercer eslabón es la empresa desarrolladora que se sirve de los bienes y servicios necesarios para construir y poner en funcionamiento el parque solar. La empresa desarrolladora también puede ser dueña del parque o, en su defecto, ser contratada bajo las modalidades de EPC descriptas para el caso del parque eólico. También deben tenerse en cuenta las mismas características para las fuentes de financiamiento y para la operación y mantenimiento del parque. Finalmente, la cadena se cierra con la generación de energía y su uso final (autogeneración, venta a CAMMESA o venta en el MATER), tal como se presenta en la figura 3.

La materia prima más importante para la fabricación de paneles solares es el silicio, que se obtiene del cuarzo, pero también debe tenerse en cuenta el acero, el aluminio y el cobre para la instalación de las estructuras y cableado del parque. Cabe destacar que el 70% del silicio se produce en China y que lo siguen de lejos Rusia, Brasil, Noruega y Estados Unidos (Statista, 2022). El módulo o panel solar fotovoltaico es el bien central de la cadena de bienes (recuadro 4), pero también son necesarios *trackers*, estructuras metálicas e inversores.

**Recuadro 4. Elaboración de un panel solar fotovoltaico**

De acuerdo a datos suministrados por la empresa EPSE, el proceso de elaboración de un panel o módulo solar se divide en varias etapas y aquí se presentarán de un modo simplificado. El primer eslabón es la minería de cuarzo, en el cual se encuentra naturalmente el dióxido de silicio. El cuarzo se funde a muy altas temperaturas para la obtención del silicio grado metalúrgico y, posteriormente se realiza un proceso de purificación química para alcanzar el silicio grado solar con una pureza de 99,9999%. Del silicio fundido se extrae una semilla para iniciar el proceso de cristalización: se va solidificando de forma cristalina hasta formar un lingote. Se pueden producir dos tipos de estructuras: la monocristalina y la policristalina, cuya diferencia radica en el grado de pureza del silicio durante el crecimiento/recristalización. El proceso de producción de silicio monocristalino es más caro que el polisilicio, pero permite fabricar paneles más eficientes y con mejor rendimiento que los policristalinos. Los lingotes se recortan y se perfilan recuadrándolos. Luego, se cortan para crear obleas utilizando técnicas de alta precisión. Las obleas son chapas que aún no pueden generar energía ante la acción del sol.

Con las obleas se fabrican celdas solares mediante un proceso de varias fases que incluye grabado químico, recubrimiento y aplicación de contactos eléctricos. Las celdas son capaces de generar energía expuestas al sol. Finalmente, la elaboración de paneles o módulos solares requiere la conexión eléctrica en serie de celdas, la laminación de las series entre material de polímero duradero llamado EVA (etileno vinil acetato) y vidrio, la protección de las celdas colocando un marco de aluminio y sellados especiales. El panel queda terminado con un conjunto de caja y cables de conexión en la parte posterior, que permite extraer la energía generada en corriente continua.

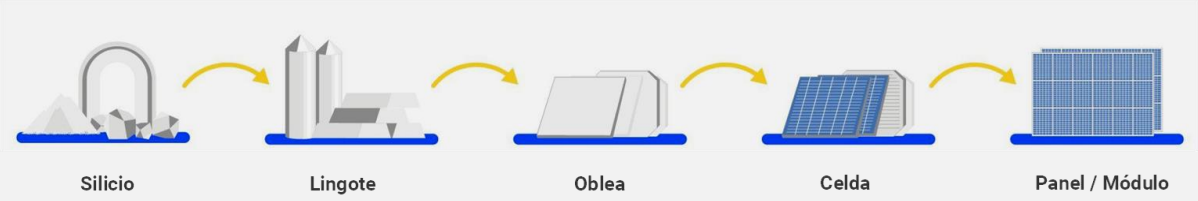
Los módulos son montados en estructuras metálicas y están unidos por cables eléctricos en diferentes superficies. Estas estructuras de acero son perforadas y perfiladas para lograr las formas adecuadas a la normativa internacional requerida, para luego ser hincados en la tierra. Dependiendo del tipo de superficie es la longitud del hincado (entre 150 y 200 centímetros) como el espesor del perfil utilizado (entre 3 y 4 centímetros).

*Continúa.*

*Continuación.*

En líneas generales, y tomando en consideración estas variables, es posible estimar que por cada MW instalado se necesitan entre 48 y 58 toneladas de acero para elaborar las estructuras metálicas. Sobre estas estructuras metálicas se colocan el rodamiento y los caños cuadrados sobre los que se montan los paneles. Las instalaciones pueden tener un ángulo de pendiente fijo o un sistema de *trackers* (seguidores o rastreadores solares) que siguen el ángulo del sol, aumentando el factor de carga y la producción de electricidad. La desventaja de los *trackers* es su costo adicional de instalación, operación y mantenimiento, aunque puede ser compensado con la ganancia del rendimiento del sistema. Habitualmente, el cálculo es positivo para la utilización de *trackers* en los parques solares de mayor envergadura; en tanto, para los de menor escala, suele ser conveniente la instalación de estructuras fijas (Barrera *et al.*, 2020).

**FIGURA 4. ETAPAS PRINCIPALES DE LA FABRICACIÓN DE UN PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO**



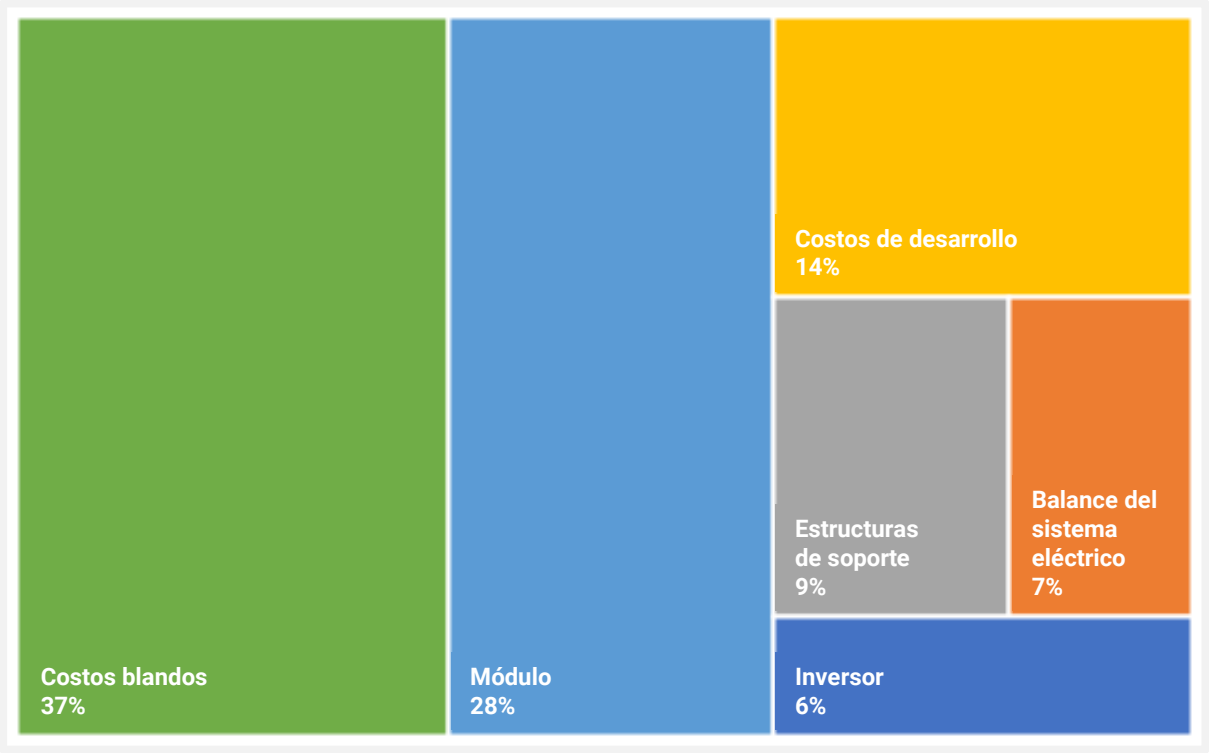

Fuente: Agencia Internacional de Energía. Nota: a su vez, los *trackers* pueden ser monofila, en donde a partir de un solo motor se controla el movimiento de una fila de paneles de entre 44 y 50 metros de largo; y también existen los *trackers* multifila, en donde un solo motor, de mayores dimensiones, potencia y complejidad eléctrica, puede controlar el movimiento de los paneles insertos en hasta 16 filas de esa misma longitud.

Los módulos ya montados en sus estructuras e interconectados entre sí, regularmente necesitan convertir la corriente continua (CC) producida en corriente alterna (CA), a los fines de poder despachar la electricidad con menores pérdidas. Esta conversión es realizada a través de inversores, que limitan el voltaje a no más de lo necesario por la red en la que se conecta (incluso muchas veces los mismos inversores son los encargados de controlar las cargas en la red). Asimismo, la caja de conexión está "conectada" al inversor de frecuencia y a la placa de protección de la red. Cuando se conecta hacia el lado de la CC, protege la instalación y los módulos de las descargas eléctricas, y cuando los dispositivos de seguridad están presentes del lado de la CA protegen el sistema contra los rayos. Finalmente, una parte sustantiva de la obra electromecánica se completa a partir de la compra de los demás materiales de interconexión eléctrica del sistema eléctrico, dentro de los cuales se encuentran transformadores, tableros eléctricos, cables, alimentación de *trackers*, estructuras para líneas eléctricas, elementos para la interconexión al Sistema Argentino de Interconexión (SADI), estación meteorológica, sistemas de control, operación y comunicación, etc. (Barrera *et al.*, 2020).

En una primera etapa del proyecto suele recurrirse a servicios de ingeniería básica y de detalle para proyectar el diseño y elegir la locación, aunque una vez más se destacan la obra civil, la obra electromecánica y el transporte, logística y montaje. La construcción empieza por el acondicionamiento del terreno y las canalizaciones por donde van a pasar las conexiones electromecánicas, el transporte, montaje y coordinación de toda la logística de movimiento de bienes, insumos y servicios, para finalizar con la obra de interconexión del sistema fotovoltaico con la red eléctrica.

## Costos

### GRÁFICO 8. CONTRIBUCIÓN TÍPICA DEL COSTO AL SISTEMA FOTOVOLTAICO




Fuente: elaboración propia en base a García de Fonseca *et al.* (2019).

El costo total medio ponderado global instalado de la energía solar fotovoltaica cayó un 82% desde el año 2010 cuando era de USD 4,8 M/MW a USD 0,85 M/MW en 2021. Ese año el costo mínimo registrado fue de USD 0,57 M/MW y el máximo de USD 1,98 M/MW. Las reducciones en los costos totales instalados de la energía solar fotovoltaica están relacionadas fundamentalmente con el abaratamiento de los módulos mediante la optimización de los procesos de fabricación, la reducción de los costos de mano de obra y la mejora de la eficiencia de los módulos. Sin embargo, tras varios años de tendencia a la baja de los precios de los módulos cristalinos, el precio medio anual entre 2020 y 2021 aumentó entre un 4% y un 7%. La tendencia se revirtió debido a las interrupciones en la cadena de suministro durante 2021 que llevaron a mayores costos de materiales o a una menor disponibilidad, lo que hizo subir los precios. Durante diciembre de 2021 los costos variaron entre USD 0,20/W para los módulos más económicos hasta USD 0,44/W para módulos de alta eficiencia. Este rango de costos es hasta 5% más alto que durante diciembre de 2020 (IRENA, 2022).

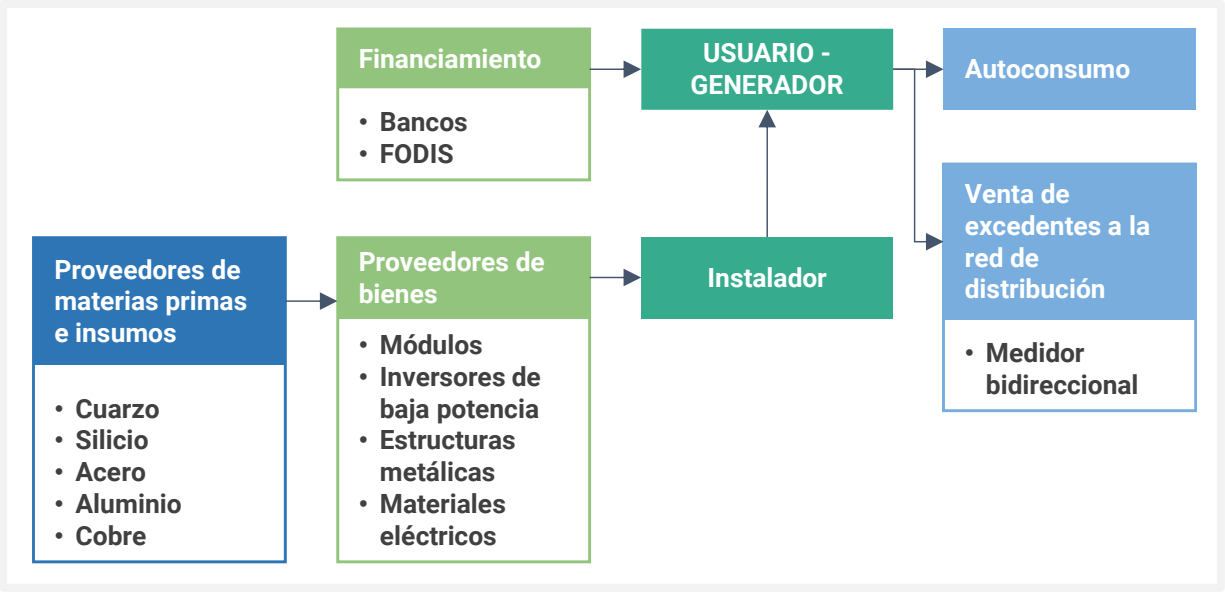
De acuerdo a estimaciones internacionales (García de Fonseca *et al.*, 2019), más de un tercio de la inversión en un parque solar se lo llevan los costos blandos, que comprenden la mano de obra para su instalación. Esa participación supera la mitad del total cuando se adicionan los costos de desarrollo, los cuales incluyen permisos e interconexión, cadena de suministro, logística, costos generales y margen, diseño e ingeniería, obra civil, impuestos. Por lo tanto, la

suma de los bienes necesarios para el parque queda por debajo de la mitad de la inversión total: módulo, estructura de soporte, inversor y materiales eléctricos (gráfico 8).

**Generación distribuida solar**

En términos generales, se denomina generación distribuida al uso de fuentes renovables (como el sol, el viento, el agua en cauces de río, la biomasa, y otros) para generar energía eléctrica destinada al autoconsumo y, eventualmente, inyectar excedentes en la red de distribución. Los equipos de generación distribuida, como paneles solares, pequeños aerogeneradores u otras tecnologías, pueden instalarse en industrias, pymes y hogares. En este caso nos referiremos a la generación distribuida solar, es decir, a sistemas solares fotovoltaicos de baja escala conectados a la red (*on-grid* en inglés).

**FIGURA 5. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA CADENA DE VALOR DE GENERACIÓN SOLAR DISTRIBUIDA**




Fuente: elaboración propia Barrera *et al.*, 2020.

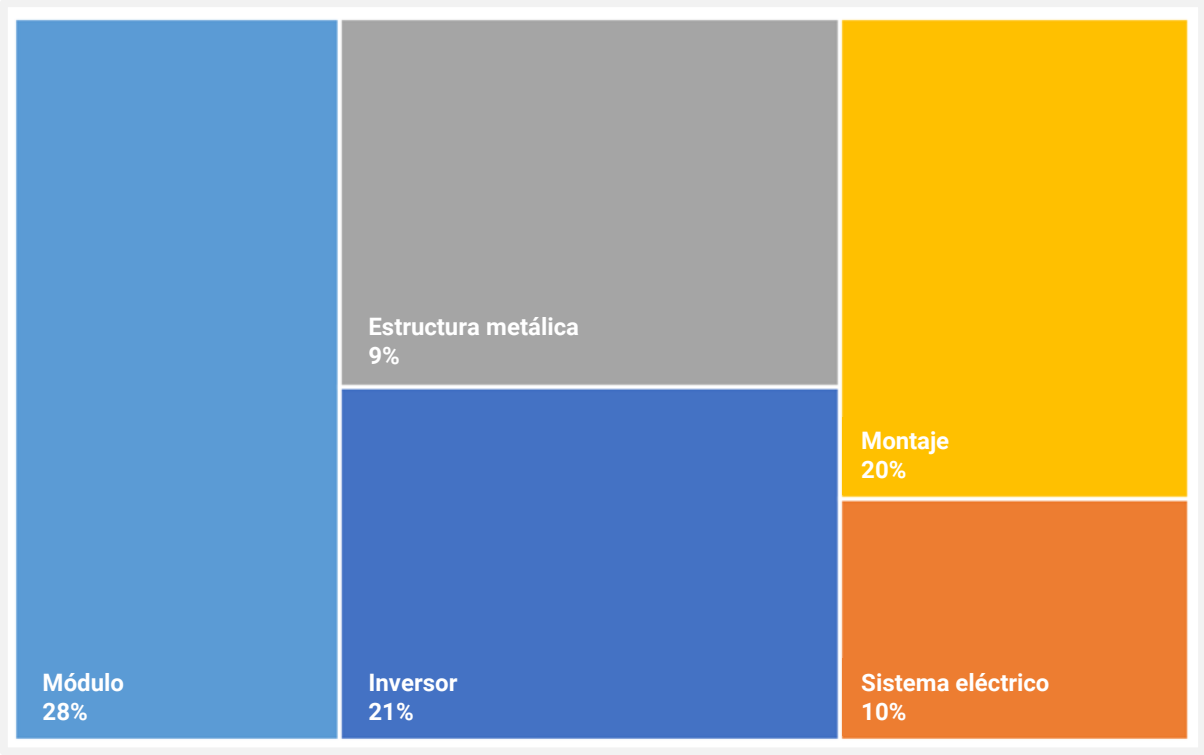
Para las instalaciones solares fotovoltaicas de baja potencia se requiere un entramado político-institucional específico, dadas las particulares características de los emprendimientos, para crear la figura del usuario-generador.[14] En el ámbito residencial, este tipo de instalaciones pueden ser individuales, como por ejemplo una casa que instala en su propiedad los paneles para la generación eléctrica; o a partir de un conjunto de hogares que generan energía de forma comunitaria (un edificio o un complejo de viviendas). En el ámbito productivo, los sistemas

[14] De acuerdo a la Ley 27.424 (Ley Nacional de Generación Distribuida) se crea la figura del Usuario-Generador, que es el usuario de la red de distribución eléctrica que obtiene la habilitación para generar energía eléctrica renovable para autoconsumo y/o inyección la red del excedente. Los usuarios pueden instalar hasta el equivalente de su potencia contratada y como máximo, 2 MW.

solares distribuidos pueden instalarse en empresas como en parques industriales, o puede servir a cooperativas eléctricas para apuntalar la red de distribución en zonas suburbanas.

Regularmente, se utilizan los mismos paneles que en los grandes parques, de acuerdo a la potencia que se quiera instalar. El sistema de módulos se monta sobre estructuras metálicas generalmente fijas, ya que por una cuestión de escala no se utilizan *trackers* (Barrera *et al.*, 2020). Una vez montados, los módulos se conectan entre sí y luego con el inversor de baja potencia, que para conexiones residenciales suele oscilar entre 2.000 y 4.000 Wp (aunque va incrementando su potencia en relación a la dimensión del sistema a instalarse, especialmente para instalaciones en comercios o industrias sean complejos de viviendas, cooperativas o parques industriales, entre otros). A su vez, el inversor se conecta con el sistema eléctrico a través de distintos tipos de interruptores que funcionan como protecciones del circuito (fugas a tierra, descargas eléctricas atmosféricas, cortocircuitos y sobrecargas de tensión, entre otros posibles), el cual finalmente llega a un punto de conexión con el interruptor general del sistema. Por último, se instala un medidor bidireccional que registra tanto la energía eléctrica tomada de la red por parte del usuario-generador como la inyección de los excedentes que realiza cuando la generación solar no sirve al autoconsumo (figura 5).

**GRÁFICO 9. ESTIMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE COSTOS SIN IMPUESTOS PARA UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE BAJA POTENCIA (3,2KW) CONECTADA A LA RED (*ON-GRID*)**




Fuente: Barrera *et al.* (2020).

De acuerdo a un estudio previo (Barrera *et al.*, 2020), el costo de instalación de generación distribuida a nivel residencial sin impuestos asciende a USD 1,2 por watt. Al no contar con trackers y obra civil, los costos de la instalación se concentran en el módulo, la estructura metálica y el inversor: en conjunto representan el 70% del total de la inversión (gráfico 9).

## Empresas y proveedores en Argentina

De acuerdo a los resultados obtenidos en estudios anteriores (Barrera *et al.*, 2020), en la industria nacional existen capacidades de sustitución de importaciones tanto en forma inmediata como en forma potencial, lo que permitiría no solo un ahorro sustancial de divisas, sino también el desarrollo de capacidades tecnológicas nacionales de cara a la transición energética global en curso. Sin ir más lejos, el Registro de Proveedores de Energías Renovables (ReProER) del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) tiene registradas 271 empresas proveedoras de bienes que están insertas en distintos eslabones de las cadenas de valor de las tecnologías eólica, solar y bioenergías.

**Recuadro 5. Características de las empresas proveedoras de bienes para las energías renovables**

De acuerdo al Registro de proveedores y bienes de origen nacional para el sector de las energías renovables (REPROER) del INTI, en 2022 hubo 271 empresas proveedoras de bienes para las energías renovables.

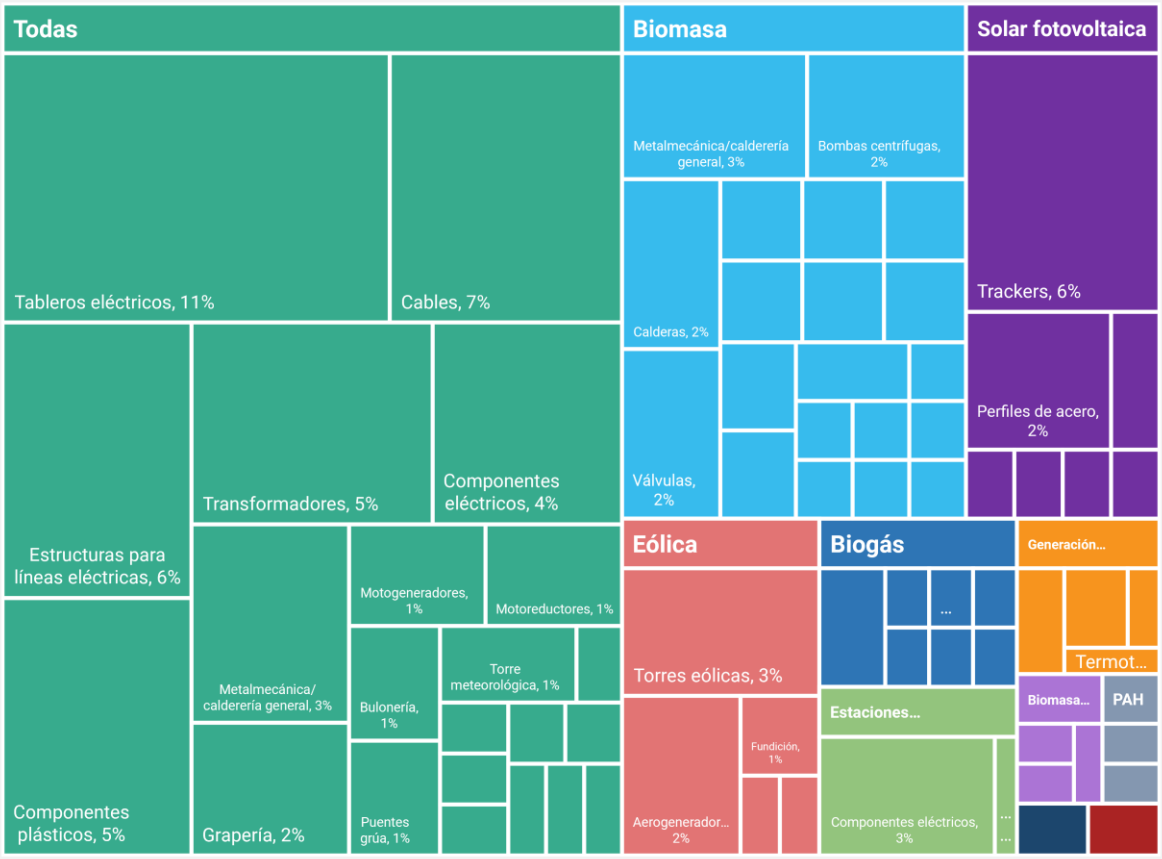
El 54% de esas empresas tiene capacidades para ser proveedoras de todas las tecnologías (eólica, solar fotovoltaica, biomasa, biogás, etc.), principalmente a partir de la producción y montaje de tableros eléctricos (11,2% del total de empresas del REPROER), cables (6,7%), estructuras para líneas eléctricas (5,6%), componentes plásticos (5,2%), transformadores (5,2%) y componentes eléctricos (4,1%). Un 10% adicional son proveedores exclusivos de solar fotovoltaica, destacándose quienes fabrican *trackers* (5,6%) y perfiles de acero (2,2%). Un 7% son proveedoras únicamente de eólica, destacando torres eólicas (3%) y aerogeneradores (2,2%). Los proveedores de energías renovables de origen biológico también son relevantes, con un 21% del total, destacándose particularmente los proveedores de biomasa. El 77% de las empresas inscriptas en el REPROER (en bienes) tiene como actividad principal declarada ante AFIP la industria manufacturera, destacándose fabricación de equipos eléctricos (29%), productos elaborados del metal (17%), maquinarias (11%) y caucho y plástico (4%). Por fuera de la industria, destacan empresas con actividad principal declarada en la construcción (9%) y en comercio mayorista (6%).

246 de las 271 empresas mencionadas tienen empleo registrado privado, con un total de 38.181 puestos de trabajo en mayo de 2022. Vale tener en cuenta que este número no implica que todos los trabajadores de esas firmas son atribuibles a las energías renovables, dado que muchas de estas empresas tienen clientes en otros rubros. En tal sentido, sería conveniente que en futuras ediciones del REPROER se incorporara alguna pregunta relativa a cuán relevante son, para una empresa determinada, las ventas al segmento de energías renovables. De esta manera podría estimarse con mayor precisión el número anteriormente mencionado, que debería considerarse como de máxima. Las firmas proveedoras únicamente de energía eólica en general son de mayor tamaño (IMPSA, A-Evangelista, Calviño, Astillero Río Santiago, etc.) y es por ello que si bien explican el 7% de la cantidad de empresas, cuando se contabiliza el empleo representan el 32%.

*Continúa.*

*Continuación.*

**PROVEEDORES DE ENERGÍAS RENOVABLES, SEGÚN TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA Y CATEGORÍA DE PRODUCTO, 2022**




Fuente: elaboración propia con base en el REPROER del INTI.

El 10% del empleo en las 246 empresas mencionadas es femenino y en ninguna de las tecnologías de generación energética supera el 20%. El empleo en dichas firmas se concentra en la zona Centro: la provincia de Buenos Aires explica el 42%, Santa Fe el 17%, Córdoba el 9% y Mendoza el 7%. El peso de Santa Fe y Córdoba se acrecienta en lo que son proveedores de biomasa/biogás, mientras que Buenos Aires gana peso en eólica y solar fotovoltaica.

Los perfiles profesionales más demandados en estas firmas son: ingeniería industrial (13%), ingeniería mecánica (11%), contabilidad (8%), administración de empresas (8%), ingeniería electrónica (8%), seguridad industrial (6%), ingeniería química (4%), ingeniería civil (4%), ingeniería electromecánica (4%) e ingeniería eléctrica (4%). Estas carreras dan cuenta de alrededor del 70% del total en las ramas proveedoras.

En cuanto a las instituciones de las cuales provienen los profesionales, destacan la Universidad Tecnológica Nacional (27%), la Universidad Nacional de Rosario (18%), la Universidad de Buenos Aires (8%) y la Universidad Nacional de La Plata (5%). En tanto, los salarios en las empresas del REPROER son considerablemente más elevados que en el promedio de la economía. En mayo de 2022 fueron de $251.601, un 73% por encima de la media de las empresas privadas.

El rubro con mayor potencial local en la provisión de bienes es el de obra electromecánica para abastecer a los parques de generación renovable, pero que requieren el diseño de una estrategia específica para lograr una mayor inserción que la que tuvieron hasta ahora. Se incluyen aquí ítems como transformadores, tableros eléctricos, interruptores, conductores o aisladores, entre otros.

En cuanto a la tecnología eólica, en el marco la implementación del Programa RenovAr, se radicaron en el país los tecnólogos internacionales Vestas (Dinamarca) y Nordex-Acciona (Dinamarca, Alemania, España) con el fin de ensamblar piezas y partes importadas para proveer aerogeneradores, incluyendo de forma progresiva equipamiento provisto localmente (de acuerdo a un cronograma prefijado de integración) hasta alcanzar un 50% de contenido nacional para que los equipos sean considerados de origen local. El posterior freno a los procesos licitatorios en el marco RenovAR por las razones señaladas y las dificultades para radicar ciertos proveedores de componentes críticos producto de la crisis económica de 2018-2019 provocaron la paralización del programa de integración y la ulterior suspensión de la producción.

La problemática de los ciclos de inicio-suspensión de producción asociados a la falta de continuidad de programas de licitatorios es un desafío habitual que se enfrenta en esta industria dado que el mercado generalmente viene impulsado por el ritmo de las subastas o programas de incorporación de capacidad, especialmente cuando la existencia de mecanismos de fomento a la integración local (como el existente a nivel local) o las exigencias de contenidos nacionales mínimos demandan la radicación de producción. Esta dificultad no es sólo propia de mercados con bajo nivel de desarrollo o pequeños, sino que incluso en grandes mercados como Brasil, la suspensión temporaria de las licitaciones en 2016 llevó a la paralización de la producción de componentes para la industria eólica y solar.

Entre las empresas nacionales con capacidad de fabricar aerogeneradores se destaca IMPSA que tiene capacidad de producción con tecnología propia y un alto contenido nacional, aunque la potencia de sus equipos se encuentra por debajo del estándar internacional actual y no presenta capacidad suficiente para abastecer grandes proyectos. La principal dificultad que afronta la producción local de aerogeneradores se debe principalmente al acceso al financiamiento y la escala de producción, pero también a la velocidad del cambio tecnológico en un mercado global que tiende a desarrollar aerogeneradores de mayor potencia y mejor rendimiento. Asimismo, las dificultades de los proveedores locales para garantizar servicios post venta a largo plazo y entrar en compromisos ligados al rendimiento de los equipos supone una traba adicional para lograr el financiamiento de los equipos.

En igual sentido, la empresa rionegrina INVAP intentó diseñar un modelo de palas, pero desistió de desarrollarlo en la medida que el rápido progreso de los modelos de aerogeneradores no hacía recomendable la inversión. En cambio, las torres tienen una capacidad de provisión ampliamente superior a la demanda interna tanto en las de acero como las de hormigón (Barrera *et al.*, 2020).

Respecto a la tecnología solar fotovoltaica, los proveedores locales se insertan en los últimos eslabones del proceso de confección del módulo, como el montaje de componentes, la laminación y el ensamble final, que son los de menor contenido tecnológico y valor agregado sobre el bien final. Por lo tanto, no manejan la tecnología fotovoltaica a nivel de la celda como

para aspirar a la integración vertical del proceso productivo, lo cual los lleva a no poder competir por precio con las grandes empresas multinacionales (especialmente las de origen chino). La capacidad actual de producción de los ensambladores locales de módulos fotovoltaicos se ubica en 45 MW al año y está brindada por tres empresas: LV-Energy (San Luis), Ledlar Sapem (La Rioja) y Solartec (Buenos Aires y La Rioja). Un caso aparte es la sanjuanina EPSE, que se comenta en el recuadro 7.

En lo que respecta a las estructuras de montaje, existe una gran capacidad local de producción de estructuras metálicas por firmas locales y algunas proveen *trackers*. En cambio, no hay oferta local de inversores de alta potencia, que no se debe a limitaciones tecnológicas, sino a obstáculos de financiamiento y demanda discontinua del mercado local. Según una estimación realizada a partir de la experiencia del programa RenovAr, se podría aspirar a una integración del 49% para un parque solar, considerando la obra civil y la provisión de *trackers* de origen nacional[15] e incluyendo obra civil y sistemas eléctricos, ya que por cuestiones de escala los módulos e inversores de potencia seguirán siendo necesariamente importados (Barrera *et al.*, 2020). Cabe señalar que en el marco del Programa RenovAr no era posible computar la obra civil como parte del componente nacional.

**Recuadro 6. IMPSA**

Fundada en 1907 por la familia Pescarmona, la empresa mendocina IMPSA se dedicó inicialmente a la fabricación de compuertas para los canales de irrigación y a componentes para la industria vitivinícola. Con la experiencia acumulada durante décadas, se volcó a la construcción de grúas portuarias y centrales hidroeléctricas bajo modalidad "llave en mano", para lo cual construyó un Centro de Investigaciones Tecnológicas propio que le permitió convertirse en una empresa líder en el rubro.

En los años 2000 la empresa creó la unidad de negocios Wind para apostar a la energía eólica con aerogeneradores de alta tecnología y hacia finales de esa década firmó contratos con la Provincia de la Rioja, bajo modalidad EPC, para proveer 12 aerogeneradores con diseño propio del tipo IWP-83 de 2,1 MW clase II, para el proyecto Arauco I. En este proyecto, IMPSA también tiene a su cargo la operación y mantenimiento del parque. Más tarde obtuvo la adjudicación de Arauco Etapa III, correspondiente a 12 equipos adicionales.

Ante las dificultades financieras que IMPSA había acumulado por negocios fallidos en el exterior, en mayo de 2021 el Estado nacional y la provincia de Mendoza tomaron la decisión conjunta de capitalizar a la empresa con un aporte total de USD 20 millones. De esa manera, el 63,7% de las acciones de la empresa pertenecen al Fondo Nacional de Desarrollo Productivo (FONDEP), fondo fiduciario público controlado por la Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo de la Nación, mientras que el 21,2% de las acciones pertenecen a la Provincia de Mendoza. El porcentaje restante de su capital social (15,1%) es de propiedad privada: el 9,8% está en manos de un fondo de capital controlado por los acreedores de la compañía y el 5,3% pertenece a un fideicomiso de capital controlado por los accionistas originales y fundadores de IMPSA. .

*Continúa.*

[15] Se considera nacional la obra civil (26%), estructuras con trackers (14%) y sistema eléctrico (9%).

*Continuación.*

La decisión gubernamental estuvo vinculada con la recuperación estratégica de las capacidades de la empresa en materia de diseño y fabricación de equipamientos hidroeléctricos, eólicos, nucleares y para la industria petrolera. Respecto de las capacidades de la empresa en materia hidroeléctrica, cabe señalar por un lado, la oportunidad que ofrece la necesidad de refuncionalización de las turbinas del parque hidroeléctrico argentino (por ej., en Yacyretá) tanto para el fortalecimiento de IMPSA como para el aumento de la productividad de la energía y por el otro, como proveedor para nuevos aprovechamientos hidroeléctricos (por ej., Chihuido I), incluyendo PAH. Asimismo, ofrece servicios de ingeniería para toda la industria energética y desarrolla una línea propia de inteligencia artificial orientada a la optimización de equipos de alta complejidad y al mejoramiento de los procesos productivos de la empresa.

Los primeros aerogeneradores producidos y comercializados fueron de 1,5 MW con tecnología alemana, pero desde 2005 comenzaron a realizar diseños propios que se consolidaron en el modelo Unipower que, en su cuarta generación, alcanzó una potencia de 2,1 MW. La experiencia en la industria hidroeléctrica les llevó a desarrollar un generador asincrónico con la turbina acoplada directamente al generador, es decir, sin caja multiplicadora. Esto les permite prescindir también del "hub" (de fundición de hierro) para insertar las palas, ya que se fijan directo al rotor del generador. El beneficio de este tipo de diseño es que requiere menor mantenimiento ya que hay menos rozamiento de piezas.

Actualmente, el portafolio eólico de IMPSA cuenta con cuatro turbinas y se encuentra buscando financiamiento junto al INTI para el aerogenerador ARG-150 que contará con una potencia de 4,6 MW (ver cuadro 2). De acuerdo a informantes del sector, en caso de contar con demanda sostenida para realizar las curvas de aprendizaje, la empresa podría alcanzar una producción de entre 300 y 400 MW anuales con aerogeneradores de 1,5 MW o 2 MW, respectivamente, para proyectos provinciales. Sin embargo, en la actualidad no está fabricando, sino ofreciendo servicios de EPC para proyectos eólicos de terceros. IMPSA también cuenta con capacidades para realizar reparaciones mayores de equipos eólicos, con potencial incluso de exportar servicios de reparaciones a otros países de la región.

**CUADRO 2. TURBINAS EÓLICAS DESARROLLADAS POR IMPSA**

| | IWP-70 | IWP-83 | IWP-85 | IWP-100.ar | ARG-150 |
|---|---|---|---|---|---|
| Potencia (MW) | 1,5 | 2,1 | 2 | 2 | 4,6 |
| Diámetro del rotor (mts) | 70 | 83 | 85 | 100 | 150 |
| Altura de torre (mts) | 72,5 | 72,5 / 85 | 60 | 85 | 100 |

Nota: el modelo ARG-150 se encuentra en etapa de desarrollo. Fuente: elaboración propia en base a datos de la empresa.

Por último, queda mencionar la división ICSA dentro de la empresa, la cual le permite desarrollar proyectos solares propios o para terceros. Brinda servicios de ingeniería, suministro, instalación y puesta en marcha de sistemas de automatización, supervisión, control, protección y medición para el mercado eléctrico, incluyendo llave en mano (full EPC) de Parques Solares Fotovoltaicos, Estaciones Transformadoras y Plantas de Proceso. En forma reciente se ha asociado a EPSE para desarrollar conjuntamente proyectos vinculados a la fábrica de paneles que será descripta más adelante.

Asimismo, la generación distribuida presenta similitudes a la tecnología solar fotovoltaica antes descrita, con la excepción de los inversores. La empresa Qmax (con sede en CABA) tiene capacidad para abastecer el mercado local con 2.000 inversores de 2 a 4 kW. Al poder manejar localmente la electrónica de los inversores, escalar la línea de producción resulta posible con un financiamiento razonable. Es decir, la capacidad productiva es escalable porque los diseños ya están desarrollados localmente, y solo se necesitaría ampliar la línea de producción. En principio, el segmento de inversores de baja potencia desarrollado por Qmax está orientado a la generación distribuida fotovoltaica *off-grid* para usuarios rurales, aunque actualmente está desarrollando inversores *on-grid* con apoyo oficial. Es importante resaltar que existe una iniciativa conjunta del INTI y de la Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo para confeccionar y promover un kit nacional de solar distribuida que integre el mayor porcentaje posible de componente nacional, con la idea de proveer tanto al sector residencial como industrial y edificios públicos.

**Recuadro 7. Proyecto Solar San Juan**

Energía Provincial Sociedad del Estado (EPSE) es una empresa de generación eléctrica, nacida en el año 2004 y controlada por el gobierno de San Juan. Administra centrales hidroeléctricas como Caracoles y Punta Negra y parques solares como San Juan I, el primero de Sudamérica, inaugurado en el año 2011. Además cuenta en su cartera con proyectos eólicos y geotérmicos, todos en el territorio provincial. También ha atraído la radicación de proyectos solares del sector privado en la provincia mediante la cesión de terrenos, estudios de impacto ambiental y la facilitación de servicios asociados a cambio de un *fee*, es decir, un canon que las empresas pagan de acuerdo a la energía eléctrica vendida. Actualmente, EPSE se encuentra desarrollando el Proyecto Solar San Juan, cuyo objetivo es la fabricación de paneles solares fotovoltaicos en la provincia, que incluya todas las etapas productivas, desde la obtención del silicio hasta la elaboración de los módulos para ser utilizados, en principio, en proyectos propios.

Para procesar silicio grado solar trabaja junto a la empresa privada EMA, que hasta ahora elabora silicio grado metálico a partir de cuarzo extraído en la provincia, pero que todavía no cuenta con una tarifa adecuada para un usuario electrointensivo. Respecto al vidrio de calidad solar espera poder desarrollar un proveedor nacional en la medida que el proyecto adquiera escala, mientras que los perfiles de aluminio, la EVA y los trackers también serán provistos por empresas nacionales. Recientemente se ha asociado a ICSA, la subsidiaria de IMPSA, para hacerse de inversores fabricados en el país a partir de tecnología española. El sitio donde se construye la fábrica integrada de lingotes de silicio solar, obleas, celdas cristalinas y paneles solares fotovoltaicos se encuentra emplazado en el Departamento de Pocito, Provincia de San Juan. La superficie total es de aproximadamente de 41.000 m², mientras que la superficie cubierta es de 13.100 m² y la zona propiamente de producción es de aproximadamente 12.000 m².

La fábrica contará con una capacidad de producción anual de paneles solares fotovoltaicos equivalente a 71 MW (más de 217 mil paneles por año con una potencia de 304Wp (vatios pico) cada uno), con un 90% de contenido nacional. El proyecto original es destinar los paneles fabricados al Parque Solar Tocota, dentro de la misma provincia, para alcanzar los 350 MW a través de distintas etapas a lo largo de cinco años. Asimismo, la empresa prevé un fuerte impulso de la demanda de electricidad de origen solar a nivel provincial en consonancia con el desarrollo de nuevos proyectos mineros a gran escala, fundamentalmente de cobre que requieren mucha energía eléctrica. No obstante, encuentran como limitante el transporte eléctrico de alta tensión, ya que es necesaria una línea de 500 Kv entre Rodeo y La Rioja para robustecer la conexión con el sistema nacional. En septiembre de 2022 autoridades de la empresa informaron un avance del 98% de la obra civil de la planta y esperan concluir antes de fin de año. La puesta en marcha de la fabricación está prevista para el segundo semestre de 2023.

Finalmente, queda hacer una consideración. En enero de 2022 se presentó en la provincia de San Juan el Cluster Renovable Nacional, una iniciativa público-privada que cuenta con la adhesión de 16 provincias y que tiene como propósito que la fabricación de los equipos vinculados a la generación de electricidad renovable tenga una fuerte integración nacional. Durante la segunda reunión del Cluster llevada a cabo el 27 de mayo de ese año en el Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, las provincias presentaron sus proyectos.

La empresa riojana Parque Eólico Arauco ya cuenta con 150 MW, de los cuales 50 MW habían sido tecnología nacional IMPSA Wind Clase (IWP-100 y IWP-83) y prevé la ampliación de su parque con 200 MW adicionales, cuya última etapa podría involucrar tecnología nacional. A su vez, se transformaría en un parque híbrido con la construcción de 200 MW de potencia solar, en la cual podría estar involucrada EPSE.

La provincia de Catamarca remarcó la disponibilidad de 230 MW para invertir en proyectos renovables con la capacidad de transporte actual, que podrían sumarse a la potencia solar instalada actualmente de 67 MW. A su vez, se encuentran midiendo vientos y realizando estudios de geotermia junto a empresas mineras interesadas, ya que en zonas de alta y media entalpía –en pocas palabras, buenas condiciones de presión y temperatura– se podría generar electricidad para abastecer a proyectos de la provincia.

Por su parte, la Empresa Mendocina de Energía S.A. (EMESA) expuso los avances del Parque Solar El Quemado con una potencia instalada total de 400 MW a desarrollarse durante cuatro etapas. La etapa I quedó fuera del Programa RenovAr, pero sigue en carpeta; mientras que la etapa II podría hacerse en asociación con IMPSA.

A su turno, la Agencia de Inversiones de Neuquén presentó el Parque Eólico Picún Leufú de 100 MW, cuyo costo asciende a USD 140 millones en tres etapas, contará con la asistencia financiera del Fondo de Garantía de Sustentabilidad (FGS) y los aerogeneradores podrían ser provistos por IMPSA. También presentaron el proyecto geotérmico Domuyo, que tiene financiamiento del BID para estudios sociales, ambientales y de diagramación de perforación. A través de dos pozos, el proyecto generará 5 MW con un costo de USD 30 millones.

Por su parte, la provincia de Río Negro presentó el proyecto eólico Cerro Policía que llevan adelante la empresa Eólica Rionegrina S.A. (ERSA) e INVAP, las cuales a su vez están interesadas en asociarse con IMPSA. La primera etapa del proyecto consta de 300 MW y una segunda que sumará 600 MW, que podrían combinarse con la generación hidroeléctrica de la provincia, dado que los mejores vientos coinciden con época de sequía durante el año. Además, tienen en carpeta sumar proyectos solares en pequeña escala distribuida y proyectos mini hidroeléctricos.

Por último, la empresa sanjuanina EPSE mostró los avances del Proyecto Solar San Juan y autoridades de Santa Fe resaltaron la expansión de la generación distribuida a nivel provincial, con 800 usuarios-generadores –aunque no están adheridos a la ley nacional, sino que tienen un marco normativo propio–, la promoción de calefones solares y la implementación de un esquema de prosumidores de biogás, teniendo en cuenta la importancia de la producción agropecuaria santafesina.

## Empleo

Según el reporte de IRENA y la Organización Internacional del Trabajo (2021), el empleo mundial en energía renovable alcanzó los 12 millones de puestos en 2020, medio millón más que en 2019. La industria solar fotovoltaica emplea a un tercio de la fuerza laboral total de energía renovable (3,97 millones de trabajadores), mientras que la energía eólica sustenta 1,25 millones de puestos de trabajo. Las mujeres representan un tercio de la fuerza laboral mundial de energías renovables, pero su participación varía ampliamente entre países e industrias.

La meta de evitar que el calentamiento global supere en 1,5°C los niveles preindustriales supone, de acuerdo a IRENA, que el sector de las energías renovables genere 38 millones de puestos de trabajo para 2030 y 43 millones para 2050, el doble de la cifra según las políticas y compromisos actuales.

Para el caso argentino, un estudio de la Subsecretaría de Energías Renovables (2018) estimó la creación de 5.094 nuevos puestos de trabajo directos en el sector de las energías renovables en el año 2018. Asimismo, el estudio proyectó la demanda laboral de los proyectos del Programa RenovAr que habían sido adjudicados en aquel entonces con la creación de 14.954 empleos, concentrándose 13.118 puestos de trabajo en la etapa de construcción y otros 1.835 en el estadio de operación y mantenimiento (O&M). A eso se adicionaba la demanda de empleo por parte del MATER, ya que se estimaba la incorporación al mercado laboral de aproximadamente 2.273 puestos de trabajo en la etapa de construcción y 220 en la fase de O&M.

El estudio concluía que la generación de empleo privado a partir de las energías renovables tiene un carácter federal: los nuevos puestos de trabajo no se concentran en Buenos Aires y la zona central, sino que se distribuyen, predominantemente, en el NOA (27% del total nacional en construcción y 23% en O&M), seguidos de Cuyo (18% del total nacional en construcción y 12% en O&M), Patagonia (17% del total nacional en construcción y 13% en O&M) y Buenos Aires (16% del total nacional en construcción y 17% en O&M). Comahue (6% en construcción y 5% en O&M) y el Litoral (2% en construcción y 7% en O&M) evidencian una menor participación mientras que la situación del NEA (6% en construcción y 12% en O&M) y Centro (7% en construcción y 11% en O&M) se equilibra con las demás regiones en la fase de O&M.

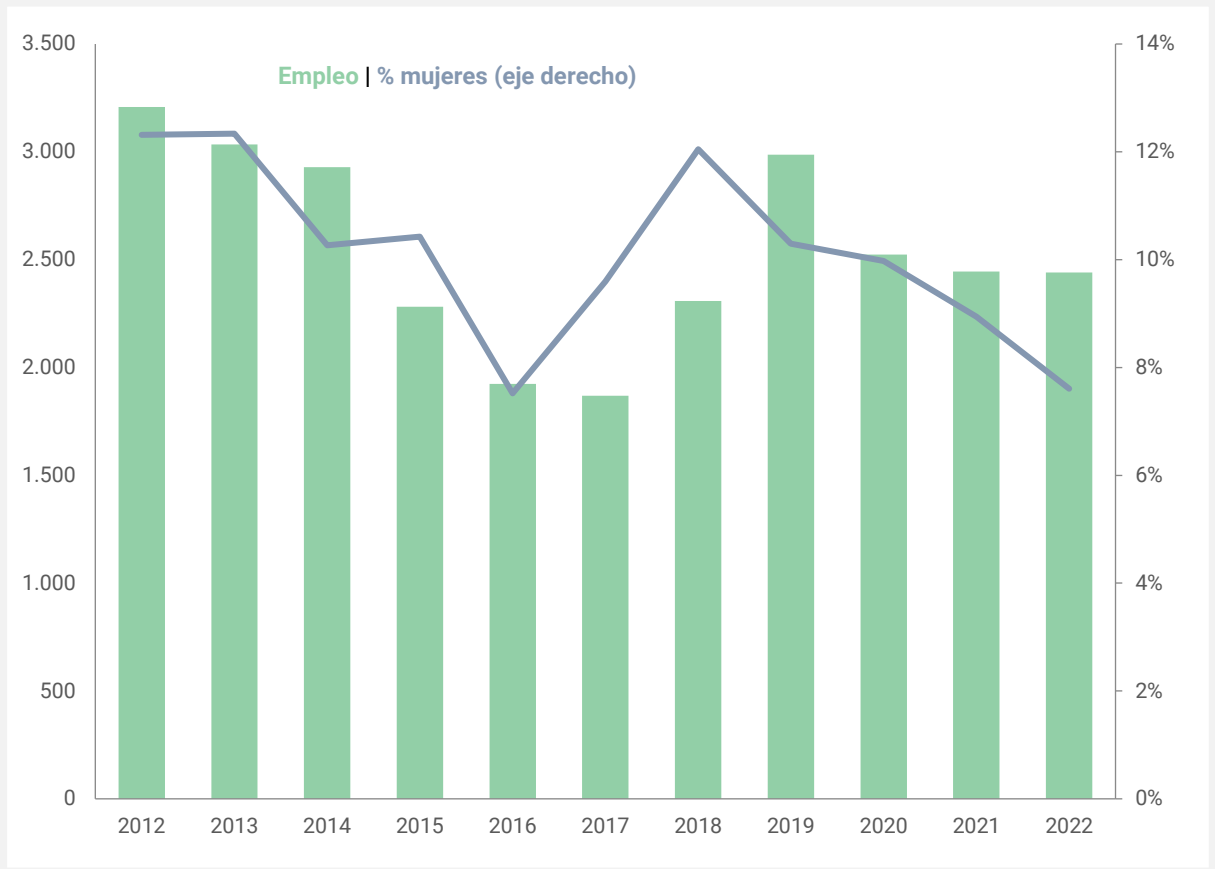
Un análisis enfocado exclusivamente en el empleo eólico y solar fotovoltaico[16] entre 2012 y 2022 arroja una mayor cantidad al comienzo de la serie, con un pico promedio en el primer año de 3.209 puestos. La posterior caída se explica en buena parte por la crisis que sufrió IMPSA, mayor empleador del sector, y que luego fue compensada con una mayor creación de trabajo en el auge de los programas RenovAr y MATER hasta el año 2019. Vale tener en cuenta que

[16] Partiendo de la complejidad que supone medir el empleo en un sector cuyas empresas tienen otras actividades principales, se tomaron 31 empresas testigo vinculadas a los principales componentes de ambas tecnologías. Entre ellas: Industrias Metalúrgicas Pescarmona SAICF, Vestas Argentina S.A., Gri Calviño Towers Argentina S.A., Corven S.A.C.I.F., Tonka SA.

muchas de las empresas proveedoras del sector eólico y solar pertenecen al complejo metalmecánico y también son proveedoras de otros sectores productivos, principalmente industriales. Dado que entre 2015 y 2019 la industria manufacturera registró una severa contracción (con la única excepción de 2017), el nivel de actividad en muchas de estas empresas proveedoras se redujo producto de la caída de la demanda; en muchos casos, el auge de la demanda del sector renovable permitió compensar (a veces solo parcialmente) tal declino de las ventas. Por otro lado, los datos muestran que el porcentaje de participación femenina en la industria fue muy reducido, con promedios que estuvieron entre el 8 al 12% (gráfico 10).

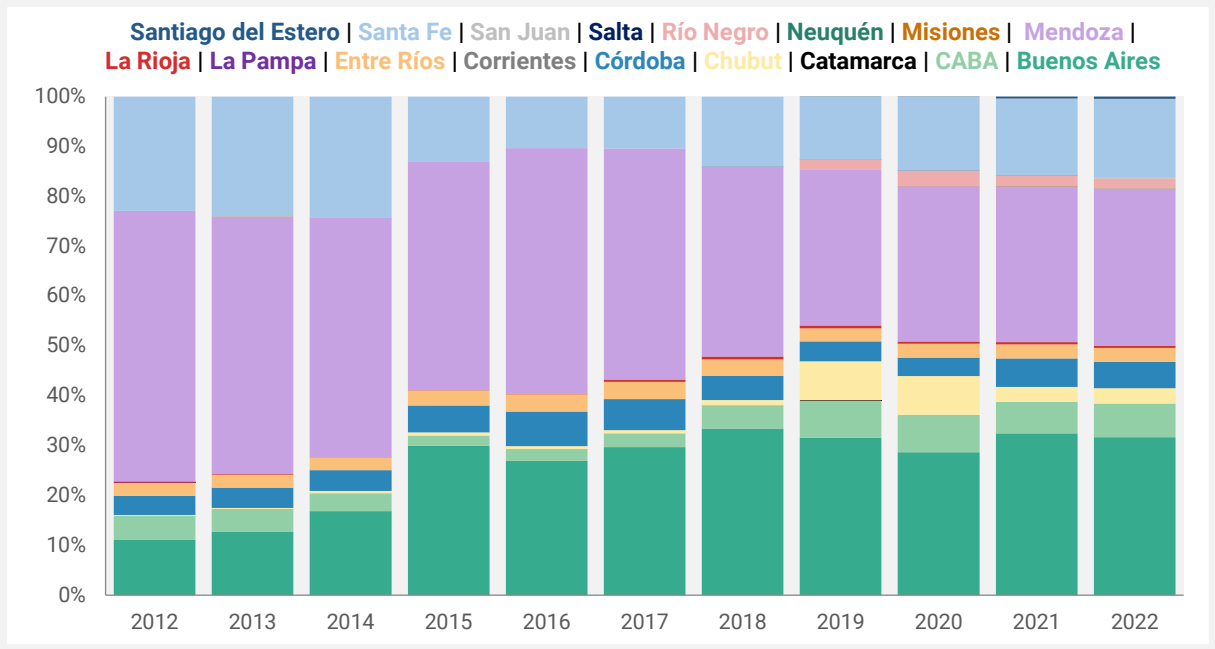
Examinado geográficamente, el empleo eólico y solar se concentraba al comienzo de la serie en la provincia de Mendoza, que llegó a representar hasta el 54% del total gracias a la tracción de IMPSA. Luego de su crisis, ese impulso se fue perdiendo a manos de la provincia de Buenos Aires que ya en 2018 representaba un tercio de la demanda laboral. Otro caso destacable es el de la provincia de Santa Fe, que supo tener hasta el 24% de los puestos de trabajo en 2014 y en la actualidad alcanza casi el 16%. Lejos del podio, en 2022 se ubican la Ciudad de Buenos Aires (6,7%) y la provincia de Córdoba (5,2%) en el cuarto y quinto lugar, respectivamente (gráfico 11).

**GRÁFICO 10. EMPLEO ANUAL PROMEDIO DE LAS EMPRESAS VINCULADAS AL SECTOR EÓLICO Y SOLAR FOTOVOLTAICO EN ARGENTINA (EJE IZQUIERDO) Y COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN DE MUJERES (EJE DERECHO)**




Fuente: elaboración propia sobre la base de INDEC y AFIP.

**GRÁFICO 11. EMPLEO ANUAL PROMEDIO DE LAS EMPRESAS VINCULADAS AL SECTOR EÓLICO Y SOLAR FOTOVOLTAICO POR PROVINCIA (%)**




Fuente: elaboración propia sobre la base de INDEC y AFIP.

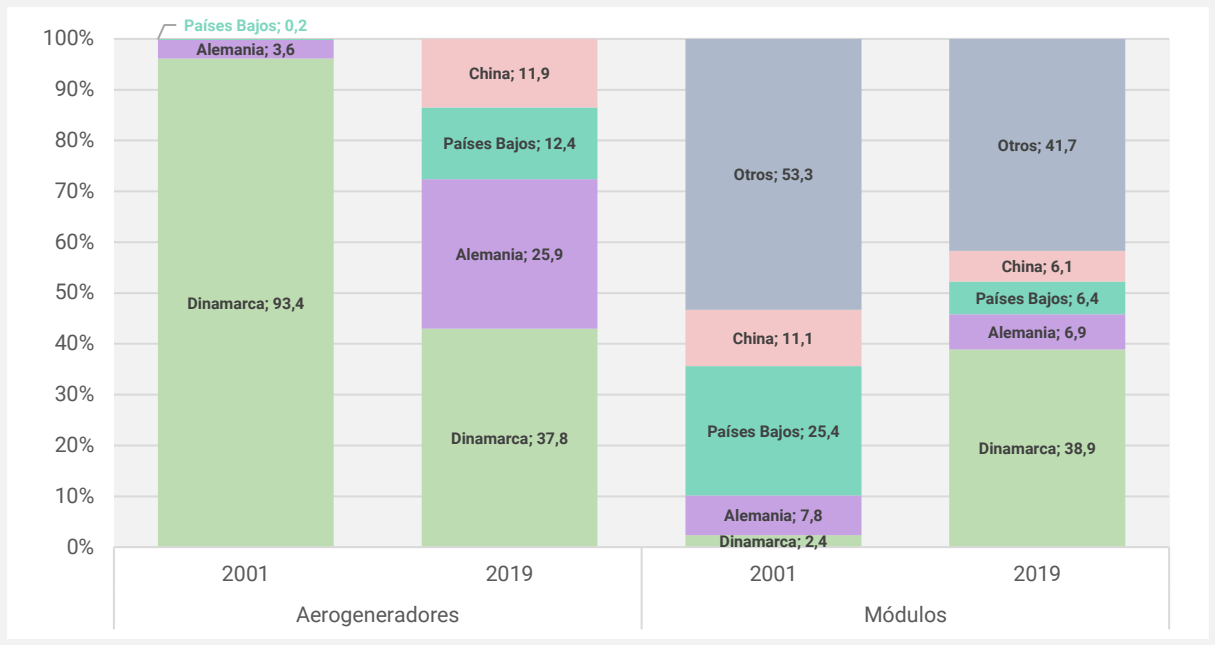
## Principales exportadores y comercio exterior

El nuevo escenario que ofrece la transición energética global dista de agotar las disputas geopolíticas que estuvieron vigentes durante el auge del paradigma fósil y aparecen nuevas disputas en torno al dominio de las nuevas tecnologías energéticas. En este sentido, es posible analizar los potenciales beneficiarios del proceso de la transición energética mediante el análisis de los principales exportadores por tipo de tecnología como indicador de los países que concentran las mayores capacidades tecnológicas en estos sectores (gráfico 12).

Para el caso de la energía eólica, Dinamarca lidera el ranking con el 38% de las exportaciones de aerogeneradores, la tecnología núcleo de generación. El segundo lugar es ocupado por Alemania (26%). Países Bajos y China comparten el tercer lugar con 12% cada uno. Dentro de los principales tecnólogos internacionales se encuentran Vestas (Dinamarca), Goldwind (China), Siemens Gamesa (España), GE Renewable Energy (Estados Unidos) y Envision (China), con una presencia creciente pero no determinante de las empresas asiáticas (Statista, 2020).

En el caso de la energía solar, China representa casi dos tercios de la inversión solar a gran escala mundial (Conte, 2022), por lo que domina buena parte del mercado global, con el 39% de las exportaciones. Luego siguen Malasia (7%), Japón (6%) y Alemania (6%). Actualmente las principales empresas internacionales que lideran la fabricación de módulos son Jinko Solar (China), JA Solar (China), Trina Solar (China), LONGi Green Energy Technology (China) y Canadian Solar (Canadá), con un considerable predominio de compañías del gigante asiático entre los principales puestos, con siete compañías entre las primeras diez (Statista, 2020).

**GRÁFICO 12. PRINCIPALES PAÍSES EXPORTADORES DE AEROGENERADORES Y MÓDULOS FOTOVOLTAICOS, 2001-2019**

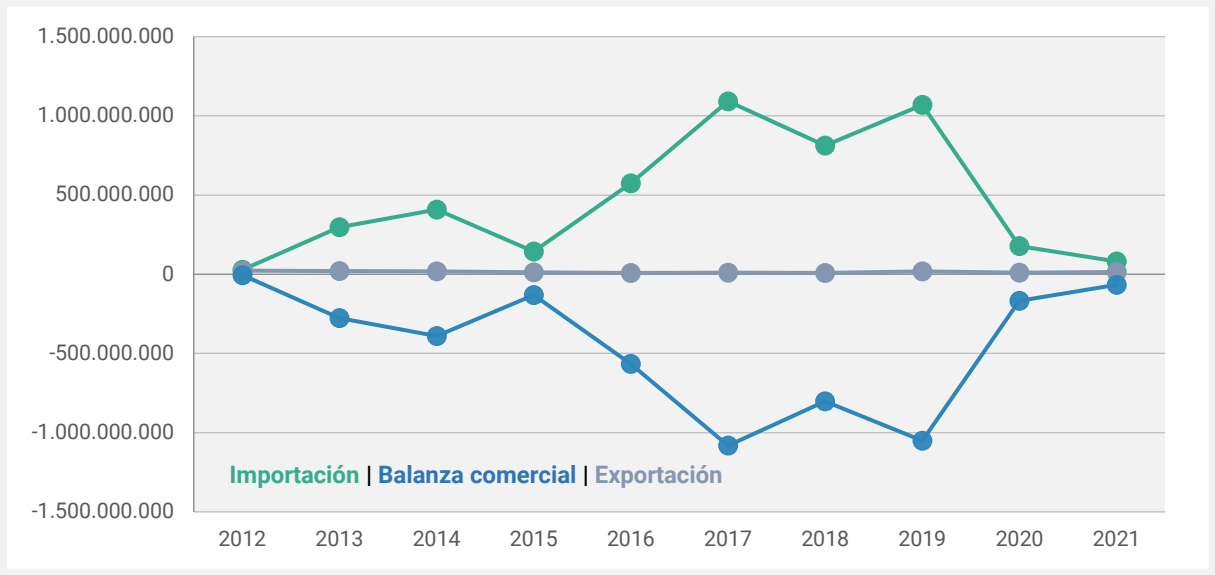



Fuente: Secretaría de Energía de la Nación (2021) con base en datos de Trademap.

Cuando se analiza el proceso de fabricación y procesamiento de paneles, China controla al menos el 75% de cada eslabón de la cadena de valor. Sigue India, que representa casi el 3 % de la fabricación de módulos solares y el 1% de la fabricación de células. Con el objetivo de 280 gigavatios (GW) de capacidad de energía solar instalada para 2030 (actualmente 57,9 GW), en 2022 el gobierno indio asignó USD 2.600 millones adicionales a su esquema de incentivos vinculados a la producción que respalda la fabricación de paneles solares fotovoltaicos nacionales. Junto con China e India, la región de Asia-Pacífico también representa cantidades significativas de fabricación de paneles solares, especialmente módulos y células con un 15,4% y un 12,4% respectivamente. Si bien representan más de un tercio de la demanda mundial de paneles Europa y América del Norte solares, ambas regiones tienen una participación promedio del 3% en cada una en todas las etapas de la fabricación real de paneles solares (Conte, 2022).

En un escenario internacional de fuerte competencia entre unos pocos países, el peso de la importación de equipos terminados y/o componentes críticos para la integración de la producción local es un factor significativo a considerar. En el marco del importante incremento de capacidad instalada, Argentina registró un impacto significativo en su balanza comercial con un déficit acumulado de más de USD 4.500 millones en el período 2012-2021, en componentes para el sector eólico e importaciones que superaron los USD 1.000 millones en 2017 y 2019 (ver gráfico 13). Se destaca principalmente la importación de aerogeneradores (USD 4.000 millones en todo el período), seguido de cajas multiplicadoras (USD 362 millones, aunque también deben tenerse en cuenta exportaciones por USD 118 millones) y de palas (USD 264 millones). El origen predominante de estas importaciones fue China, Estados Unidos y Alemania. Las exportaciones, en tanto, fueron prácticamente nulas.

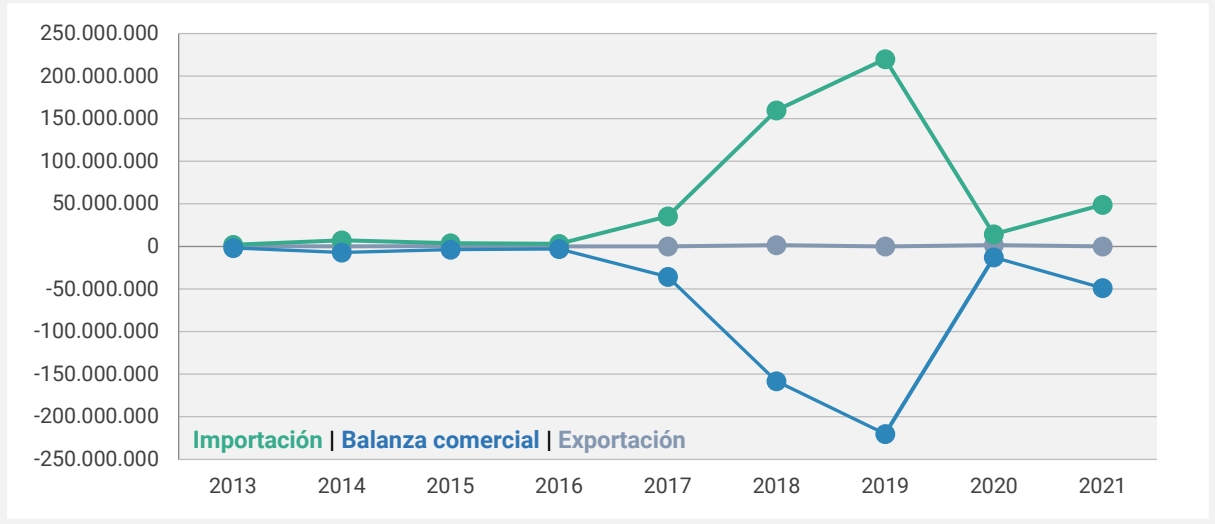
**GRÁFICO 13. IMPORTACIÓN, EXPORTACIÓN Y BALANZA COMERCIAL DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES EÓLICOS, 2012-2021 (EN MILES DE DÓLARES)**




Fuente: elaboración propia con base en datos de Aduana. Se tuvieron en cuenta las siguientes posiciones arancelarias de aerogeneradores, cajas multiplicadoras y palas: 85023100100Z, 85023100000U, 85023900000P, 84129090000U y 84834010900G.

La situación no es muy distinta para la tecnología solar fotovoltaica, aunque con valores significativamente menores respecto al sector eólico. Teniendo en cuenta solamente módulos solares, el déficit comercial del período 2013-2021 (acumulado) trepó a USD 490 millones, con una fuerte incidencia de las importaciones en el bienio 2018-2019 (gráfico 14). El origen de los módulos fue casi exclusivamente chino.

**GRÁFICO 14. IMPORTACIÓN, EXPORTACIÓN Y BALANZA COMERCIAL DE MÓDULOS SOLARES, 2013-2021 (EN DÓLARES)**




Fuente: elaboración propia en base a datos de Aduana. Se tuvieron en cuenta las siguientes posiciones arancelarias: 85414032900D, 85013120190E, 85414032910G.

## Análisis de las políticas locales e internacionales

En Argentina, las políticas públicas dirigidas al fomento de las energías renovables no convencionales se pueden rastrear desde finales de la década del '70 del siglo pasado, en coincidencia con las dos crisis petroleras mundiales. En 1979 se creó la Dirección Nacional de Conservación de la Energía, desde la cual se establecieron los primeros lineamientos para el desarrollo de las energías geotérmica y solar. De allí surgió la Red Solarimétrica Nacional que tuvo su auge a mediados de la década del '80, pero se disolvió en 1991 debido a recortes presupuestarios en la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), de quien dependía la Red en ese entonces (Recalde *et al.*, 2015).

También debe destacarse la fundación del Centro Regional de Energía Eólica (CREE) en 1985, donde se realizó una de las primeras estimaciones del potencial eólico nacional y sobre cuya base la Secretaría de Energía de la Nación confeccionó el primer mapa eólico de Argentina en 1999.

Sin embargo, no fue hasta 1998 que se sancionó la primera normativa nacional referida a la promoción de fuentes renovables de energía, mediante la Ley Nº 25.019 del Régimen Nacional de Energía Eólica y Energía Solar. Allí se declaró de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio argentino, además de la promoción de la investigación y el uso de energías no convencionales o renovables. Se estableció el diferimiento del pago del impuesto al valor agregado (IVA) durante quince años y estabilidad fiscal durante el mismo plazo para las inversiones de capital destinadas a la instalación de centrales y/o equipos eólicos o solares.

Uno de los antecedentes más destacados es el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) que se lanzó en 1999 con el objetivo de abastecer de energía a los mercados rurales en forma sustentable. Su financiamiento correspondía en un 70% a la Secretaría de Energía de la Nación, mediante préstamos del Banco Mundial y donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial; un 4% al Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación (para la electrificación de escuelas rurales), otro 9% al Fondo Nacional de la Energía, y el 17% restante provenía del sector privado. Este proyecto también fue afectado por la devaluación cambiaria producida en 2002, y obstaculizó la viabilidad de las inversiones privadas al incrementar los costos de los proyectos con altos componentes importados y reducir, en moneda extranjera, la capacidad de pago de los agentes. Por lo tanto, la crisis económica paralizó la implementación del programa hasta que en 2006 se reactivó mediante la introducción de modificaciones a la ley, además de los acuerdos entre el Estado Nacional y los gobiernos provinciales, y la posibilidad de otorgar concesiones a empresas privadas, públicas o cooperativas que tuvieron un impacto positivo sobre su desempeño posterior (Recalde *et al.,* 2015).

Como consecuencia el colapso de la convertibilidad –y la crisis económica y social que acarreó–, en 2002 se sancionó la Ley de Emergencia Pública N° 25.561 que, entre otras medidas, estableció la pesificación de las tarifas energéticas a un tipo de cambio de 1 peso argentino por cada dólar estadounidense, revocó todas las disposiciones relativas a ajustes de

precio y mecanismos de indexación y facultó al Poder Ejecutivo a realizar una renegociación de los contratos de concesión de los servicios públicos.

En lo que respecta al objeto de este proyecto, en 2006 se sancionó la Ley Nº 26.190 de Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Esta ley establecía como objetivo lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el 8% del consumo de energía eléctrica nacional en el plazo de 10 años a partir de su puesta en vigencia. Además de las fuentes eólica y solar, la normativa incorporó a las energías geotérmica, mareomotriz, hidráulica (hasta una potencia de 30 MW), biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás.

Los principales mecanismos de promoción previstos eran dos. Por un lado, el otorgamiento de beneficios impositivos a través de la reducción del IVA y del Impuesto a las Ganancias para la adquisición de bienes de capital y/o la realización de obras; y la exención de los bienes afectados respecto la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta. Por otro lado, se asignó una remuneración adicional por unidad de energía producida de 0,015 $/kWh para eólica, bioenergías y fuentes geotérmicas o mareomotriz; y 0,9 $/kWh para solar fotovoltaica. Dado que los valores se fijaban en pesos, en la normativa se establecía que la remuneración se actualizaría por el Coeficiente de Adecuación Trimestral (CAT).

Cabe destacar que en el artículo Nº6 preveía que la autoridad de aplicación identifique y canalice apoyos con destino a la investigación aplicada, a la fabricación nacional de equipos, al fortalecimiento del mercado y aplicaciones masivas de las energías renovables. A su vez, el artículo Nº 12 otorgaba especial prioridad a los emprendimientos que favorecieron la creación de empleo y a los que se integren en su totalidad con bienes de capital de origen nacional, habilitando la integración de bienes de capital de origen extranjero cuando se acreditara la inexistencia de oferta tecnológica competitiva a nivel local.

Pese a la normativa sancionada, no se produjeron los resultados esperados. La reglamentación de la ley se demoró casi tres años, lo que provocó un vacío de regulación e incertidumbre sobre el desarrollo de este mercado. Asimismo, la remuneración adicional resultó insuficiente para cubrir la brecha entre el precio spot subsidiado y el costo de generación renovable. A su vez, CAMMESA dejó de publicar los coeficientes de actualización, por lo que las subvenciones quedaron rápidamente desactualizadas en un contexto inflacionario (Bersalli *et al.*, 2016).

También se puede rescatar un antecedente respecto a la generación distribuida que fue la Resolución N° 269/2008 que creó la figura de "Autogenerador Distribuido", que consiste en un consumidor de electricidad que también genera energía eléctrica y la brinda a la red. De esta manera, las empresas deben comprar (o pueden vender) la diferencia entre la energía producida y la utilizada. Esta normativa permitiría a una empresa consumidora realizar una inversión en energía renovable y usar la red para llegar hasta sus instalaciones de consumo. Sin embargo, debía ser la misma persona jurídica que consumía la energía la que invertía en el proyecto de generación, lo que en la práctica dificultó el financiamiento y la estructuración de proyectos de gran tamaño (CADER, 2013).

Ante la falta de éxito de las políticas previas, se cambió de instrumento de promoción optando por un sistema de subastas mediante el lanzamiento en 2009 del Programa GENREN (Generación de Energías Renovables). El GENREN habilitó a la empresa Energía Argentina S.A. (ENARSA) a comprar energía eléctrica de origen renovable generada por nuevos emprendimientos privados, y para ello se licitaron 1.000 MW. Las empresas ganadoras firmaban acuerdos de compra por un período de 15 años nominados en dólares estadounidenses, a un precio fijo calculado en función de cada proyecto. Se suscribieron contratos por un total de 895 MW: 754 MW de energía eólica; 110 MW de biomasa, 20 MW de solar fotovoltaica y 10 MW de pequeños aprovechamientos hidráulicos. Sin embargo, a pesar de sus elevados precios, buena parte de los contratos tuvieron dificultades para conseguir financiamiento en condiciones favorables en el sistema financiero nacional e internacional (banca comercial y multilateral), en el marco de la crisis financiera mundial de 2008-2009 y las restricciones locales de acceso al crédito internacional.

De manera complementaria, la Resolución Nº 108/2011 de la Secretaría de Energía de la Nación estableció la posibilidad de que se firmen, sin proceso licitatorio previo, contratos de abastecimiento de energía eléctrica por un plazo de 15 años, entre CAMMESA y determinadas ofertas de disponibilidad de generación a partir de las fuentes renovables previstas en la Ley N° 26.190. Por medio de esta Resolución, se instalaron 31,8 MW de potencia, distribuidos en el Parque Eólico Necochea (0,3 MW en la Provincia de Buenos Aires), el Parque Eólico Arauco (25,2 MW en la Provincia de La Rioja) y el Parque Eólico Diadema (6,3 MW en la Provincia de Chubut).

En definitiva, las políticas implementadas hasta ese momento no habían sido exitosas para incorporar en forma efectiva generación eléctrica de fuentes renovables, debido a una serie de obstáculos que fueron desde la falta de financiamiento o acceso a condiciones favorables para los proyectos, al congelamiento de la tarifa eléctrica que desincentivó el mecanismo de remuneración adicional y la ausencia de una red de empresas locales que pudieran producir los principales bienes de las distintas tecnologías renovables, especialmente eólica y solar. Al año 2015 solamente el 1,9% de la demanda eléctrica nacional era cubierta con energías renovables, fundamentalmente a través de la minihidroeléctrica que representaba el 65% de las fuentes renovables, seguida por la eólica con el 24%, biomasa con el 8%, biogás 3% y solar, con apenas 0,6%.

En octubre de 2015, a meses del cambio de gobierno, el Congreso de la Nación sancionó una modificación de la Ley Nº 26.190 ante la imposibilidad de cumplir con los objetivos allí planteados. Estos cambios quedaron plasmados en la Ley N° 27.191, que estableció nuevas metas para la incorporación de fuentes de energía renovables: en una primera etapa, alcanzar el 8% del consumo de energía eléctrica nacional al 31 de diciembre de 2017 y, en una segunda etapa, el 20% hasta 31 de diciembre de 2025, con escalonamientos progresivos cada dos años.

Además de promover nuevos beneficios impositivos e incentivos para incorporar componentes nacionales, la ley creó el Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Energías Renovables (FODER) con el objetivo de ofrecer garantías y financiamiento a los proyectos de inversión. También se estableció para los grandes usuarios la obligatoriedad de incorporar un consumo mínimo de

energía eléctrica de fuentes renovables en el mismo porcentaje y en el mismo plazo que los fijados como objetivo nacional.

La Ley 27.191 fue reglamentada a través del Decreto Nº 531/2016, el cual viabilizó la implementación de tres instrumentos para lograr las metas dictaminadas: el Programa RenovAr, la Resolución Nº 202/2016 y el Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuentes Renovables (MATER).

El Programa RenovAr consiste en un mecanismo de licitación pública con el fin de evaluar proyectos presentados por personas jurídicas nacionales o extranjeras y, eventualmente, adjudicar contratos de abastecimiento de energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables con CAMMESA. Entre 2016 y 2019 se realizaron cuatro rondas de subasta de potencia de energía: la Ronda 1 (convocada por las Resoluciones Nros. 71 y 136 de 2016), la Ronda 1.5 (Resolución N° 252/2016), la Ronda 2 (Resolución N° 275/2017) y la Ronda 3 (Resolución Nº 100/2018). La última ronda se denominó MiniRen, ya que apuntó a proyectos de menor escala, dadas las restricciones de capacidad y transporte existentes en las líneas de alta y extra alta tensión y con el propósito de contribuir a una mayor estabilidad en las redes, a acercar la generación a la demanda disminuyendo así las pérdidas eléctricas y a fomentar el desarrollo regional.

La modalidad de contratación de los proyectos ganadores fue a través de la adjudicación de PPA (Power Purchase Agreement), en la que los consorcios de empresas son los responsables de la implementación de los proyectos, de solucionar los mecanismos financieros y de la fiabilidad del sistema de generación energética por el plazo de los 20 años que dura el contrato. Para ello, se establecieron precios en dólares y los contratos fueron firmados por CAMMESA, como representante de la demanda (distribuidoras y grandes usuarios del MEM), y el consorcio propietario de los parques, por el lado de la oferta.

**CUADRO 3. CANTIDAD DE PROYECTOS, POTENCIA ADJUDICADA Y PRECIO DE REFERENCIA PROMEDIO PONDERADO POR TECNOLOGÍA SEGÚN LAS RONDAS DEL PROGRAMA RENOVAR, 2016-2019 (EN CANTIDAD, MW Y DÓLARES/MWH)**

| | | Eólico | Solar | Pequeña hidro | Biomasa | Biogás | BRS | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ronda 1 | Cantidad de proyectos | 12 | 4 | 5 | 2 | 6 | | 29 |
| | Potencia (MW) | 708 | 400 | 11 | 15 | 9 | | 1.142 |
| | Precio (USD/MW) | 59,4 | 59,8 | 105,0 | 110,0 | 154,0 | | 61,3 |
| Ronda 1.5 | Cantidad de proyectos | 10 | 20 | | | | | 30 |
| | Potencia (MW) | 765 | 516 | | | | | 1.282 |
| | Precio (USD/MW) | 53,3 | 54,9 | | | | | 54,0 |

*Continúa.*

*Continuación.*

| | | Eólico | Solar | Pequeña hidro | Biomasa | Biogás | BRS | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ronda 2 | Cantidad de proyectos | 12 | 17 | 9 | 16 | 31 | 3 | 88 |
| | Potencia (MW) | 993 | 816 | 21 | 143 | 56 | 13 | 2.043 |
| | Precio (USD/MW) | 40,9 | 42,8 | 99,0 | 117,2 | 160,6 | 129,2 | 51,5 |
| Ronda 3 | Cantidad de proyectos | 10 | 13 | 6 | 2 | 6 | 1 | 38 |
| | Potencia (MW) | 129 | 97 | 7 | 9 | 13 | 5 | 259 |
| | Precio (USD/MW) | 58,0 | 57,6 | 103,4 | 106,2 | 158,6 | 129,5 | 67,6 |
| **Total** | **Cantidad de proyectos** | **44** | **54** | **20** | **20** | **43** | **4** | **185** |
| | **Potencia (MW)** | **2.595** | **1.829** | **40** | **166** | **78** | **18** | **4.726** |

Fuente: Barrera *et al.*, 2020.

Paralelamente al programa RenovAr, mediante la Resolución N° 202/2016 se readecuaron diez contratos celebrados en el marco de esquemas anteriores (las Resoluciones N° 712/2009 y N° 108/2011) que por distintos motivos no habían logrado la habilitación comercial. Las condiciones contractuales son similares al Programa RenovAr, pero con precios considerablemente menores a los suscritos originalmente. Por esta vía se incorporaron 500 MW de potencia adicionales: siete proyectos eólicos (445 MW), dos solares fotovoltaicos (10 MW), y uno de biomasa (45 MW).

El MATER fue creado por la Resolución 281-E/2017 y habilita a los grandes usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista que posean una demanda anual mayor a 300 kW a comprar energía a través de la libre negociación con empresas generadoras de energía eléctrica. El Decreto N° 531/2016 había dispuesto en el artículo 9° de su Anexo II que los grandes usuarios podrían cumplir las metas y plazos de abastecimiento de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables mediante las siguientes formas:

1. Contratación individual.
2. Autogeneración o por cogeneración de fuentes renovables.
3. Participación en el mecanismo de compras conjuntas desarrollado por CAMMESA.

Finalmente, debe sumarse un cuarto instrumento de política pública: la sanción de la Ley 27.424 de Generación Distribuida en 2017. Se trata de energía eléctrica generada en el punto de consumo, mediante fuentes de energía renovable, y por los mismos usuarios que se encuentran conectados a la red eléctrica de distribución. En otras palabras, se otorga el derecho a los usuarios a generar su propia energía a través de fuentes renovables con destino al autoconsumo y, de existir excedentes, inyectarlos en la red eléctrica y recibir una remuneración por dicha inyección. Los equipos de generación distribuida, como paneles solares, pequeños aerogeneradores u otras tecnologías, pueden instalarse en industrias, pymes y hogares.

Mientras que al usuario-generador le permite un ahorro económico por el autoconsumo y le da la posibilidad de percibir un beneficio económico en la medida que inyecta excedentes a la red, para el sistema eléctrico en su conjunto la generación distribuida alivia las redes de transporte y distribución, ya que se reducen las pérdidas relacionadas con la transmisión de energía en grandes distancias, mejorando así la eficiencia del sistema y reduciendo los costos asociados (Secretaría de Energía, 2019).

La Ley contempla, además, una serie de beneficios fiscales para promover los proyectos de Generación Distribuida. Entre ellos, se destaca la exención de IVA y Ganancias sobre el valor de la energía inyectada, por un lado; y, por el otro, el otorgamiento de un Certificado de Crédito Fiscal (CCF) que, actualmente, es de $65 por watt instalado y hasta un máximo de $4,5 millones por proyecto. El CCF puede ser utilizado para el pago de impuestos nacionales.

En la ley de regulación de la generación distribuida también se establece la definición del balance neto de facturación (*net billing* en inglés) como el esquema de facturación a aplicar y la creación del Fondo para la Generación Distribuida de Energías Renovables (FODIS), que es un fideicomiso de administración financiera para otorgar beneficios promocionales a la demanda y la invitación a las provincias a adherir al régimen.

En el Decreto reglamentario Nº 986/2018 se plantea como objetivo la incorporación de 1.000 MW de potencia de generación distribuida instalada para el año 2030 y se designa como Autoridad de Aplicación a la Secretaría de Energía. A través de la Resolución Nº 314/2018 se creó el Registro Nacional de Usuarios-Generadores de energías renovables (RENUGER), el cual categoriza a los usuarios-generadores en pequeños (hasta 3 kW), medianos (hasta 300 kW) y grandes (hasta 2 MW). El Régimen Nacional de Generación Distribuida quedó implementado mediante las Disposiciones Nros. 28 y 97 de 2019 de la ex Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética, en las que se establecieron los requisitos técnicos y procedimientos para la conexión de los equipos de generación distribuida de cualquier fuente de energía renovable.

## La radicación de tecnólogos eólicos en el marco del RenovAr

### Punto de partida y contexto

Como fuera mencionado, el alto grado de madurez y concentración de la fabricación de aerogeneradores y sus componentes críticos en determinadas economías que se caracterizan por tener un entramado productivo altamente complejo y desarrollado, o con grandes volúmenes de mercado, como Dinamarca, Alemania o China, supone una barrera de entrada difícil de sortear para promover la producción local de aerogeneradores debido a la dependencia de partes y componentes críticos importados y a la necesidad de disponer de una producción altamente integrada con socios y mercados internacionales.

Ello se conjuga con la forma tradicional de desarrollo de los proyectos de energía renovable, donde el elevado nivel de eficiencia requerido para cumplir las obligaciones contractuales de

los proyectos respecto al rendimiento de generación exige la utilización de tecnología probada y altamente difundida. A ello se suma la creciente elección de las subastas como método preferido para ampliaciones de capacidad, lo cual impulsa mayores reducciones de precios, lo que a su vez presiona a la baja el costo de los equipamientos y retroalimentan la competencia entre fabricantes por el desarrollo de presentaciones de potencia cada vez mayores. En este mismo sentido, los proveedores de financiamiento y capital (dado el riesgo de performance de los proyectos) no tienen incentivos a realizar operaciones con proyectos que usen tecnología que no sea de frontera.

Adicionalmente, y como un significativo factor condicionante de la estrategia, la reducción de los costos de generación de la energía eléctrica suelen ser una máxima prioridad para los gobiernos producto de su impacto en la competitividad de las empresas y en el ingreso disponible de los hogares, por lo que suele promoverse la adopción de la tecnología disponible al Todos estos factores, también presentes con sus matices a nivel local, fueron condicionantes al momento de establecer una estrategia de radicación de producción a nivel local que pudiera ser exitosa en su implementación. Los incentivos se orientaron a promover la instalación en el país de actores clave en la industria a nivel global, promoviendo su asociación con firmas locales capaces de convertirse en proveedores de calidad internacional. Por lo expuesto, la atracción de tecnólogos internacionales resultaba complementaria de la política de subastas habida cuenta de que los tecnólogos locales no tenían capacidades productivas ni tecnológicas en relación con la demanda proyectada. La escasez de financiamiento local a gran escala, tanto privado como público, impedía también la posibilidad de impulsar una estrategia de financiamiento concesional (como ocurre en Brasil) que permitiese la exigencia de reglas de contenido nacional asociadas al acceso al financiamiento. Por otro lado, la presencia de proveedores locales[17] con capacidades existentes y posibilidades de adaptación a un nuevo mercado permitió identificar componentes efectivamente nacionalizables que permitiesen alcanzar niveles de integración nacional significativos sin generar mayores impactos negativos en el precio de los proyectos por mayores costos locales.

**Implementación y resultados**

La estrategia de radicación de los tecnólogos internacionales se implementó a partir de tres grandes vectores: (i) la efectivización del certificado fiscal previsto en la Ley 27.191, (ii) la adecuación del régimen aduanero para aerogeneradores y (iii) el soporte a proveedores nacionales a partir de financiamiento y asistencia técnica.

En primer lugar, la Ley 27.191 establecía un certificado fiscal equivalente al 20% del componente nacional incorporado en los parques de generación para aquellos que alcanzasen una integración superior al 60% (excluyendo la obra civil y los costos de montaje y/o transporte) cuyo cumplimiento en los hechos resultaba casi imposible dada la inexistencia de producción

[17] Con potencial capacidad de abastecer torres, componentes metalmecánicos, transformadores de alta y media potencia, cables de alta tensión, piezas de función, sistemas de control, intercambiadores de calor, componentes para sistemas pitch, entre otros, menor precio.

local de aerogeneradores con las condiciones técnicas requeridas por los desarrolladores de proyectos.

Para permitir que se transforme efectivamente en un impulsor de la demanda local, se establecieron criterios de integración nacional crecientes para conferir la condición de nacional a aerogeneradores ensamblados localmente con un umbral mínimo de integración de forma tal de alcanzar, en un plazo de 4 años, al menos un 50%. Considerando los tiempos requeridos para el desarrollo de proveedores y la alta demanda del mercado local, esta condición permitiría el inmediato inicio de la producción -con un contenido mínimo del 35%- de forma simultánea con el inicio de la identificación y desarrollo de proveedores locales. Adicionalmente, para el cómputo de contenido nacional se estableció un criterio público y unificado de contabilización de partes, componentes y procesos, cuya validación y auditoría correspondió al INTI.

De forma simultánea a la introducción de contenidos nacionales mínimos, se impulsó la adecuación arancelaria de todos los bienes involucrados en la producción de aerogeneradores. Dado que la estructura arancelaria vigente establecía una protección inversa, promoviendo la importación de equipos terminado con arancel 0% y penalizando la adquisición de componentes y partes y piezas, se estableció un régimen especial que permitiese a los fabricantes y proveedores acceder a la importación de componentes sin producción local al 0%, y se elevó el derecho de importación de los aerogeneradores al 14%. De esta forma, se eliminaron desincentivos a la producción local (principalmente a la integración y el ensamblaje) y se ecualizaron los sobrecostos de la producción doméstica con el beneficio del certificado fiscal. En el mismo sentido, se estableció un registro de proveedores validados, para evitar que la adecuación arancelaria tuviese efectos no deseados sobre otras áreas de la industria.

Por último, se estableció una estrategia desde el Programa Nacional de Proveedores (PRODEPRO) para identificar potenciales proveedores de distintos subsectores que pudiesen incorporarse a la cadena de suministros de la industria eólica, incluyendo proveedores de torres, de componentes eléctricos y electrónicos, incluyendo equipos de control, cables, transformadores, metalmecánicos y de la industria de la fundición para la provisión y el mecanizado de grandes conjuntos y componentes de la góndola y el buje de los aerogeneradores, de torres y sus componentes, de equipos de control y de toda la demanda de equipamiento eléctrico para los parques de generación.

A los fines de dimensionar la capacidad local, se realizaron varias rondas de proveedores entre potenciales tecnólogos y proveedores. En tanto que desde el PRODEPRO –que priorizaba las energías renovables como uno de los sectores estratégicos– se promovió el otorgamiento de créditos y asistencia técnica. Paralelamente, desde el Fondo Nacional de Desarrollo Productivo (FONDEP) se creó una línea de fomento a la demanda local incluyendo un fondeo de USD 160 millones -aprobado en 2016- para la compra de componente local por parque de proyectos renovables con contratos adjudicados.

Como resultado de estos incentivos, los tecnólogos Vestas y Nordex-Acciona –en asociación con Newsan y FAdeA respectivamente– se radicaron en Argentina para realizar localmente el

montaje de bujes y nacelles. Complementariamente, los fabricantes locales Metalúrgica Calviño S.A. y Sica Industrias Metalúrgica S.A. realizaron *joint-ventures* con los proveedores internacionales de torres GRI y HAIZEA para lograr su catch-up tecnológico y aumentar su capacidad de abastecer el creciente mercado local que, posteriormente, le permitiría incluso exportar parte de su producción.

Vale señalar que la radicación de los tecnólogos se produjo sin afectar el resultado esperado de las subastas del Programa RenovAr. De hecho, el contenido nacional declarado por los desarrolladores eólicos aumentó entre la Ronda 1 del RenovAr (previo al establecimiento de la política) y la Ronda 2 (cuando se estableció el nuevo esquema de incentivo para el contenido local) más de 26 p.p., pasando del 11% al 37%, mientras que el precio promedio se redujo un 26% de 56 USD/MWh a 41 USD/MWh. Esta había sido una preocupación fundamental al momento de diseñar un esquema de incentivos, dado el potencial impacto en términos de afectación a precios.

Sin embargo, los resultados del programa no pudieron sostenerse en el tiempo producto de la serie de factores mencionados que alteraron la continuidad del RenovAr y terminaron ulteriormente paralizando la producción de las plantas. Este factor ha sido en distintas latitudes el mayor obstáculo al desarrollo de la producción local asociado a los mecanismos de subastas. A ello se sumó la crisis económico-financiera que puso en pausa la decisión de algunos proveedores críticos de radicarse localmente y/o asociarse a firmas nacionales para continuar el sendero de integración mínimo, lo que demoraría la concreción de los objetivos de integración. Como resultado final, una vez cumplidos los pedidos convenidos, las plantas locales quedaron paralizadas.

A partir del resultado de esta experiencia, es claro que tanto el fomento de un tecnólogo nacional como la estrategia de atracción de tecnológicos internacionales tienen capacidad de ser impulsores de la industria local de aerogeneradores, a partir de esquemas de subastas o del desarrollo de un mercado a término de renovables. Sin embargo, las limitaciones analizadas de factores domésticos y externos demandan mucha continuidad en el desarrollo del mercado para que se cristalicen resultados concretos de largo plazo. Por otro lado, y de acuerdo a las entrevistas realizadas, surge que faltó una planificación de más largo alcance que permitiera a la oferta local de proveedores conocer mejor la dinámica de la demanda futura y, con ello, prever mejor la adaptación de sus capacidades productivas a tal fin. En otros términos, la demanda generada en el marco del RenovAr fue muy pronunciada y se dio en un corto intervalo de tiempo, lo cual dificultó un mejor aprovechamiento de las potencialidades locales. A su vez, no se llegó a avanzar en una estrategia de complementación productiva con Brasil, que permitiera aprovechar las ventajas de la escala y la especialización en cierto tipo de componentes como por ejemplo palas o torres.

## La generación eólica y solar a nivel global y regional

La expansión global de las energías eólica y solar en la última década ha sido vertiginosa: de acuerdo a datos de BP, el incremento de la generación eléctrica se ha dado a tasas anuales del 15,5% y 31,7%, respectivamente, frente a una tasa anual de la generación eléctrica total del 2,5%.

Sumadas, estas dos fuentes de energía generaron el 10,3 % de la electricidad mundial en 2021, un aumento del 9,3 % respecto a 2020 y el doble de su participación en comparación con 2015, cuando se firmó el Acuerdo Climático de París. De hecho, 50 países (26%) generaron más de una décima parte de su electricidad a partir de energía eólica y solar en 2021, y siete países alcanzaron este hito por primera vez: además de Argentina, lo hicieron China, Japón, Mongolia, Vietnam, Hungría y El Salvador (Venditti, 2022).

La participación más alta de ambas fuentes se alcanzó en Dinamarca y Uruguay con el 52% y 47% respectivamente. Desde una perspectiva regional, Europa tiene 9 de los 10 países con mayor participación de ambas fuentes, mientras que Oriente Medio y África tienen la menor cantidad de países que alcanzan el umbral del 10%. Otros países latinoamericanos que también superan el 10% de la participación en su consumo eléctrico total son Chile (21,4%), Nicaragua (15,7%), Brasil (13,2%) y México (11,9%) (Venditti, 2022).

Es esperable que la incorporación de energías renovables aumente su velocidad en la medida que los mayores consumidores de energía lo han previsto en sus NDC y en sus planes más recientes. Por caso, el Nuevo Pacto Verde Europeo es la estrategia de la Unión Europea para alcanzar su objetivo de neutralidad climática hacia 2050, que fue aprobado en 2019 y luego ratificado en su respectivo NDC de 2020. Esto se tradujo en la instrumentación del Paquete legislativo «Objetivo 55» (Fit for 55), el cual trazó como metas reducir las emisiones de GEI en un 55% para 2030 respecto a 1990 y alcanzar el 32% de energía renovable en el consumo final de energía en 2030, lo que representará casi el doble de los niveles de 2017. Cabe acotar que a comienzos de 2022 la taxonomía climática europea, un sistema de clasificación de actividades económicas ambientalmente sostenibles que orienta las inversiones públicas y privadas, incorporó al gas natural y a la energía nuclear de forma transitoria para lograr la neutralidad climática en 2050.

Por su parte, China estableció en su 14º Plan Quinquenal llevar su consumo de fuentes no fósiles del 16% al 20% en su consumo total de energía en 2025 y al 25% en 2030, de acuerdo a su último NDC presentado antes de la COP26 de Glasgow. Para ello planea, entre otras medidas, llevar su capacidad instalada total de energía eólica y solar de 530 GW en 2020 a más de 1.200 GW en 2030 según el documento presentado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Las dimensiones de su economía y la magnitud de estas metas hacen previsible que el mercado chino consolide su dominio global en la producción tanto de aerogeneradores como de módulos solares. En el caso de Estados Unidos, luego de su

reingreso al Acuerdo de París[18] presentó una nueva NDC donde establece como meta alcanzar una generación eléctrica 100% libre de contaminación de carbono para 2035. Teniendo en cuenta que en 2021 la generación eléctrica aún dependía en un 22% del carbón y 38% del gas natural, la ambición de esta meta va en línea con la reciente sanción del proyecto de ley sobre el clima, los impuestos y la atención médica, conocido como la Ley de Reducción de la Inflación (Inflation Reduction Act). Destina casi USD 370.000 millones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, por lo tanto, se trata de la mayor inversión en la lucha contra el cambio climático en la historia de Estados Unidos. Una parte importante de ese monto irá destinado a la producción de paneles solares y aerogeneradores, así como al financiamiento de nuevos proyectos de generación renovable.

A nivel regional, uno de los casos más representativos es el brasileño. Tradicionalmente, la matriz energética de Brasil tiene un componente renovable superior a la media mundial, debido a la generación hidroeléctrica de gran escala. Más recientemente, otras fuentes renovables comenzaron a contribuir de manera significativa en la oferta de electricidad, producto de las políticas públicas orientadas a su mayor penetración, con el fin de garantizar la provisión energética y evitar cortes masivos de electricidad a causa de una menor hidraulicidad.

En el año 2002 se puso en marcha el Programa de Incentivos a las fuentes alternativas de energía eléctrica (PROINFA), que se convirtió en una de las principales iniciativas para estimular la generación eléctrica renovable y desempeñó un importante rol en la creación de este mercado. El programa preveía la contratación de 3,3 GW de capacidad de generación de tres fuentes de generación: pequeñas centrales hidroeléctricas, biomasa y eólica, a través de un esquema *feed-in tariff*, el cual establece un precio fijo para la compra de una unidad de electricidad renovable que refleja el costo real de la misma por un largo período de tiempo. El programa pasó por algunas dificultades que implicaron una contratación inferior a la proyectada, pero tuvo el papel de conferir una nueva dinámica para la energía eólica en Brasil. Posteriormente, con la implementación del sistema de subastas como forma principal de contratación de energía eléctrica, se consolidó la expansión de la energía eólica (Bersalli *et al.*, 2018).

Durante la vigencia del PROINFA, las exigencias de contenido nacional estuvieron incorporadas dentro del Programa. En cambio, esas exigencias no estuvieron contempladas en el sistema de subastas, sino que se orientó a través del Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social de Brasil (BNDES), el cual otorgó financiamiento a bajo costo a aquellos proyectos que tienen un contenido local mínimo (Viscidi y Yepez, 2020). En este sentido, el BNDES ha sido un actor clave en este proceso y en la promoción de la industria nacional en el sector renovable. Como resultado, en pocos años cambió el entramado industrial: mientras que en 2008 la empresa alemana Wobben Windpower era la única firma presente en Brasil, en 2014 el país ya contaba con cuatro firmas locales fabricantes de turbinas, siete ensambladoras, trece fabricantes de torres y otros trece fabricantes de otros componentes (Bril Mascarenhas *et al.*, 2021).

[18] Durante la administración de Donald Trump, Estados Unidos se retiró del Acuerdo de París. Tras el cambio de gobierno en 2021, Joseph Biden firmó una orden ejecutiva para que su país se una nuevamente al Acuerdo.

De acuerdo a la experiencia internacional, el mecanismo de subasta puede diseñarse para servir a objetivos de desarrollo socioeconómico más amplios y, para ello, se exige o incentiva a los promotores de grandes proyectos a que utilicen un umbral mínimo de bienes y servicios locales (IRENA, 2019). Por ejemplo, en Uruguay todos los proyectos están sujetos a un requisito de contenido local mínimo del 20% y las empresas que superan esa cuota reciben un precio más alto (Viscidi y Yepez, 2020). En cambio, en las rondas de subastas del Programa RenovAr en Argentina no se estableció el contenido nacional como requisito obligatorio, sino como incentivo tal como se analizó previamente.

**Recuadro 8. Energía hidroeléctrica e industria nacional**

Junto a la nuclear y el resto de las renovables, la energía hidroeléctrica se encuentra entre las de bajas emisiones de carbono. Luego de un gran despegue en el último tercio del siglo XX, a partir de grandes obras como las del sistema del Comahue (Piedra del Águila, El Chocón y Alicurá), Salto Grande, Futaleufú y Yacyretá, la energía hidroeléctrica llegó a dar cuenta del 16% de la generación de energía primaria a principios de siglo XXI. El auge del gas y de las renovables hicieron retroceder dicho porcentaje al 5% en la actualidad. Dentro del segmento eléctrico, la energía hidroeléctrica explica actualmente el 25% de la potencia instalada total, cuando en 2011 –previo al avance de eólica y solar fotovoltaica– era del 36%. Esta pérdida de relevancia se debe a un estancamiento en la potencia instalada en la última década, en torno a los 11.000 MW.

Además de ser una fuente de energía bajas en emisiones, la hidroeléctrica tiene varias virtudes. Por un lado, a diferencia de renovables como eólica y solar -que son intermitentes y en donde hasta el momento no se han podido desarrollar sistemas de almacenamiento para lidiar con la intermitencia- la hidroeléctrica tiene potencia firme y administrable. Por ello, es un complemento valioso de las otras renovables, que permite aportar energía limpia al sistema cuando las condiciones solares o eólicas no son las óptimas o en picos de demanda. Asimismo, las represas hidroeléctricas tienen otras funcionalidades, como las de prevenir inundaciones, administrar el agua en época de sequías, generar mecanismos de riego en zonas agropecuarias y generar infraestructura de usos compartidos otros sectores, como por ejemplo acuicultura y turismo.

En la próxima década se prevé expansión de nueva potencia hidroeléctrica correspondientes a partir de proyectos como Aña Cuá (276 MW); Gobernador Cepernic (360 MW); Néstor Kirchner (950 MW) y Chihuido I (637 MW). Asimismo, Yacyretá requiere hacer un *revamping* de turbinas, que le permitirá mejorar la eficiencia a la hora de producir energía. Los distintos proyectos requieren de tecnología que es posible abastecer nacionalmente, especialmente en la fabricación y reparación de turbinas. En ese sentido, el diseño de las licitaciones debe incluir condiciones propicias para aprovechar estas capacidades productivas en las que Argentina lidera la región. Ello supone además romper con la dependencia tecnológica promovida por las ofertas de financiamiento de los países que compiten por el mismo mercado.

*Continúa.*

*Continuación.*

*Pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (PAH)*

Según la Ley 27.191, sancionada en 2015, son fuentes de energía renovables solamente las centrales hidráulicas de hasta 50 MW, cuyos impactos ambientales son menores a los de la gran hidroeléctrica (que supone una mayor intervención sobre el entorno local, el paisaje y los ecosistemas). A diferencia de las grandes centrales, los PAH, dependiendo de su potencia, pueden ser implementados para abastecer zonas sin acceso a la red de distribución interconectada en un menor tiempo de construcción, favoreciendo la integración directa al desarrollo económico y social local o regional. De acuerdo a la Subsecretaría de Energía Hidroeléctrica (2022) existen múltiples ventajas de promover los PAH, muchas de las cuales también se dan en la hidroeléctrica de gran escala, a saber: i) es una fuente de energía limpia; ii) otorga previsibilidad al sistema, al no ser una fuente de generación de energía intermitente como la eólica o la solar; ii) actúa como energía de base[19]; iii) tiene una vida útil extensa (de hasta 60 años); iv) su factor de uso es elevado, estimado en mayor a 65%. Otras de las ventajas de los PAH es que el almacenamiento de agua puede ser utilizada para agua potable, riego, recreación y turismo, control de inundaciones y mitigación de sequías y que puede servir para el desarrollo de nuevas actividades productivas, como por ejemplo la acuicultura, que en Argentina todavía es muy incipiente pero con gran potencial en zonas de embalses como por ejemplo los del río Limay en Neuquén-Río Negro en especies como trucha. Si bien los PAH tienen asociados múltiples beneficios, este tipo de generación eléctrica enfrenta la desventaja de ser relativamente más costosa que la generación proveniente de otras tecnologías renovables como la eólica y la solar. Así, la planificación energética de promover los PAH implica tomar la decisión de incluir este tipo de fuente de generación en la matriz energética a pesar de sus mayores costos relativos. En este sentido, la incorporación de PAH como fuente de generación eléctrica, puede llevarse a cabo de dos maneras posibles: i) desarrollando nuevas centrales y/o ii) reacondicionando centrales existentes que se encuentran fuera de funcionamiento. En ambos casos, la industria nacional podría ser proveedora de bienes y servicios de las cadenas de valor vinculadas.

Según las entrevistas realizadas, el componente local en el caso del PAH puede llegar a valores cercanos al 100%. El valor de la inversión se divide entre la sala de máquinas (turbinas, generadores, transformadores y equipos), que representa entre 30 a 50% del costo total, y la obra civil (presa, vertedero, compuertas y equipos), que concentra el restante 50 a 70%.[20] La industria nacional podría fabricar las máquinas; sin embargo, en la mayoría de los casos se han importado debido a la ausencia de talleres que puedan certificar curvas de rendimiento (principalmente por la ausencia de laboratorios de ensayos). Si bien existen empresas con posibilidad para la fabricación de los componentes, a lo largo de los años se han perdido capacidades, especialmente, en los segmentos de máquinas de pequeña escala. Los componentes de la cadena de valor de los PAH se pueden observar en el siguiente cuadro:

*Continúa.*

[19] Los PAH pueden entrar al despacho de carga abasteciendo la punta ya que son centrales que pueden ponerse en servicio en 7 segundos (semejante a una máquina térmica de ciclo combinado)

[20] Cabe señalar que hay componentes que pueden encontrarse, en algunos casos, en la sala de máquinas; en otros, pueden ser parte de la obra civil.

*Continuación.*

**CUADRO 4. COMPONENTES CADENA DE VALOR PAH SEGÚN ORIGEN**

| Elemento | Origen | |
|---|---|---|
| | Nacional | Importado |
| Presa | ✓ | |
| Vertedero | ✓ | |
| Turbinas | ✓ | |
| Compuertas | ✓ | |
| Generadores | | ✓ |
| Transformadores | | ✓ |
| Equipos y componentes electromecánicos | | ✓ |
| Equipos de izaje, tuberías, válvulas, rejas y otros bienes | ✓ | ✓ |

Fuente: elaboración propia con base en entrevistas. Nota: nacional o importado en el caso de las turbinas depende de su potencia.

Respecto del empleo generado, los PAH son más trabajo-intensivos que otros proyectos de energías renovables, especialmente en la etapa de construcción. En los dos años iniciales se requieren 13 empleos/MW; para el tercer año, 11,5; y para la fase de operación y mantenimiento, demandan 2,5 empleos/MW (Secretaría de Energías Renovables, 2018).

Actualmente, según la Secretaría de Energía existen 46 PAH en funcionamiento, que suman una potencia instalada de 483 MW. En promedio, el tamaño de estos aprovechamientos, es de 10 MW cada uno, lo cual contrasta con las grandes centrales hidroeléctricas que tienen, en promedio, una potencia mayor a los 500 MW. Por su parte, existen 20 PAH fuera de servicio que suman un total de 21,5 MW de potencia y, además, se identifican 11 proyectos en etapa de planificación, que suman un total de 15,7 MW de potencia.[21]

Los PAH son poco relevantes en la matriz energética y, también, en la magnitud de potencia instalada de energía renovable. De acuerdo a información de CAMMESA (2022), los PAH representaron a diciembre de 2021 el 10,2% de la potencia instalada a partir de fuentes renovables, y el 1,2% del total de potencia instalada del país. En términos de generación eléctrica, los PAH aportaron el 6,8% de la generación renovable y 0,83% del total de generación del país en el año 2021.

*Continúa.*

[21] Diez están ubicados en la provincia de Neuquén.

*Continuación.*

En buena medida, un factor que ha desmotivado el desarrollo de estos proyectos se asocia a la falta de condiciones especiales de promoción de PAH. Tal como se ha mencionado anteriormente, estos proyectos presentan un costo elevado de generación en relación con otras tecnologías de fuentes renovables. En consecuencia, la viabilidad de estos proyectos requeriría que los desarrolladores celebren contratos de abastecimiento con precios más elevados. Por tanto, en un esquema de asignación competitiva de proyectos, las tecnologías eólica y solar resultan significativamente más convenientes, dejando afuera a los PAH. Por ejemplo, en las diversas rondas del programa RenovAr, el precio de adjudicación para los PAH duplica al precio de los proyectos eólicos y/o solares (entre 100 y 110 USD/MWh para los primeros; entre 40 y 60 USD/MWh los segundos).

En conclusión, la promoción de los PAH tiene múltiples ventajas, tanto para la transición energética como para el desarrollo productivo. A pesar del mayor costo de generación en relación a otras energías limpias, la incorporación de PAH es relevante para cumplir con los objetivos de esta Misión por su aporte a la diversificación de la matriz energética y, especialmente, por su ventaja de ser una fuente de energía de base, y también por las oportunidades que puede implicar para el desarrollo de proveedores nacionales. No obstante, para impulsarlos se requiere de políticas que contemplen sus especificidades y su mayor costo relativo. Para ello, se sugiere: i) que las licitaciones para la adjudicación de proyectos de energías renovables que se celebren en un futuro se segmenten por tecnologías y/o regiones para evitar que los proyectos de tecnologías como la solar o eólica les "ganen" a los PAH por su menor precio relativo; y/o ii) que se lleven a cabo licitaciones específicas con el objetivo de adjudicar proyectos únicamente de PAH.

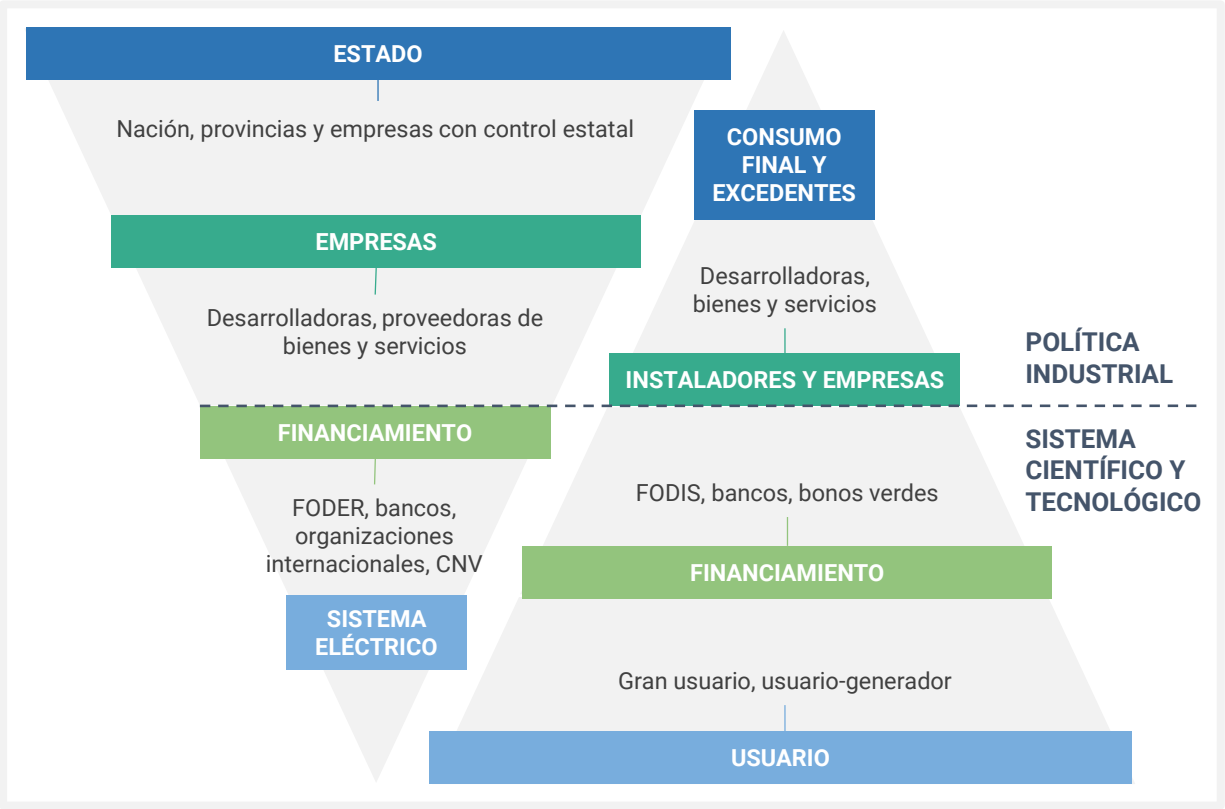
Respecto a la generación distribuida solar, Brasil también hace punta en la incorporación a nivel regional: de acuerdo a datos de la Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar) hasta agosto de 2022 contaba con 18.654 MW de potencia instalada solar, de los cuales 12.727 MW son de generación distribuida, es decir el 68% del total. Cabe destacar que en 2017 la potencia distribuida solar era de solo 190 MW, por lo que en 5 años ha dado un salto exponencial. La normativa de generación distribuida en Brasil establece un límite de potencia de hasta 5 MW, significativamente más alto que los 2 MW legislados en Argentina, y tiene más de 1,2 millones de sistemas conectados a la red bajo este marco, de los cuales el 79% son del sector residencial, 11% del sector comercial y servicios, 7,6% del sector rural, 1,7% del sector industrial y el resto del sector público. En cuanto a potencia instalada, el sector residencial tiene el 48% y el sector comercial y servicios el 30%, sector rural el 13,4% y el industrial el 6,8%. La misma fuente rescata datos relevados por la Agencia Especial de Financiamento Industrial (FINAME) del BNDES para la cadena productiva: a nivel nacional existen 82 fabricantes de kits para sistemas solares fotovoltaicos, 10 fabricantes de inversores, 8 de rastreadores solares, 8 de paneles solares, 3 de baterías y 1 de string box (dispositivos de control y conexión de cadenas de módulos).

En el caso de Chile, se ha implementado el modelo de Pequeños Medios de Generación Distribuido (PMGD): se trata de un generador cuya potencia es menor o igual a 9 MW y puede inyectar sus excedentes o bien inyectar toda la energía generada a la red de Media Tensión, en puntos cercanos al consumidor. En otras palabras, es un mecanismo para generar energía a

mayor escala que un sistema residencial, pero menor que un *utility scale* (parque de generación), y se orienta a empresas que tienen un alto consumo de energía eléctrica producto de sus operaciones industriales, con el fin de tener una alternativa al consumo energético proveniente de combustibles fósiles y, al mismo tiempo, descomprimir el sistema de transporte eléctrico[22]. Según el Coordinador Eléctrico Nacional, en junio de 2022 el PMGD contaba con 1.737 MW de capacidad instalada, de los cuales el 72% (1.242 MW) son solares fotovoltaicos, seguidos por los térmicos con el 16% (277 MW); luego los hidroeléctricos, con el 9% (164 MW); y finalmente los eólicos con el 3% (54 MW) (Energía Estratégica, 2022). Si bien el modelo chileno no contempla la promoción de nuevos encadenamientos industriales en torno a esta tecnología, al igual que el modelo brasileño tiene un esquema de generación distribuida con potencia más alta que en el caso argentino, por lo que resulta una cuestión a revisar de cara a expandir este mecanismo de producción eléctrica renovable en el futuro.

## Lineamientos de política

**FIGURA 6. ESQUEMA *TOP-DOWN* Y *BOTTOM-UP* DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA**




Una condición necesaria, aunque no suficiente, para el éxito de una política productiva es el alineamiento interno de las políticas públicas, tanto a nivel nacional como subnacional, y su

[22] Más información en Solcorchile.com.

articulación con el sector privado y el sistema científico y tecnológico. Los desafíos que impone esta condición se complejizan ante la magnitud y la importancia estratégica del proceso de transición energética que busca llevar adelante Argentina. En ese sentido, toma particular relevancia el área de financiamiento, bajo las restricciones que afronta el país en materia de divisas. Además, debe tenerse en cuenta a los usuarios, ya que se trata de un proceso que involucra directamente a los mismos mediante la posibilidad de convertirse en generadores directos de energía eléctrica renovable. Por esa razón debe pensarse que la transición energética envuelve tanto movimientos desde arriba hacia abajo (*top-down*) como desde abajo hacia arriba (bottom-up), tal como se muestra en la figura 6.

El movimiento *top-down* empieza naturalmente por el Estado, con la meta de incorporar generación de energía renovable en el sistema interconectado nacional. Además de establecer los lineamientos de política energética, debe mantener un equilibrio con las políticas climática, económica, industrial y laboral con el fin de cumplir distintos objetivos en simultáneo: honrar los compromisos internacionales de descarbonización, preservar la estabilidad macroeconómica y la disponibilidad de divisas, promover las capacidades industriales y tecnológicas nacionales y crear fuentes de empleo.

El Estado tiene en sus manos instrumentos para dirigir la inversión y la innovación público-privada hacia un horizonte sustentable (Andreoni *et al.*, 2022).

- **Identificación y coordinación de los actores del sector privado.** Para aprovechar las capacidades nacionales existentes y crear nuevas se requiere caracterizar mejor a los actores del sector privado, incluyendo desde las empresas desarrolladoras hasta los proveedores de bienes y servicios. La base del ReProEr (Registro de proveedores y bienes de origen nacional para el sector de las energías renovables) del INTI representa un gran avance en esa línea, aunque se sugiere realizar un trabajo conjunto con esta institución para implementar una encuesta periódica a dichos proveedores con el fin de alcanzar una caracterización más acabada del sector en cuanto empleo, facturación y otros aspectos. Otra línea de acción consiste en aprovechar la base de datos del bono de bienes de capital para conocer mejor las transacciones entre proveedores y demandantes, incluyendo montos facturados por bien (a nivel 8 dígitos del NCM) o la de la Factura de Crédito Electrónica MiPyME (FCEM) –cuya autoridad de aplicación es la Subsecretaría PyME– para conocer la cantidad y características de pymes proveedoras de todas las grandes empresas del sector renovable.

- **Dar previsibilidad a la generación renovable con contenido local.** Deben promoverse mecanismos de incorporación de generación renovable que otorguen previsibilidad, continuidad y escala en el tiempo para favorecer a la industria nacional. Estos mecanismos pueden ir desde nuevas subastas de proyectos renovables (no convencionales y grandes hidroeléctricas) con ciertas condicionalidades hasta la contratación o compra pública para proyectos de abastecimiento eléctrico puntuales (en sectores como educación, salud, defensa, etc.). Deberían pensarse también políticas de estímulo a la producción nacional de tecnología renovable otorgando una tarifa mayor a parques renovables que utilicen tecnología nacional, incorporando la exigencia de destinar una porción de tal diferencial

tarifario a inversiones en I+D en tecnólogos nacionales, para acelerar el acercamiento de éstos a la frontera tecnológica. Adicionalmente, la presentación de las MdI permite trazar vínculos entre nuevos proyectos y oportunidades para proveedores argentinos.

- **Financiamiento público hacia proveedores nacionales.** Debe procurarse la direccionalidad del financiamiento público hacia los proveedores nacionales, mediante premios y condicionalidades previstos en los mecanismos de subasta o en las contrataciones públicas. Esto refiere no solo a la provisión de bienes, sino también de servicios asociados a la energía renovable, por ejemplo, el software de operación y mantenimiento de los parques, donde Argentina incluso podría ser una plataforma de exportación a la región. Las experiencias internacionales antes descriptas dan marco a este instrumento y desde el Banco Nación o el Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE) se podría dar soporte. Asimismo, los esfuerzos pueden dirigirse a nutrir el FODER –tanto con recursos públicos como privados y de organismos internacionales– para activar su rol de financiamiento de proyectos renovables. Una vía de obtención de recursos públicos a explorar es la captura de renta hidrocarburífera, en la medida que un mayor volumen de exportaciones de crudo y gas natural proveniente de Vaca Muerta –en el mediano plazo– y de las nuevas explotaciones offshore –en el largo plazo– permitan al Estado recaudar mayores ingresos en concepto de retenciones y/o regalías y destinar una parte de los mismos a la transición energética.

- **Fortalecer el cluster renovable nacional.** El fortalecimiento del cluster renovable implica una tarea mancomunada entre gobierno nacional y provinciales que no solo da un marco federal a la transición, sino que también puede potenciar capacidades locales detectadas por los Estados subnacionales. Por esa razón, es menester darle continuidad y profundidad al espacio del cluster.

- **Impulsar una integración regional virtuosa para la fabricación de equipamientos renovables.** Se debe definir una estrategia de complementación productiva con Brasil en el segmento de aerogeneradores, por ejemplo, en lo que concierne a palas o torres. Respecto a palas, Argentina cuenta con tres tipos diferentes de vientos que requieren distintas variantes de este producto. Aprendiendo de las lecciones que genera el sector automotriz -en donde las plataformas duplicadas disminuyen la escala y la eficiencia (ver Misión 4)-, Argentina debería especializarse en un único modelo de palas con vistas a tener una escala suficiente que permita ganar competitividad. Asimismo, debería pensarse en un esquema símil flex entre ambos países –tal como ocurre en el sector automotriz– con vistas a tener un intercambio comercial medianamente equilibrado entre ambos países.

- **Potenciar el rol de las empresas públicas en la transición energética**. Las empresas públicas o aquellas controladas por el Estado son vehículos fundamentales del proceso de transición. La centenaria YPF, cuyo paquete accionario es controlado en un 51% por Nación y las provincias productoras de hidrocarburos, tiene como subsidiaria a la empresa YPF Luz (YPF Energía Eléctrica S.A.), la cual desarrolla proyectos de energía eólica y solar en el mercado argentino. A través de la misma, se puede promover la compra de bienes y contratación de servicios de origen nacional. Anteriormente, fueron comentados los casos de IMPSA y de la fábrica de paneles solares de EPSE. No obstante, difieren las

recomendaciones para cada una: IMPSA podría crecer al calor de grandes servicios de reparaciones –incluso exportándolos a otros países– y la provisión de aerogeneradores en proyectos puntuales, vinculados a la generación eléctrica para el sector público o para proyectos de hidrógeno verde, en lugar de competir en subastas internacionales donde se ve desfavorecida en escala y precios ofertados. Respecto a EPSE, es una experiencia a seguir de cerca una vez que se inaugure la fábrica, para extraer aprendizajes que sirvan al sector solar nacional.

- **Promover esquemas de financiamiento específicos para I+D en tecnologías renovables.** Es necesario incrementar las capacidades tecnológicas de las empresas nacionales de ingeniería y servicios con capacidad de participación como proveedoras del sector. Para ello, deben contemplarse líneas específicas de financiamiento que permitan desarrollar un plantel profesional especializado, avanzar en I+D y proyectos piloto potencialmente escalables.

- **Incrementar la coordinación y las sinergias con el sistema de CyT.** En línea con el punto anterior, la política industrial debe buscar más sinergias con el sistema CyT de manera que apalanque procesos virtuosos de desarrollo e innovación de tecnologías renovables. Recientemente, la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (Agencia I+D+i), a través del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC), realizó una convocatoria para financiar proyectos que busquen fortalecer las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación locales que aporten al proceso de transición energética. La convocatoria de la Agencia I+D+i se enmarcó en la definición de la transición energética como uno de los diez desafíos nacionales contemplados por el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2030. Como resultado se adjudicaron doce proyectos por un monto total superior a $1.100 millones, aunque el foco estuvo puesto en tecnologías tales como baterías de litio, energía undimotriz, hidrógeno verde, biocombustibles y energía termosolar más que en eólica o solar.[23] El seguimiento y multiplicación de este tipo de proyectos en conjunto con las áreas de energía y producción pueden constituirse en una gran oportunidad para generar conocimiento científico y aplicaciones tecnológicas en el proceso de transición.

- **Incentivar la formación técnico-profesional en disciplinas ligadas a la producción industrial para la transición energética.** Es necesario direccionar la formación hacia carreras demandadas en empresas nacionales proveedoras de bienes y servicios del sector renovable como las siguientes ingenierías: industrial, mecánica, eléctrica, electrónica, química, civil, electromecánica, gerencial y ambiental.

[23] Para más información ver Agencia.mincyt.gob.ar.

**Recuadro 9. La transición energética como oportunidad para cerrar brechas de género**

A nivel mundial las energías renovables contaban con 12 millones de puestos de trabajo en 2020. En un contexto de transición energética se espera que, al 2050, alcance los 21 millones de empleos en el sector de energías renovables (IRENA, 2021).

Sin embargo, el sector de energía está muy masculinizado y, actualmente, solo 1 de cada 3 puestos de trabajo está ocupado por mujeres en el sector de energías renovables a nivel mundial. La reducida participación de las mujeres se acentúa en los puestos que requieren formación técnica –denominados "STEM", por sus siglas en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas– y en los espacios donde se toman decisiones (IRENA, 2019).

En Argentina la equidad de género es también una cuenta pendiente. De acuerdo al informe del BID recientemente publicado, que recopila datos de empresas del sector de generación de energía eléctrica, las mujeres tienen mayor participación en el sector de energías renovables (por ejemplo, en energía eólica, 30%) que en el de fuentes no renovables (en energía térmica, el 9%). En lo que respecta a puestos STEM, las mujeres ocupan un 30% en energías renovables y el porcentaje baja a 24% en las no renovables. Por último, solo 1 de cada 8 personas es mujer en puestos de decisión en empresas pequeñas, y 1 de cada 10 lo es en empresas grandes (Beaujon Marín *et al.*, 2022).

La transición energética para que sea justa y equitativa debe proponerse no solo metas de descarbonización sino también debe incluir como objetivo cerrar las brechas de género. La importancia de cerrar las brechas de género tiene varias aristas. En primer lugar, para las empresas es beneficioso porque incrementan la cantidad de personas calificadas disponibles y, además, la diversidad en los equipos de trabajo puede tener un impacto positivo en la productividad, rentabilidad e innovación (Schomer y Hammond, 2020). En segundo lugar, para las mujeres les permite mejorar sus ingresos, especialmente cuando ocupan puestos STEM, y además representa una oportunidad para ocupar espacios en lugares de toma de decisiones. En consecuencia, la equidad en el sector energético puede contribuir a reducir la desigualdad del ingreso entre hombres y mujeres, a disminuir la segregación vertical y, por tanto, a tener una sociedad más justa y equitativa.

Más allá de los beneficios pragmáticos, promover la igualdad de género y diversidad en el sector de energía tiene un rol estratégico en el marco de los desafíos que presenta el cambio climático, la transición energética y alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en 2030. Para mejorar la equidad de género en el sector energético se propone: i) disponer de información sobre la situación de las mujeres que permita tener un diagnóstico acabado como punto de partida para el diseño, implementación y evaluación de políticas; ii) incorporar acciones para incrementar la participación de mujeres en puestos STEM, comenzando con campañas para eliminar los estereotipos de género, incentivar a que más mujeres estudien carreras técnicas y promover el vínculo entre universidades y empresas; y iii) establecer medidas para reducir la segregación vertical –tanto en el sector público como en el privado– a través de programas de mentoreo y apoyo al desarrollo profesional de las mujeres. Asimismo, se recomienda avanzar con las iniciativas impulsadas desde el área de género del Ministerio de Economía para incrementar la inserción de mujeres y diversidades en sectores estratégicos:

*Continúa.*

*Continuación.*

1. Desarrollar incentivos como la reducción de contribuciones patronales a empresas que incorporen de manera incremental a mujeres y diversidades en la composición de sus planteles, especialmente en puestos estratégicos, siguiendo la misma línea de la Ley de Economía del Conocimiento, del proyecto de Ley de Hidrocarburos y el Régimen de Promoción de Generación de Empleo en el Norte Grande. Se propone el siguiente esquema de exenciones de contribuciones patronales: el primer año la reducción alcanza el 80%; el segundo, un 55%; y en el tercero, un 30%.

2. Crear un Fondo para la Promoción de Mujeres y Diversidades en el Crecimiento Argentino, que otorgue becas que otorgue becas para cursar tecnicaturas y carreras de grado a mujeres y personas trans, travestis, transexuales o transgénero que se inscriban en Universidades Nacionales a estudiar distintas ramas de Ingeniería (Civil, Informática, en Petróleo, Ambiental, entre otras), Geología, Física, Informática, entre otras carreras vinculadas a las necesidades de estos sectores, con el objetivo de que estos recursos humanos se inserten o asciendan a puestos jerárquicos dentro de las empresas del sector. Al respecto, es posible articular con el plan de Becas Belgrano, dependiente de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación, para priorizar en la asignación de becas a mujeres y diversidades que cursen las carreras señaladas. A su vez, el financiamiento de este Fondo podría realizarse a través de los compromisos asumidos como Responsabilidad Social Empresaria.

3. Crear una Mesa de Seguimiento para la Promoción de Mujeres y Diversidades en el Crecimiento Argentino, compuesta por las cámaras empresariales y los Estados nacional y provinciales, que impulse la aplicación de la reglamentación de la Ley de Contrato de Trabajo en el sector y la creación de fondos destinados a la construcción de espacios de primera infancia para las comunidades y provincias en las que se insertan las empresas.

Respecto al movimiento *bottom-up*, cabe destacar que es un impulso hacia la descarbonización que no se ha detenido a pesar de la crisis económico-financiera de 2018-2019. Tras la paralización del plan RenovAr –aun teniendo en cuenta los proyectos que restan entrar en operación–, se siguió incorporando potencia eléctrica renovable a través del MATER y de la generación distribuida. En este contexto, se destacan los siguientes lineamientos de política adicionales:

- **Financiamiento para que grandes usuarios del sistema eléctrico incorporen energías renovables con contenido local.** Los Grandes Usuarios (GU) del sistema eléctrico deben ajustarse a la meta estipulada por la Ley 27.191 que fijó un consumo eléctrico de origen renovable del 20% sobre el total de su consumo en el año 2025, pero también se pudo observar que buena parte de ellos está trazando metas para incrementar su consumo de fuentes renovables hacia 2030. Lo hacen por diversos motivos: mandato de sus casas matrices, "competencia verde" en mercados globales, reputación de la empresa ante sus clientes y, actualmente, también por los menores costos relativos de la energía renovable respecto a la convencional. En ese sentido, surge una oportunidad para diseñar una política industrial a partir de líneas de financiamiento que estimulen la adquisición de

componentes/tecnologías nacionales de fuentes renovables por parte de los GU en sus contratos del MATER o para la autogeneración.

- **Promover la descarbonización de la minería con fabricación nacional de equipos renovables**. Otro sector que consume grandes volúmenes de energía eléctrica es la minería a gran escala. En conjunto con la Misión 8 del Plan Argentina Productiva 2030, se analizaron a priori oportunidades en los proyectos mineros que no están conectados al sistema eléctrico nacional para reemplazar generación eléctrica con combustibles fósiles por generación renovable con participación de la industria nacional. De acuerdo a estimaciones de la Secretaría de Minería, reducir la huella de carbono en un 30% en 13 grandes proyectos mineros requeriría inversiones por entre 63 y 71 millones de dólares (según se trate de solar fotovoltaica y eólica, respectivamente). Para canalizar esa demanda hacia fabricación local podría analizarse atar los beneficios de la Ley de Inversiones Mineras a metas de descarbonización con producción nacional u otorgar un porcentaje de libre disponibilidad de divisas a aquellas firmas mineras que acrediten inversiones en energías renovables con un mínimo de contenido local.

- **Ampliar el mercado de capitales nacional ligado a renovables**. Otro factor de impulso desde abajo está dado por la progresiva ampliación del mercado de capitales nacional vinculado a proyectos de generación renovable. En materia de finanzas sostenibles cabe resaltar la labor que viene haciendo la Comisión Nacional de Valores (CNV), organismo que elaboró en 2019 los Lineamientos para la emisión de Valores Negociables Sociales, Verdes y Sustentables en Argentina, que constituyen el marco conceptual para la emisión de instrumentos financieros específicos que generen impacto social y/o ambiental positivo a través del mercado de capitales. A su vez, en el año 2021 publicó tres guías para la inversión, emisión y evaluación de Bonos Sociales, Verdes y Sustentables (SVS) y en 2022 aprobó un régimen especial de productos de inversión colectiva sustentables, que contempla la creación de Fondos Comunes de Inversión Abiertos y Cerrados y Fideicomisos Financieros que inviertan en activos sostenibles, entre ellos, los valores negociables sociales, verdes y sustentables (Resolución 885/2021). Bajo los Lineamientos de la CNV, Bolsas y Mercados Argentinos S.A. (BYMA) lanzó el Panel para Bonos Sociales, Verdes y Sustentables (Panel de Bonos SVS) en julio de 2019, con su respectivo reglamento, para que las obligaciones negociables, títulos públicos, fondos comunes de inversión cerrados y fideicomisos financieros puedan acceder a este panel especial. Hasta mayo de 2022, el Panel de Bonos SVS constaba de 16 bonos verdes, de los cuales 12 estaban destinados a proyectos de energías renovables por un monto total que supera los U$S 850 millones, entre cuyos emisores se encuentran empresas desarrolladoras como Genneia S.A., Luz de Tres Picos S.A., YPF Energía Eléctrica S.A., Pampa Energía S.A., Central Puerto Manque (S.A.U.) y CP Los Olivos (S.A.U.), Zuamar S.A. y Termoeléctrica S.A. (CNV, 2022). Si bien este mercado de bonos verdes es aún incipiente en Argentina y no ofrece por ahora mejores tasas ni mejores plazos que otras opciones de financiamiento como el crédito bancario, sí parece generar interés tanto de emisores como de inversores. Entre los obstáculos para su crecimiento, se encuentran el costo de las certificaciones de las calificadoras de riesgo –dominado por empresas extranjeras–, las garantías a las que no pueden acceder pequeños emisores que no tienen suficientes

antecedentes y el riesgo país. Igualmente, se muestra como un mercado atractivo para que empresas del rubro puedan fondearse y, al mismo tiempo, pequeños y medianos ahorristas interesados en proyectos de energía renovable puedan acercarse adquiriendo títulos de deuda a través de instituciones financieras.

- **Financiar la generación distribuida con equipos de fabricación nacional.** En cuanto a la generación distribuida, la cantidad de usuarios-generadores se sigue incrementando en todo el país, especialmente en aquellas provincias que adhirieron a la Ley 27.424, y se espera que continúe creciendo. Por lo tanto, es necesario instrumentar medidas que apoyen la industria nacional. En principio, se identifican dos sectores diferenciados. Por un lado, el sector residencial para el cual se puede auspiciar un kit nacional, es decir un equipo que contenga la mayor cantidad de componentes fabricados en Argentina, en conjunto con el INTI, fabricantes nacionales e instaladores. Por otro lado, el sector industrial, cooperativo y vivienda social: también se debe diseñar una política específica con el fin de incrementar el uso de componentes nacionales en los equipos que se instalen en este sector. Una de las prioridades para el segmento de generación distribuida es activar el FODIS para la implementación de líneas de financiamiento a tasas de interés razonables para emprendimientos de ambos sectores, aunque también se debe condicionar a la adquisición de equipamiento nacional.

- **Promover líneas de financiamiento y asociativismo para descarbonización de parques industriales con equipamientos nacionales.** Es posible descarbonizar los parques industriales a partir de generación distribuida, lo cual a su vez permitiría simultáneamente: a) descomprimir al sistema de transporte de energía eléctrica, b) ganar futuras ventajas en materia de exportación a mercados que exigen menor huella de carbono, y c) traccionar la fabricación nacional de equipamientos renovables. De acuerdo a información de la Subsecretaría de Industria, Argentina tiene 312 parques industriales con 6.764 empresas. De esos parques, unos 80 (con 1.900 empresas) se encuentran en zonas favorables para la energía eólica y la gran mayoría del resto en regiones con buenos niveles de radiación solar. En este contexto, se requieren los siguientes lineamientos:

  - Conocer el consumo eléctrico de las empresas de esos parques, para saber detalladamente la potencia a instalar.

  - A partir del Programa de Parques Industriales o del FONDEP, podría ofrecerse una línea de financiamiento para la compra de equipamientos renovables de origen nacional en parques industriales. Es relevante que la línea de financiamiento sea a largo plazo y tasa conveniente, pero además que tenga un monto mínimo lo suficientemente elevado como para incentivar una producción de equipamiento a escala que permita reducir costos tanto en fabricantes locales (como por ejemplo IMPSA o EPSE) como en la generación eléctrica.

  - En este sentido, debería pensarse en una herramienta para fomentar la asociatividad entre los parques industriales más pequeños como para que se pueda alcanzar el mínimo de demanda bajo el cual el proyecto sería económicamente viable.

Además de las mencionadas medidas, es necesario incrementar la feminización del sector energético y el de sus proveedores. Para ello se proponen algunas líneas adicionales (ver recuadro 9).

## Metas propuestas a 2030[24]

- Aumentar el abastecimiento de la demanda de energía eléctrica con renovables conectadas a la red del 13% actual al 25%.
- Alcanzar una potencia solar fotovoltaica producida con equipamientos nacionales de 850 MW (acumulado 2023-2030).
- Alcanzar una capacidad de producción nacional de turbinas para energía eólica de más de 800 MW anuales.
- Aumentar la generación distribuida de los 17 MW (2022) a 1000 MW en 2030.
- Incrementar en 8 p.p. la feminización del sector de energías renovables, alcanzando una participación de 25% en 2030.
- Ampliar la cantidad de empresas inscriptas en el REPROER (bienes) de 271 (2022) a 500 en 2030.
- Acrecentar la cantidad de puestos de trabajo en empresas inscriptas en el REPROER (bienes) en 83%, del actual 38.181 (2022) a 70.000.
- Incrementar en 5 puntos el porcentaje de empresas inscriptas en el REPROER (bienes) fuera de CABA+PBA de 49% (2022) a 54%.

[24] Las metas proyectadas se estiman en función de los avances en Argentina y la situación global.

# Proyecto 2. Desarrollar reactores modulares nucleares a escala comercial para la producción y la exportación

## Introducción

Como fuera mencionado, la transición energética requiere avanzar en la incorporación de energías limpias a la matriz energética, para lo cual la expansión de los proyectos de energías renovables debe ser parte de dicho proceso. Sin embargo, más recientemente, la energía nuclear ha recuperado atención como medio para descarbonizar los sistemas energéticos por dos razones muy relevantes: durante su operatoria las emisiones de $CO_2$ son mínimas, y constituye una fuente de generación de energía eléctrica sin intermitencia, a diferencia de lo que ocurre con las energías renovables no convencionales.

Si bien es cierto que la mayoría de los países están llevando a cabo acciones para una transición energética y, en algunos casos, para alcanzar la neutralidad de carbono al 2050, el interés de diversificar la matriz energética se acentuó con el reciente proceso de incremento de los precios internacionales de los combustibles fósiles, especialmente a partir del comienzo del conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, lo que no solo impacta negativamente en las balanzas comerciales de los países sino también atenta contra su seguridad energética.

En este contexto, la energía nuclear puede constituirse como una opción complementaria a las energías renovables para la generación de energía limpia. Vale tener en cuenta que actualmente priman las centrales nucleares tradicionales, con alta potencia instalada, las cuales demandan una elevada inversión inicial para su puesta en marcha.

Las nuevas tecnologías de los reactores modulares pequeños (SMR, por su denominación en inglés *Small Modular Reactors*) abren una ventana de oportunidad al viabilizar la construcción de centrales nucleares de menor escala, lo que demanda menor inversión de capital y facilita su financiamiento. Asimismo, los SMR pueden jugar un rol particularmente destacado en regiones con características geográficas particulares, como zonas insulares (por ejemplo, Indonesia tiene una estrategia en torno a SMRs) o de muy baja densidad demográfica (como en zonas mineras). A su vez, también pueden ser relevantes en ciudades costeras para habilitar procesos de desalinización de agua, los que requieren de energía.

En Argentina existen tres centrales nucleares operativas, todas de alta potencia: Atucha I, Atucha II y Embalse (ubicadas las primeras en Buenos Aires y la última en Córdoba), y un proyecto para la construcción de la cuarta central, Atucha III.[25] Al mismo tiempo, nuestro país es uno de los pocos que se encuentra desarrollando un SMR, habiendo sido pionero con el prototipo de investigación CAREM-25, capaz de generar 25 MWe, en el que trabaja la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) además, de haber iniciado el desarrollo del CAREM comercial.

[25] A modo de ejemplo, se estima que se requieren USD 8.300 millones para la construcción de Atucha III que tendría una potencia instalada de 1.200 MW.

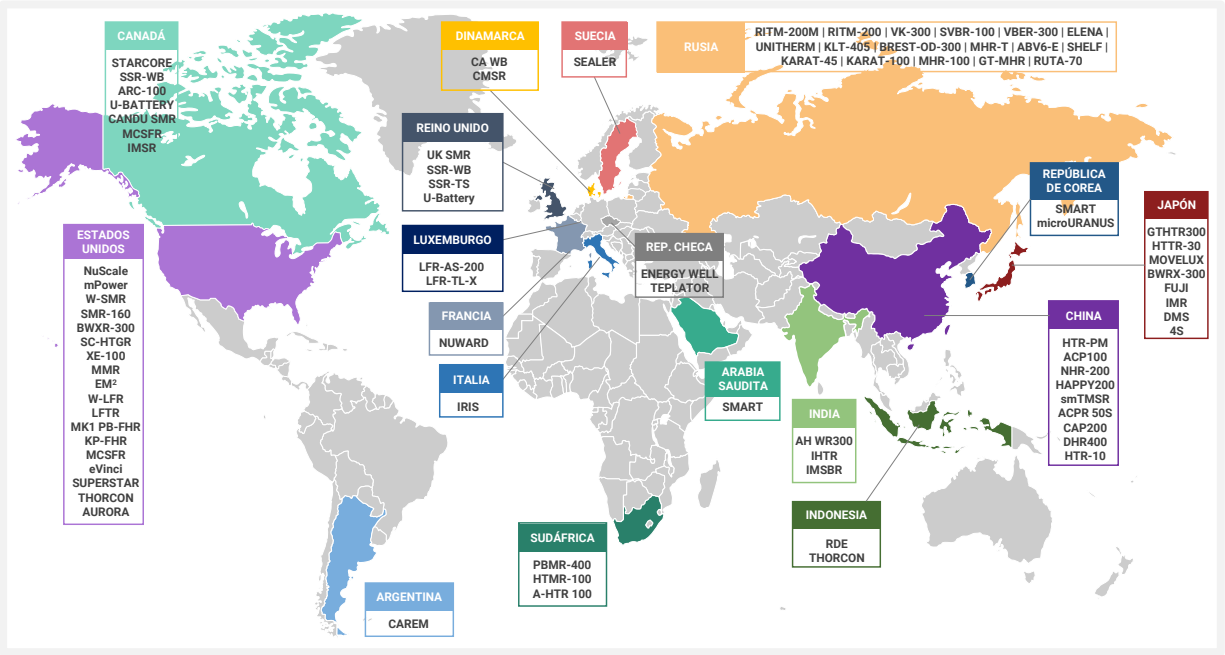
La gran ventaja del CAREM-25 es que permitió ampliar la trayectoria nuclear de Argentina, al fortalecer y formar a los equipos de ingeniería del complejo nuclear, ganando capacidades científico-tecnológicas en materia de reactores. La experiencia acumulada en la trayectoria de desarrollo del prototipo ubica a Argentina en una posición ventajosa para proyectarse a futuro como proveedor de SMR tanto para el mercado nacional como para el mercado internacional.

## SMR: definiciones, tecnologías y experiencias internacionales

Los Small Modular Reactors (SMRs) son definidos por la Agencia de Energía Nuclear (NEA por sus siglas en inglés) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), como aquellos reactores nucleares con una potencia de salida entre 10 MW y 300 MW que incorporan una modularización, estandarización y niveles de construcción en fábrica que permiten modelos de entrega en serie.

La propiedad modular de los reactores permite que los sistemas y componentes se ensamblan en fábrica y se transporten como una sola unidad para su instalación. Adicionalmente, la modularidad permite ampliar la generación en función de las necesidades de abastecimiento, anexando módulos a una instalación ya existente, es decir, pueden desplegarse gradualmente para ir ajustándose a la demanda creciente de energía. El grado de modularización varía según los diseños, adoptando diferentes configuraciones que van desde instalaciones de una sola unidad y plantas de módulos múltiples hasta conjuntos de energía móviles como, por ejemplo, las unidades flotantes (OCDE y NEA, 2021).

**MAPA 1. INICIATIVAS DE SMR EN EL MUNDO**




Fuente: reproducido de IAEA (2020).

Según la Agencia Internacional de la Energía Atómica, hacia el año 2020 había al menos 72 conceptos de SMR en desarrollo en el mundo, lo que implicaba un aumento respecto a los avances que se verificaban en 2018 cuando eran aproximadamente 50 (IAEA, 2020, 2018).

Estos prototipos difieren en diversos aspectos, incluyendo la potencia, el combustible y el mecanismo de refrigeración (OCDE y NEA, 2021). Por otro lado, algunos SMR son montados en barcos, siendo unidades de generación móvil. Según la OCDE y NEA (2021) existe una muestra significativa de 25 diseños de reactores modulares pequeños en el mundo. Los países que han comunicado estar en etapa de desarrollo y diseño son: Argentina, Canadá (3), China (3), Corea, Estados Unidos (10), y Estados Unidos en alianza con Japón, Francia y Rusia (2). Los diseños de SMR pueden clasificarse en cinco grandes grupos:

- **LWR- SMR de un solo módulo:** utilizan tecnología *light water reactor* (LWR, son reactores refrigerados con agua liviana) y combustibles para proporcionar unidades independientes que pueden reemplazar pequeñas unidades de combustible fósil o implementarse como generación distribuida. El prototipo CAREM-25 está incluido en esta categoría.

- **LWR - SMR multimodular:** también utilizan tecnología LWR, y pueden ser operados como reemplazo de la capacidad de carga de tamaño mediano o en una generación distribuida marco, dependiendo de la capacidad de generación.

- **SMR móviles:** actualmente aplican tecnología LWR y están destinados a trasladarse fácilmente de un lugar a otro. Los reactores flotantes están incluidos en esta categoría.

- **SMR de IV generación:** no aplican tecnologías LWR e incluyen muchos de los conceptos que han sido investigados en el Foro Internacional de Generación IV en los últimos años. Estos reactores utilizan refrigerantes alternativos (metal líquido, sal fundida o gas) y diferentes configuraciones del sistema respecto a los LWR.

- **Reactores Micro Modulares (MMR):** son diseños de menos de 10 MW de capacidad, generalmente de operación semiautónoma, y con transportabilidad más sencilla que los SMR más grandes. Estas tecnologías normalmente no están basadas en LWR y aplican una amplia gama de enfoques tecnológicos, incluidas las tecnologías Gen IV (los de IV generación, mencionados anteriormente). Los MMR están destinados principalmente a la operación fuera de la red en ubicaciones remotas.

Los reactores contenidos en el primer grupo son los que presentan un estadio más avanzado, estando algunos en etapa de construcción (CAREM-25 en Argentina, ACPR50S, en China) o en operación comercial (KLT-40S, en Rusia). Otros diseños han avanzado inicialmente con los pasos necesarios para obtener las licencias, con objetivo de comenzar a construir prototipos iniciales para el año 2030 (OCDE y NEA, 2021). Es importante destacar que el término "SMR" se ha adoptado para referenciar a todos los diseños de reactores pequeños. Sin embargo, existen diferencias significativas entre los principales tipos de SMR, especialmente en el grado de modularización.

## CUADRO 5. LISTADO DE DISEÑOS DE SMR EN DESARROLLO EN EL MUNDO

| Diseño | Potencia neta por módulo (Mwe) | N° de módulos | Tipo | Diseñador | País | Estado de avance |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **LWR - SMR de un solo módulo** | | | | | | |
| CAREM | 25/32* | 1 | PWR | CNEA | Argentina | En construcción |
| SMART | 100 | 1 | PWR | KAERI | Corea | Diseño certificado |
| ACP100 | 125 | 1 | PWR | CNNC | China | En construcción (2019) |
| SMR-160 | 160 | 1 | PWR | Holtec International | Estados Unidos | En diseño |
| BWEX-300 | 300 | 1 | BWR | GE Hitachi | Estados Unidos-Japón | En proceso de licencia |
| CANDU SMR | 300 | 1 | PHWR | SNC-Lavalin | Canadá | Diseño conceptual |
| UK SMR | 450 | 1 | PWR | Rolls Royce | Reino Unido | Diseño conceptual |
| **LWR- SMR multimodular** | | | | | | |
| NuScale | 50 | 12 | PWR | NuScale Power | Estados Unidos | Diseño certificado (2022) |
| RITM-200 | 50 | 2 | PWR | OKBM Afrikantov | Rusia | Diseño conceptual |
| Nuward | 170 | 2 a 4 | PWR | CEA/EDF/Naval Group/TechnicAtome | Francia | Diseño conceptual |
| **SMR móviles** | | | | | | |
| ACPR50S | 60 | 1 | PWR Flotante | CGN | China | En construcción |
| KLT-40S | 35 | 2 | PWR Flotante | OKBM Afrikantov | Rusia | Operación comercial |
| **SMR IV Generación** | | | | | | |
| Xe-100 | 80 | 1 a 4 | HTGR | X-energy LLC | Estados Unidos | Diseño conceptual |

*Continúa.*

*Continuación.*

| Diseño | Potencia neta por módulo (Mwe) | N° de módulos | Tipo | Diseñador | País | Estado de avance |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **SMR IV Generación** | | | | | | |
| ARC-100 | 100 | 1 | LMFR | Advanced Reactor Concepts LLC | Canadá | Diseño conceptual |
| KP-FHR | 140 | 1 | MSR | Kairos Power | Estados Unidos | Prediseño conceptual |
| IMSR | 190 | 1 | MSR | Terrestrial Energy | Canadá | Diseño básico |
| HTR-PM | 210 | 2 | HTGR | China Huaneng/CNEC/ Tsinghua University | China | En construcción |
| EM2 | 265 | 1 | GMFR | General Atomics | Estados Unidos | Diseño conceptual |
| Stable Salt Reactor | 300 | 1 | MSR | Moltex Energy | Reino Unido | Pre-Diseño conceptual |
| Natrium | 345 | 1 | SFR | Terrapower/GE Hitachi | Estados Unidos | Diseño conceptual |
| Westing-house Lead Fast Reactor | 450 | 1 | LMFR | Westinghouse | Estados Unidos | Diseño conceptual |
| **MMR** | | | | | | |
| eVinci | 0.2-5 | 1 | Heat Pipe Reactor | Westinghouse | Estados Unidos | Diseño básico |
| Aurora | 2 | 1 | LMFR | Oklo | Estados Unidos | Pedido de licencia solicitado a US NRC |
| U-Battery | 4 | 1 | HTGR | Urenco and partners | Reino Unido | Diseño básico |
| MMR | 5 a 10 | 1 | HTGR | USNC | Estados Unidos | Diseño básico |

Notas: este listado no es exhaustivo. BWR: reactor de agua en ebullición; PWR: reactor de agua presurizada; PHWR: reactor de agua pesada presurizada; HTGR: Reactor de gas de alta temperatura; LMFR: Reactor rápido de metal líquido; GMFR = Reactor rápido de gas; MSR: Reactor de sal fundida; SFR: reactor rápido refrigerado por sodio. *Dato relevado en entrevistas a referentes clave del proyecto CAREM-25. **: Originalmente diseñado para generar una potencia de 25 MW eléctricos (de allí el nombre "CAREM-25" como identificación del prototipo), a raíz de sucesivas mejoras en la ingeniería y gracias a la tecnología que se aplicará en el turbogrupo, el prototipo CAREM será capaz de generar una potencia eléctrica superior a los 32 MWe. Fuente: elaboración propia con base en OCDE y NEA (2021).

Del cuadro 5 se desprende que solo Argentina, China y Rusia han superado el estadio de diseño aunque China y Rusia tienen más de una iniciativa, en tanto que solo el modelo de Rusia se encuentra en operación comercial. Cabe señalar que Argentina es el único país latinoamericano que ha iniciado el desarrollo de este nuevo tipo de reactor nuclear, lo que potenciará sin dudas la trayectoria nuclear del país y de la región.

Los pequeños reactores modulares tienen numerosos beneficios o ventajas respecto de los grandes reactores tradicionales (Caro, 2019; IAEA, 2021; OCDE y NEA, 2021; World Nuclear Association, 2022), los cuales pueden resumirse en:

- **Diseño integral:** incorpora todos los componentes del sistema de suministro de vapor nuclear en un solo recipiente. Esta configuración aumenta sustancialmente la capacidad calorífica y la inercia térmica del sistema, lo cual mejora la seguridad y simplifica la operación y mantenimiento. La cantidad de integración varía según el modelo. Por ejemplo, hay varios prototipos en el mundo que son un PWR pequeño con todo afuera, incluso los generadores de vapor, lo cual requiere como paso futuro avanzar en dicha integración para poder exportarlo comercialmente. En el caso del CAREM, se trata de un modelo muy integrado (generadores de vapor, mecanismos de control, circulación natural sin bombas externas, autopresurizado, etc.).

- **Seguridad inherente:** la mayor seguridad de los SMR respecto de las centrales convencionales se debe a varios factores. En primer lugar, se eliminan por diseño algunos eventos iniciantes (por ejemplo, en el CAREM, al tener mecanismos de control integrados, se eliminan los accidentes de eyección de barras). Segundo, la incorporación de sistemas de seguridad completamente pasivos –que no requieren intervención humana ni uso de electricidad para operar, solo utilizan fuerzas naturales (por ejemplo, la gravedad)– que generan un período de gracia en el que la planta luego de un evento se mantiene en un estado seguro sin intervención humana. Tercero, los sistemas que permiten extender el período de gracia ilimitadamente sin electricidad –por ejemplo en el CAREM solo colocando un camión cisterna con agua en una cañería–. Cuarto, la menor potencia de salida y la mayor relación superficie-volumen que ofrecen los modelos más pequeños aumentan la eficiencia de los sistemas de seguridad, presentando menor probabilidad de accidentes.

- **Modularización y fabricación:** los SMR podrían construirse en un entorno de fábrica y luego instalarse módulo por módulo, mejorando el nivel de calidad y facilitando la construcción. Esto implica una serie de beneficios adicionales:

  – Asequibilidad y financiamiento: permite superar las barreras financieras que afectan la construcción de las unidades más grandes, representando una oportunidad para países que enfrentan restricciones financieras y económicas.

  – Producción en serie: permite ahorrar costos y tiempo de construcción.

- **Flexibilidad:** por su baja potencia otorgan flexibilidad operacional que permitiría combinarlos con las energías renovables de manera de suplir las dificultades de sus intermitencias.

- **Tamaño:** al ocupar menos espacio, los SMR pueden instalarse en lugares donde no podrían ubicarse centrales nucleares tradicionales. Además, por su tamaño pequeño y la mayor seguridad, pueden instalarse en países con menor experiencia y tradición en energía nuclear.

Dado que el desarrollo de los SMR se encuentra en un estadio incipiente, en términos de que ningún país comercializa activamente este tipo de reactores, la determinación del costo y el valor que estos reactores tendrán en el mercado es muy compleja. Las estimaciones actuales (por ejemplo, de la IAEA) hablan de un mercado potencial de USD 300.000 millones.

**Los combustibles nucleares**

En lo que respecta a los combustibles nucleares, estos se encuentran en el núcleo de los reactores y suele ser uranio natural, levemente enriquecido, enriquecido o mezclas de uranio-plutonio, dependiendo del tipo de reactor. Lo que se busca en todos los casos es generar la fisión de los átomos del combustible nuclear, los cuales liberan gran cantidad de calor (Fraguas, 2019).

El uranio es un mineral metalífero que se encuentra en bajas concentraciones en el suelo y en el agua en áreas continentales de algunos países, y constituye el punto de partida del ciclo del combustible nuclear. Por ciclo de combustible se entienden todas las actividades industriales que van desde la minería del uranio hasta la entrega del combustible en la central nuclear (Quilici, 2010). El uranio puede utilizarse en su estado natural, levemente enriquecido o enriquecido. El enriquecimiento consiste en procesos físico-químicos para aumentar la proporción del isótopo U-235, que es el componente fundamental para generar electricidad (Fundación YPF, 2022).[26]

Se espera que los LWR-SMR desarrollen ciclos de combustible iniciales compatibles con las capacidades industriales existentes, en particular en términos de nivel de enriquecimiento (por debajo del 5%) o tipo de combustible y ensamblaje. La gama de tecnologías de quemado y combustible también significa que en un primer acercamiento el combustible de estos reactores debe ser compatible con las soluciones de reprocesamiento para los países que han establecido estrategias para cerrar su ciclo de combustible.

Según la Agencia Internacional de Energía Atómica (2020), los desarrolladores no han descartado la posibilidad de que los SMR usen combustible de óxido mixto (compuesto de uranio empobrecido y plutonio), aunque no es una prioridad en el estadio incipiente de desarrollo en el que se encuentran. La menor eficiencia térmica observada en los diseños LWR-SMR significa que los requisitos de uranio por kilovatio hora (kWh) de energía producida serán mayores y tendrán un impacto directo en los costos del ciclo de combustible.

[26] El uranio natural es una mezcla de los isótopos U-235 y U-238 que difieren en sus propiedades radiactivas, representando el U-235 solo el 0,72% del uranio natural siendo este el único fisionable y, por lo tanto, utilizado como materia prima en las centrales nucleares para generar electricidad (Fundación YPF, 2022). El enriquecimiento de uranio, por su parte, consiste en aumentar la proporción del isótopo U235 a través de procesos físico-químicos, presentando el uranio levemente enriquecido el 0,85 % del isótopo U-235, y el uranio enriquecido entre 3 y el 5% del U-235 (Quilici, 2010).

En Argentina, para generar el combustible se importan concentrados de óxidos de uranio (UOC o *yellow cake*), que son el producto final de una mina de uranio, que contiene aproximadamente un 85% de uranio natural (NU). Este concentrado es purificado químicamente a dióxido de uranio (UO2) en Dioxitek S.A. (Córdoba) y se transporta a CONUAR S.A. (Ezeiza) en donde el NU (uranio natural 0,7% U-235) se mezcla con una pequeña cantidad de uranio levemente enriquecido (LEU), importado (3-4% U-235) para manufacturar el combustible de Atucha I. Para el funcionamiento de Embalse y Atucha II se usa solo uranio natural (Ministerio de Energía y Minería, 2016). Para el prototipo del CAREM-25 el combustible seleccionado es uranio enriquecido al 3,1%.

Cabe mencionar que Argentina producía el ciclo completo del combustible, aunque desde 1997 se suspendió la extracción y producción de concentrado de uranio en el yacimiento Sierra Pintada, localizado en la Provincia de Mendoza, suplantando la materia prima nacional por importada.[27]

Ahora bien, es importante mencionar que si bien el uranio enriquecido se importa, el resto del ciclo del combustible sucede en Argentina gracias a las capacidades de las empresas mencionadas. El combustible para el CAREM se diseñó en la CNEA, quien hizo la transferencia de tecnología a CONUAR, y se están fabricando las pastillas en CONUAR y en CNEA, y el conjunto del combustible en CONUAR. También se utiliza polvo de Dioxitek. Este es un ejemplo claro de cómo el CAREM es posible como próximo paso para Argentina: los pasos anteriores permitieron la acumulación de capacidades científicas, tecnológicas e industriales, y a la vez, el propio proyecto CAREM ayuda a fortalecer y expandir esas capacidades. En efecto, CONUAR tuvo que armar una línea nueva y especial para manejar el uranio enriquecido al 3,1%, y Argentina pudo avanzar en capacidades en tecnologías de combustibles para PWR, lo que por otro lado allana el camino a la potencial transferencia de tecnología del combustible de la futura central nuclear Hualong.

## Diagnóstico microeconómico de la cadena de valor del CAREM-25

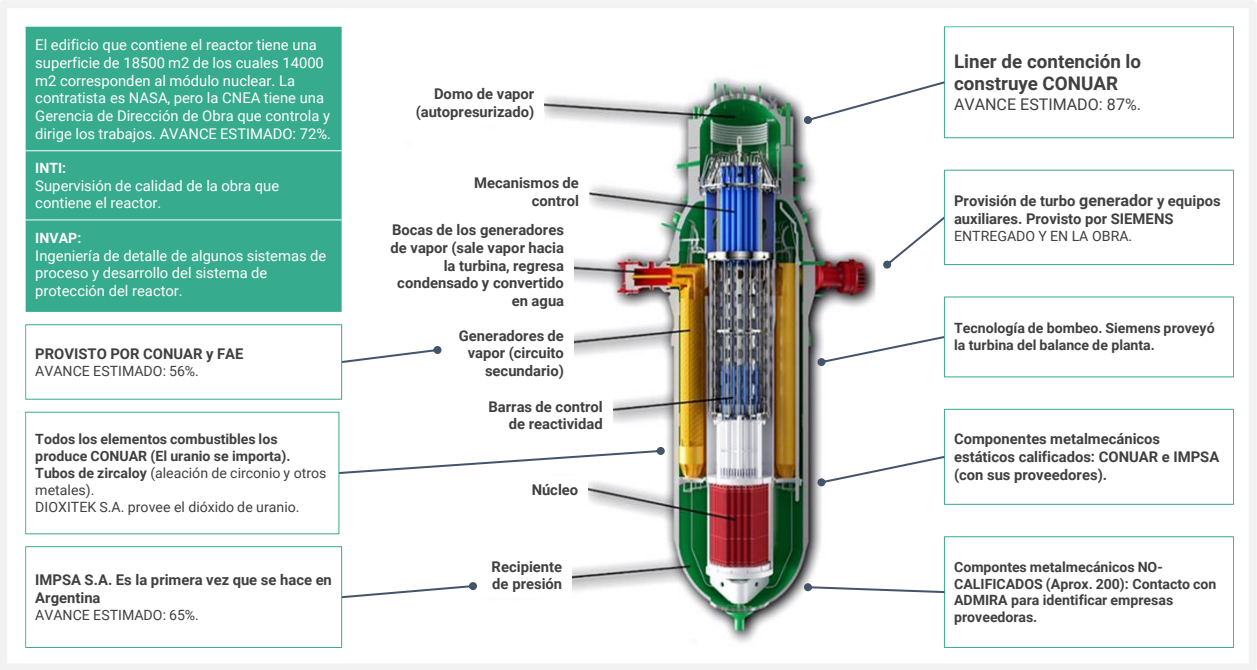
El prototipo del CAREM se comenzó a diseñar y planificar a comienzos de la década de los '80 y en 1984 fue presentado oficialmente en una conferencia de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) sobre reactores nucleares pequeños y medianos. Recién en el año 2006 se declaró al CAREM como de interés nacional y en 2009 se designó a la CNEA como responsable de su gestión. En 2014 comenzó la obra civil del pequeño reactor modular en la ciudad de Lima, provincia de Buenos Aires, en el mismo predio en el que se alojan los reactores Atucha I y Atucha II. De esta forma, se convirtió en uno de los proyectos tecnológicos más grandes de Argentina con un presupuesto aprobado de $14.000 millones a 2022.

[27] Los reactores nucleares de Argentina necesitan alrededor de 250 toneladas de uranio anuales, las cuales se importan en su totalidad (Ministerio de Energía y Minería, 2016), por hasta USD 50 millones anuales.

El largo proceso de desarrollo del prototipo del CAREM-25 ha sufrido diversos vaivenes, con modificaciones en los equipos de dirección, con incrementos y reducciones en las asignaciones presupuestarias, entre otros aspectos, que han incidido negativamente en los plazos de finalización. El progreso estimado de avance del proyecto hasta junio de 2022 es del 60%. De acuerdo a informantes del sector, se proyecta la puesta en marcha del prototipo de investigación para el año 2027.

La gerencia del proyecto reconoce una participación de aproximadamente 1.000 empresas argentinas a lo largo de la ejecución del CAREM-25, principalmente focalizadas en la provisión de ingeniería, servicios y/o componentes. En la actualidad, el proyecto tiene 130 contratos en curso, con el objetivo de que el prototipo final contenga al menos 70% de integración nacional. Cabe destacar que la electrónica del reactor es importada, al igual que el turbogenerador, parte de la tecnología de bombeo y los equipos auxiliares. Vale anotar que la empresa Siemens fue relevante en la provisión, por ejemplo, en hardware para el sistema de control de procesos y el turbogrupo. Asimismo, vale aclarar que la electrónica es importada porque Argentina no produce chips; no obstante, la integración y programación de los sistemas de seguridad del rector es nacional. En efecto, el primer sistema de protección del reactor lo diseñó y fabricó INVAP y el segundo sistema de protección del reactor está siendo diseñado por la CNEA.

**FIGURA 7. ESQUEMA DE LA CADENA DE VALOR DEL PROTOTIPO CAREM-25**




Fuente: elaboración propia con base en información recabada entrevistas a informantes clave del sector nuclear argentino

En este apartado se presentan las características de la cadena de valor del prototipo del CAREM-25.

Cabe aclarar que el prototipo CAREM-25, probablemente, difiera del modelo comercial, ya que se modificará la potencia. En concreto, la configuración más desarrollada para versión comercial es el CAREM-480. Este SMR tendrá una capacidad de 480 MW obtenida mediante 4 módulos de 120 MW. Así, el CAREM comercial sería, según estos avances, un LWR-SMR multimodular. En este sentido, la CNEA avanza en el diseño de cada uno de los módulos que conformarán el CAREM comercial (CNEA, 2022). En esta etapa también se integrarán desde el diseño la posibilidad de producir hidrógeno, además de aplicaciones muy requeridas como la desalinización de agua marina.

## Empresas y proveedores en Argentina

De las entrevistas realizadas y de otras fuentes de información de mercado, se ha concluido que existe un conjunto de instituciones y empresas proveedoras que han sido o son clave en el proyecto CAREM. Las principales son las siguientes:

- **CNEA**. Es la institución que gerencia el proyecto y posee la propiedad intelectual del diseño del CAREM. Es responsable de desarrollar la ingeniería básica del reactor, la ingeniería de detalle del contenedor, la dirección de la construcción del edificio y de la administración general del proyecto.
- **INVAP**. Es una empresa rionegrina con gran trayectoria en la producción nacional y exportación de reactores nucleares de investigación. Se ha encargado de la ingeniería del detalle de algunos sistemas del reactor, sistemas de proceso y del desarrollo del sistema de protección del reactor.[28]
- **IMPSA**. La empresa es responsable de la fabricación del recipiente de presión del reactor, que es el componente más robusto y representa un 10% del costo total (hasta el momento registra un avance del 65%), siendo la primera vez que se produce en Argentina. Adicionalmente, esta empresa será la proveedora de otros componentes metalmecánicos calificados, que suman un total de 40 unidades.
- **Techint Ingeniería y Construcción**. Fue la constructora de la obra civil entre 2016 y 2020.
- **SECIN.** Está haciendo el puente grúa principal.
- **Nucleoeléctrica Argentina** (NA-SA). Es la responsable de la ejecución de la obra civil del edificio del reactor y construcciones aledañas. Esta obra se encuentra en un grado de avance del 70%.
- **CONUAR**. Junto a Fabricación de Aleaciones Especiales S.A (**FAE**), fusionada en 2019, proveen los componentes internos del reactor, incluyendo los 12 generadores de vapor integrados, las barras de control y los combustibles necesarios para poner en operación el SMR. El 95% de las pastillas de uranio enriquecido están fabricadas en CONUAR y, por su

[28] Actualmente la CNEA no tiene contratos con INVAP en lo que concierne al CAREM.

parte, FAE produce los tubos de inconel-690 de 35 metros de largo. CONUAR también será proveedora de algunos componentes metalmecánicos calificados (con certificación nuclear).

- **DIOXITEK**. Es la empresa proveedora del dióxido de uranio.
- **AESA**. Han participado de la fabricación de los intercambiadores de calor.[29]
- **TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería S.A.** Trabajó en el balance de planta, es decir, el sector del reactor que toma el vapor que genera electricidad.

Adicionalmente, la gerencia del proyecto está trabajando en conjunto con Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA) para la fabricación del 100% de los componentes no-calificados, con el objetivo de aumentar el porcentaje de integración nacional. Es en este segmento de componentes donde la gerencia del proyecto reconoce una mayor participación de pequeñas y medianas empresas argentinas. Por último, también participa en el proyecto el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) que actúa como encargado de verificar la calidad del hormigón que contiene el núcleo del reactor.

Según la información recabada en las entrevistas realizadas, existen otras empresas proveedoras del proyecto CAREM que se adicionan a las mencionadas anteriormente, entre las que se destacan: Nuclearis, IMECO, PECOM, WEG, ABB, Siemens, TYC SA, KSB SA, ARGENFRÍO, CIMSA, VARITEC SRL, Electroingeniería S.A y ENSI.

## Empleo

En este proyecto trabajan 1.000 personas de forma permanente, 450 en la obra civil, 350 en la CNEA y el resto en la ingeniería de detalle. Cabe destacar que este proyecto tracciona la generación de empleo indirecto a través de los diversos proveedores. Los entrevistados han mencionado el gran requerimiento de capital humano especializado en el trabajo del sector nuclear argentino y en especial en el proyecto CAREM. La demanda de empleo del sector es distintiva ya que es necesario garantizar la permanencia y continuidad porque implica la acumulación de capacidades tecnológicas y de conocimiento. El perfil de trabajadores que demanda la actividad nuclear del país es requerido por empresas de otros sectores con salarios altamente competitivos –como los sectores de robótica, desarrollo de tecnologías, y programación, entre otros–, por tanto, la disponibilidad de personal calificado ha sido, en algunas ocasiones, una de las limitantes que enfrentó el proyecto CAREM.

Al igual que ocurre en otros rubros del sector energético, la participación de mujeres en la actividad vinculada a la energía nuclear es muy baja. De acuerdo a la información analizada de las empresas seleccionadas, el empleo femenino es inferior al 10%.

[29] Actualmente no hay un contrato vigente.

## Lineamientos de política

De acuerdo al diagnóstico preliminar, el desarrollo de los SMR se considera una oportunidad muy importante por su capacidad de traccionar a la industria nacional y de generar productos innovadores. Por otro lado, el proyecto CAREM ha evidenciado claras acciones que generarán efectos derrames en industrias nacionales de diversos sectores productivos. Cabe señalar, además, que desde la gerencia del proyecto se realizan acciones para detectar oportunidades para que las empresas argentinas puedan proveer componentes calificados y no calificados que en desarrollos tecnológicos previos fueron importados.

Si bien todavía se encuentra en desarrollo el prototipo del CAREM, Argentina tiene la posibilidad de contar, a mediano plazo, con un SMR comercial que pueda ubicar al país como uno de los pocos proveedores del mercado mundial. En este sentido, se abre la oportunidad tanto para la exportación de los reactores como para las partes y piezas de los mismos. Sin embargo, debe considerarse que Argentina no es el único país que se ha encaminado en este nuevo esquema de negocio nuclear aunque podría arriesgarse que el mercado potencial será, en un futuro, de gran envergadura.

Según la OCDE y NEA (2021) en un escenario de alto despliegue de SMRs, se alcanzarían hasta 21 GWe producidos por SMRs para 2035 en varias regiones del mundo, lo que representa alrededor del 3% de la capacidad nuclear total instalada en el mundo. Por lo tanto, alrededor del 9% del total de nuevas construcciones nucleares en 2020-2035 podrían ser pequeños reactores modulares. Por el contrario, en un escenario menos optimista, habría un despliegue limitado de menos de 1 GW, esencialmente con prototipos en países con diseños de SMR nacionales en curso.

El proyecto CAREM, con su liderazgo a nivel internacional, es una oportunidad única para las empresas argentinas de demostrar y desarrollar habilidades y capacidades para una nueva cadena de valor que se encuentra en pleno desarrollo.

A partir del diagnóstico, se proponen algunas acciones que colaborarán en que esta oportunidad se convierta en una realidad de la industria nacional. Estos aspectos se resumen a continuación:

- Fortalecer los recursos humanos vinculadas al sector nuclear en Argentina, destinando financiamiento suficiente para sostener las capacidades humanas que intervienen en el desarrollo de nuevas tecnologías. Si bien los institutos de la CNEA y las universidades nacionales tienen formación de RRHH, es necesario que se habiliten ingresos al proyecto y que haya una actualización salarial que genere incentivos a seguir trabajando en el proyecto.

- Trabajar en conjunto entre la CNEA y la Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo para detallar los proveedores que participan en la cadena de valor y, con ello, analizar qué componentes se conservarán en el modelo comercial del CAREM.

- Avanzar en el desarrollo del CAREM comercial y diseñar una estrategia de inserción internacional. Actualmente, la CNEA viene trabajando con la UNSAM en la preparación de dicha estrategia.

- Promover el trabajo conjunto entre las diversas instituciones y empresas involucradas en la cadena de valor para determinar las capacidades de las empresas argentinas para ser proveedoras a escala en la cadena de valor del CAREM e identificar las necesidades de financiamiento y las pautas contractuales que harían factible el desarrollo de dichas capacidades.

- Desarrollar e implementar planes de promoción y financiamiento para las empresas proveedoras en la cadena de valor del CAREM. Una alternativa es el rediseño y la continuidad de las acciones implementadas en el marco del PRODEPRO y del Plan de Desarrollo Productivo Verde.

- Analizar el desarrollo de un marco institucional y societario para la comercialización del CAREM, que procure la participación del Estado argentino pero que contemple las necesidades de capital que podrían surgir si Argentina quiere posicionarse en el mercado internacional.

- Consolidar la participación de Argentina en los foros internacionales de cooperación entre los países que transitan el desarrollo de SMRs. Estos foros son necesarios para generar una arena de aprendizaje colaborativa con las experiencias, las lecciones aprendidas, las dificultades y las mejores prácticas encontradas. Argentina participa en la IAEA en el Technical Working Group de SMR, en la iniciativa NHSI de estandarización y en diversos Coordinated Research Projects de Economía de SMRs, Seguridad Nuclear, *Deployment* de SMRs. Argentina también participa de conferencias de alto nivel y también está empezando a trabajar con la NEA (Agencia para la Energía Nuclear, por sus siglas en inglés). Para poder mantener esa participación en foros internacionales, es necesario que se habiliten viajes al exterior.

## Metas propuestas a 2030[30]

- Finalización de la puesta en marcha del prototipo CAREM-25.
- Desarrollo del prototipo comercial CAREM.
- Incrementar la tasa de feminización del sector SMR del actual 10% al 18%.
- Aumentar la cantidad de pymes proveedoras de energía nuclear de las 905 actuales a 1.000.

[30] Las metas proyectadas se estiman en función de los avances en Argentina y la situación global.

# Proyecto 3. Desarrollar la cadena del hidrógeno bajo en emisiones a nivel local, con tecnología desarrollada localmente, y convertir a Argentina en líder exportador

## Introducción

En los últimos años el hidrógeno bajo en emisiones ha crecientemente llamado la atención de la comunidad científica y académica, así como de organismos internacionales –especialmente de aquellos vinculados al sector energético y al cambio climático– y de gobiernos de distintas latitudes. La razón es su gran potencial para ser utilizado como vector energético capaz de descarbonizar el aparato productivo y, por tanto, para lograr el objetivo de la transición hacia una economía baja en emisiones.

Sumado a la urgencia y el compromiso político de avanzar hacia el cumplimiento de metas de reducción de emisiones y evitar un aumento descontrolado de la temperatura terrestre, la percepción positiva sobre la potencialidad hacia la energía del hidrógeno se basa tanto en su versatilidad, como en los grandes logros que las energías renovables han tenido en las últimas dos décadas, tanto en materia de difusión como de costos y avance tecnológico.

A nivel mundial, en el año 2022 la capacidad instalada global de energías renovables alcanza los 1.600 GW, con un crecimiento anual que ronda los 300 GW. Esta expansión es impulsada por la reducción del costo de la tecnología y de políticas públicas que incentivan la eficiencia en los proyectos. Así, las renovables –y en particular la energía solar fotovoltaica– se han convertido en la fuente de generación eléctrica más económica del mercado (IRENA, 2022) y explican casi la totalidad del incremento de la capacidad instalada a nivel global, siendo una oportunidad factible y económica en amplias latitudes.

Los potenciales usos del hidrógeno –que incluyen el almacenamiento y generación de energía, la alimentación de celdas de combustibles y su aplicación directa como materia prima industrial– lo convierten en una alternativa plausible para los desafíos que la descarbonización plantea a los sectores más intensivos en uso de combustibles fósiles como la generación eléctrica, la producción industrial ultra intensiva en calor y uso energético y la movilidad de alta autonomía, complementando la electrificación en aquellas actividades donde esta no sea posible.

Como resultado, el hidrógeno bajo en emisiones de carbono –y en particular el hidrógeno verde– ya forma parte de la planificación energética de largo plazo de la Unión Europea y de más de una docena de países[31] que ya han publicado sus estrategias o planes de desarrollo del hidrógeno como vector energético, así como de numerosos anuncios de inversión y comercio bilateral en al menos 45 países, con inversiones totales superiores a los USD 300.000 millones (IEA, 2021).

[31] Canadá, Chile, China, Colombia, Corea del Sur, Estados Unidos, India, Japón, Noruega, Reino Unido, Rusia, la Unión Europea y varios de sus miembros que impulsan estrategias nacionales, incluyendo Alemania, España, Francia e Italia.

A nivel local, la gran disponibilidad de recursos renovables -principalmente eólicos y solares- abre una oportunidad muy significativa para el desarrollo de la actividad. Con 5 GW de capacidad renovable instalada, predominantemente eólica, el potencial de nuestro país en generación eléctrica de fuente renovable se encuentra aún en una fase incipiente pese al enorme progreso hecho en los últimos años, y puede rápidamente convertirse en unos de los sectores más dinámicos de la economía argentina si es acompañado con las políticas adecuadas para la promoción de la economía del hidrógeno.

Argentina ha dado los primeros pasos para la construcción de políticas públicas de largo plazo a partir de la conformación de la Mesa Interministerial del Hidrógeno a fines de 2020, en el marco del Consejo Económico y Social, creándose un espacio institucional de participación público-privada que tiene como objetivo último establecer una Estrategia Nacional de Hidrógeno que delimite objetivos de política para posibilitar su adopción como elemento de descarbonización a nivel local y, principalmente, para la promoción de una actividad económica con altísimo potencial exportador con base en el potencial de producción a partir de los excelentes recursos renovables locales.

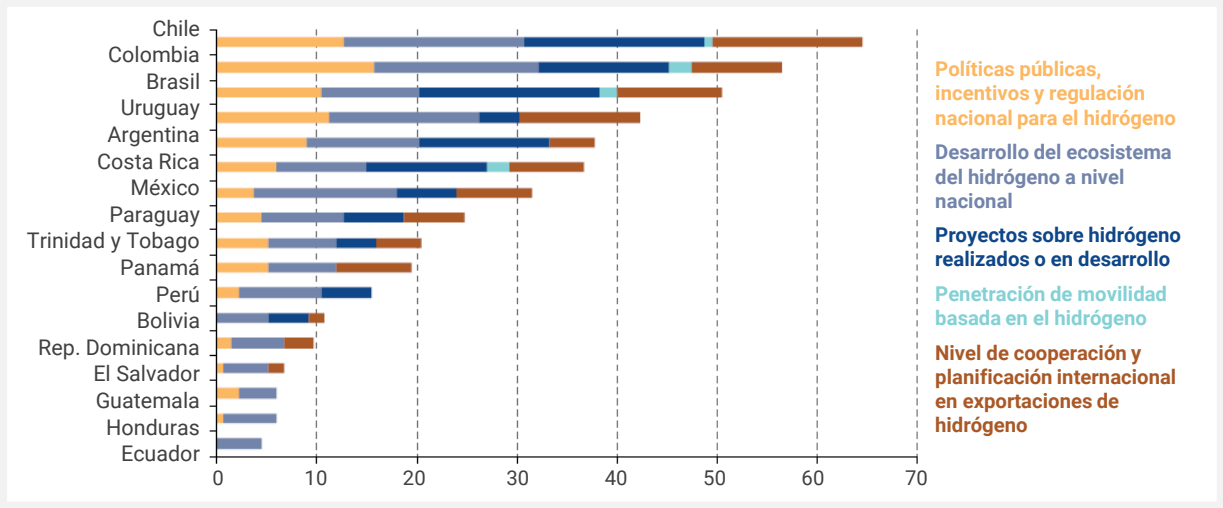
La agenda de política debe involucrar varios aspectos que se suman al diseño de una estrategia nacional e incluyen incentivos a la atracción de inversiones, apertura de mercados de exportación y cooperación internacional en materia comercial, de seguridad y de financiamiento; fomento a la demanda interna; adaptación y/o revisión de regulación existente en términos de seguridad industrial y trazabilidad; y transferencia tecnológica y desarrollo local de capacidades en ciencia, técnica, y producción industrial.

Este desafío de sentar las bases para un rápido desarrollo de la industria se inserta en coyuntura muy dinámica impulsada por la búsqueda de oportunidades de inversión por parte de países con capacidad productiva como el nuestro, y de la creciente necesidad de grandes consumidores de energía y combustibles fósiles –acelerada por el contexto geopolítico internacional– de garantizar su seguridad energética y la diversificación de proveedores energéticos.

Según el índice H2 LAC Index 2022 de Inicio S.A., publicado por CEPAL (2022), que considera distintas dimensiones de inversiones, desarrollo de mercado y entorno regulatorio, Argentina ocupa el quinto lugar en el índice de desarrollo de la industria del hidrógeno verde (ver gráfico 15).

En este sentido, a lo largo del presente apartado pondremos el foco en nuestras herramientas potenciales para avanzar efectivamente en la construcción del ecosistema de política pública y promoción de las inversiones que, basado en incentivos inteligentes que no ignoren las limitaciones existentes a nivel local, nos permitan convertirnos en un destino aún más atractivo de la región en términos de recursos naturales, capacidades humanas y productivas para la producción de hidrógeno bajo en emisiones de carbono.

## GRÁFICO 15. DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE HIDRÓGENO VERDE EN 17 PAÍSES DE AMÉRICA LATINA, AÑO 2022




Fuente: reproducido de CEPAL (2022, traducción propia).

**Recuadro 10. Taxonomía: los colores del hidrógeno**

A los fines de delimitar las nomenclaturas utilizadas en el presente capítulo, se establecen las siguientes definiciones:

- Hidrógeno verde: aquel producido o generado a partir del proceso de electrólisis alimentado exclusivamente por energía eléctrica de fuentes renovables no convencionales, como la energía eólica y/o la energía solar;
- Hidrógeno azul: aquel producido a partir de la transformación del gas natural en hidrógeno, y en cuyo proceso productivo incluye procedimientos de captura y almacenamiento de emisiones de gases de efecto invernadero;
- Hidrógeno bajo en emisiones de carbono: se refiere de forma indiferente al hidrógeno verde o al hidrógeno azul.
- Hidrógeno gris o convencional: se refiere de forma indiferente a aquel hidrógeno producido a partir de la transformación del gas natural sin instancias de captura de carbono, o bien, a cualquier otro producido actualmente con base en energía fósil y sin captura de emisiones.

Por razones de simplicidad, no se analizará otro tipo de hidrógeno en el presente diagnóstico.

## Diagnóstico microeconómico de la cadena de valor del hidrógeno bajo en emisiones de carbono: de la planificación energética global a la proyección local

La producción anual de hidrógeno a nivel global se estima en unos 120 millones de toneladas (Global CCS Institute, 2021), correspondiendo 90 millones de toneladas a hidrógeno puro (IEA, 2021). El remanente es producido de forma conjunta con otros gases –mayormente dióxido de carbono– en lo que suele denominarse como syngas o gas de síntesis. El hidrógeno puro se destina mayormente a usos industriales como la producción de fertilizantes y el refinado de combustibles fósiles, en tanto que el syngas se destina principalmente para la producción de metanol, procesamiento del acero y otras aplicaciones industriales.

Actualmente, la demanda de hidrógeno es abastecida a partir del procesamiento de combustibles fósiles, en un proceso altamente contaminante. El hidrógeno gris representa un 75% de la producción total, y toda la producción en forma combinada equivale al 2,5% de la demanda final de energía a nivel global (IRENA, 2021).

La aplicación de dicha producción a usos energéticos es prácticamente despreciable, por lo que la transición de la economía del hidrógeno bajo en emisiones de carbono contempla dos componentes: (i) el aumento de la capacidad de producción para abastecer usos energéticos alternativos aún no desarrollados y (ii) la sustitución de hidrógeno convencional por hidrógeno bajo en emisiones de carbono en usos industriales o productivos ya existentes, y/o para el desarrollo de métodos alternativos de producción.

No se vislumbra que la utilización del hidrógeno sea costo-eficiente en aplicaciones donde la electrificación ya es factible, como el transporte de corta y media distancia, o en procesos industriales que no sean altamente intensivos en calor o energía. En cambio, el rol del hidrógeno bajo en carbono se prevé central en aplicaciones industriales intensivas en uso del calor o la energía –como la fundición o acería–, el refinado de combustibles, la industria química, el transporte terrestre, marítimo o aéreo de alta autonomía y las actividades productivas desarrolladas en zonas aisladas como la minería.

En este escenario, el mercado de hidrógeno hacia 2030 se estima en 212 millones de toneladas (IEA, 2021), en tanto que el salto mayor en la producción se proyecta a partir de 2030, alcanzando un mercado con cierto nivel de madurez en 2050, con un volumen de unos 614 millones de toneladas (IRENA, 2022), y un valor de al menos USD 600.000 millones. Cabe señalar que estos guarismos consideran tanto la producción de hidrógeno como la de sus derivados –por ejemplo, el amoníaco– que se consideran *carriers* o portadores de este, y que podrían ser utilizados en aplicaciones directas o ser reconvertidos a hidrógeno para su aplicación.

Resulta necesario también aclarar en vistas a las proyecciones de producción de hidrógeno verde, que siempre se considera que la energía necesaria y la capacidad productiva requerida para su abastecimiento es adicional a toda capacidad existente. Esto es, cualquier aumento de

producción implica capacidad de generación renovable adicional a la existente, la cual IRENA (2022) estima en 10 TW en 2050, un crecimiento explosivo con relación a los 1.600 GW de energía renovable no convencional hoy instalados a nivel global.

La cadena de valor del hidrógeno bajo en emisiones está conformada por tres eslabones o segmentos bien diferenciados que pueden identificarse en la figura 8 y que se describen a continuación:

- Abastecimiento de combustible (hidrógeno azul) o energía eléctrica renovable (hidrógeno verde).
- Producción de hidrógeno a partir del reformado con gas natural (hidrógeno azul) o electrólisis (hidrógeno verde).
- Aplicación y/o consumo final.

En lo que refiere a la producción de hidrógeno azul, la estructura de la cadena de valor no vislumbra diferencias significativas respecto a los eslabones y métodos de producción del hidrógeno gris. La diferencia radica en las fases de captura y almacenamiento de emisiones de carbono generadas en el proceso productivo, cuya tecnología aún no cuenta con la escala disponible, y en particular en el proceso de almacenaje a gran escala de las emisiones capturadas. Considerado que podría teóricamente conseguir un nivel de retención de emisiones de hasta al 90%, su almacenamiento presenta al momento desafíos técnicos, logísticos y de disponibilidad de reservorios subterráneos que permitan su conservación segura a largo plazo.

**Recuadro 11. Tecnologías de captura de carbono**

- **Captura y almacenamiento**: la captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés) es el proceso de capturar dióxido de carbono ($CO_2$) de grandes fuentes puntuales antes de que ingrese a la atmósfera, transportarlo y almacenarlo, generalmente en formaciones geológicas subterráneas, por tiempo indefinido. Si bien es una tecnología que tiene algunas décadas de desarrollo, al momento la aplicación de esta tecnología a gran escala es limitada.

- **Captura, utilización y secuestro**: en el último tiempo se ha trabajado también en el concepto de captura, utilización y secuestro de carbono (CCUS), dado que el proceso de la captura de carbono tiene más sentido económico si se logra reintroducir el $CO_2$ captado en el circuito productivo para compensar los altos costos de las operaciones de captura.

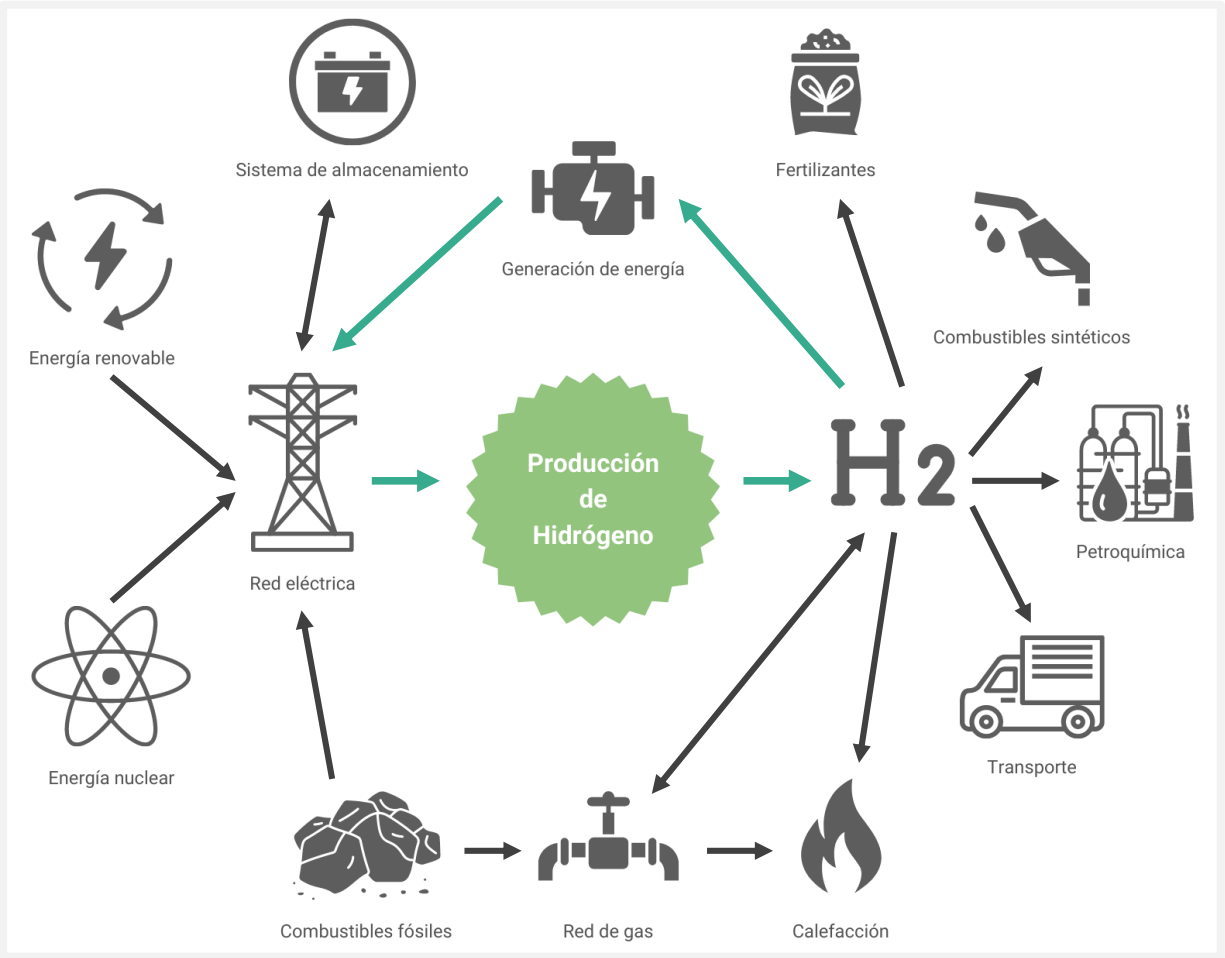
- **Captura directa de aire (DAC)**: es un proceso de captura de $CO_2$ directamente del aire. El aire tiene una concentración mucho menor que la emisión directa de una fuente industrial, por eso este proceso es aún muy ineficiente.

El costo es un factor importante que afecta a este tipo de tecnologías. Para funcionar como modelo de negocio, el costo de la aplicación de cualquiera de las tres tecnologías debe ser menor que el costo esperado de emisión de $CO_2$.

A diferencia de lo que ocurre con la producción de hidrógeno azul, la producción de hidrógeno verde representa aún algunos desafíos adicionales en la fase de producción, fundamentalmente en lo que refiere al incremento de capacidad requerido para abastecimiento de energía, como a la escalabilidad de la tecnología de electrólisis y el abastecimiento de equipos a fin de que el incremento esperado de demanda de electrolizadores de mayor capacidad, aerogeneradores y paneles solares no enfrente restricciones de oferta.

Si bien la generación de energía eléctrica a partir de energía solar o eólica ya se considera una tecnología madura, el aumento de capacidad instalada para la producción de hidrógeno verde demanda un aumento de escala tan significativo que no es posible afirmar hoy de forma categórica qué grado de integración a los sistemas eléctricos debería tener. En este sentido, se vislumbra que los primeros dos eslabones de la cadena productiva, esto es generación/abastecimiento de energía eléctrica y producción de hidrógeno, estén integrados, y sean desarrollados en gran medida con almacenamiento de energía. De esta manera, se independiza del requerimiento de disponibilidad en la red de transporte eléctrico.

**FIGURA 8. ESQUEMA DE LA CADENA DE VALOR**




Fuente: Agyekum *et al.* (2022, traducción propia).

En cuanto a la electrólisis, si bien existen distintas tecnologías disponibles con grados de madurez diferentes, puede afirmarse también que la producción de hidrógeno verde no plantea un problema de tecnología sino de costos y escalas con relación al proceso productivo. En este sentido, la capacidad instalada actual a nivel global es inferior a 1 GW, y a 2050 se estima que dicha capacidad será de 4.000 o 5.000 GW, lo que indudablemente demanda una enorme escalabilidad de toda la cadena de valor de producción de electrolizadores para lograr la necesaria marcada reducción de precios y costos.

En lo que refiere al consumo final de hidrógeno y sus derivados, la demanda se dividirá en dos grandes universos: (i) demandantes de hidrógeno verde o azul para uso industrial y (ii) demandantes de hidrógeno azul o verde para uso energético. Entre los primeros, se destacarán la industria química y petroquímica, y los fabricantes de fertilizantes y metanol, en tanto que la demanda para uso energético se concentrará en la industria del transporte de carga de alta autonomía, tanto naval, aérea y terrestre.

## Factores determinantes para la competitividad de la cadena de valor del hidrógeno bajo en emisiones

### Hidrógeno azul

La competitividad de la cadena de valor hidrógeno azul está dada prominentemente por el precio del gas natural, la evolución del costo de la tecnología de captura y la disponibilidad de almacenamiento de emisiones de carbono a gran escala, así como por otras variables de evolución más compleja de predecir como el costo futuro de emisión de $CO_2$, que dependerá de cuestiones regulatorias (introducción más extensa de impuestos y mercados de carbono,[32] compromisos de neutralidad de carbono a nivel nacional/regional), de política comercial (ajustes de carbono en frontera)[33] y corporativas (compromisos de neutralidad de carbono a nivel corporativo).[34]

En este sentido, existen diversos análisis (gráfico 16) que señalan que cierta paridad de la competitividad entre el hidrógeno azul y el hidrógeno verde podría alcanzarse hacia 2030, producto del abaratamiento del costo de generación renovable y del proceso de electrólisis. Sin embargo, hay creciente consenso de que un conflicto bélico extendido entre Rusia y Ucrania, con su consecuente impacto prolongado en los precios de gas natural, podría adelantar esta paridad. Vale destacar que los costos de generación renovable y almacenamiento con baterías cayeron más de 80% en una década, aun cuando enfrentan en el último año presiones de costos

[32] Mercados de intercambio de derechos de emisiones de gases de efecto invernadero combinados con topes de emisión que involucren mayores sectores económicos y/o más jurisdicciones de aplicación.

[33] Derechos o impuestos a la importación con base en el contenido de carbono o de emisiones generadas para la obtención o producción de un bien, a los fines de evitar *fugas de carbono* entre países.

[34] Estrategias corporativas que incluyen compromisos de reducción de emisiones o carbono neutralidad en un período de tiempo determinados, por encima de lo exigido por la regulación.

crecientes debido al proceso inflacionario global que acompañó a la reactivación económica global tras el peor momento de la pandemia de COVID-19.

**Recuadro 12. La promoción de hidrógeno verde en Chile**

Chile presenta excelentes condiciones para la generación de energía renovable de fuente eólica y solar, al igual que nuestro país, y tiene una política exterior de marcada apertura comercial y promoción de inversiones externas, y rápidamente busca lograr un marcado posicionamiento en un futuro mercado de hidrógeno verde.

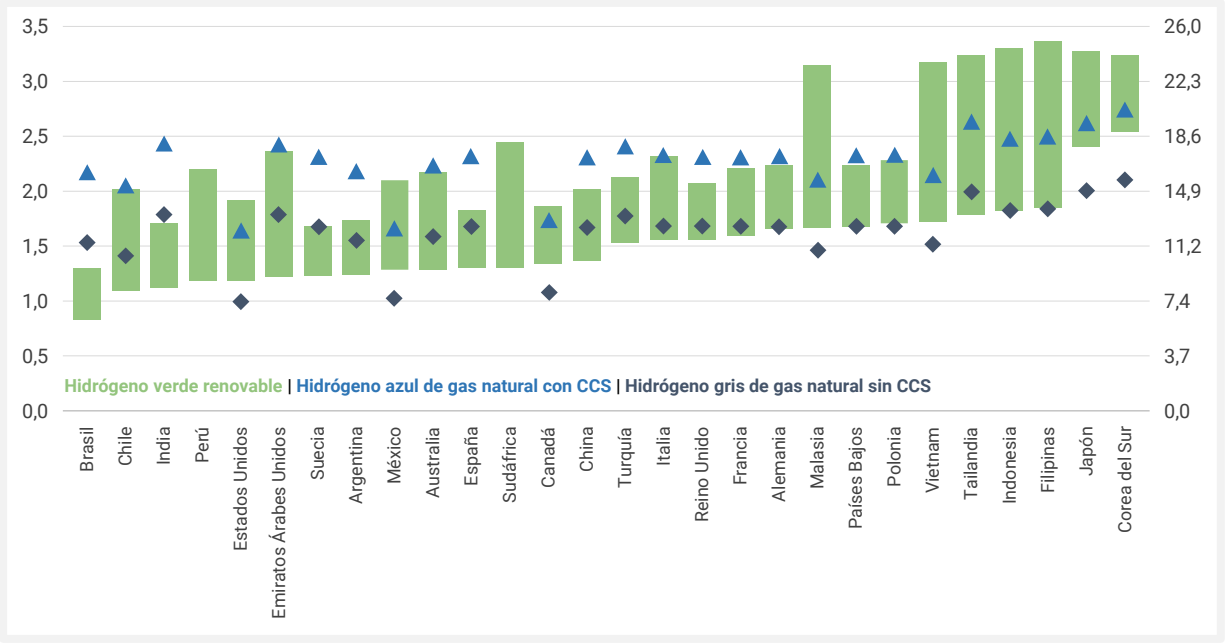
En noviembre 2020 publicó su Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde que surgió como resultado de la conformación de varias mesas técnicas de trabajo que involucraron 65 organizaciones de distinto ámbito del sector público, privado y de la sociedad civil, y también el respaldo de un Consejo Asesor en políticas públicas con figuras de alto prestigio a nivel local como el expresidente Ricardo Lagos, el execonomista en jefe de la OCDE Klaus Schmidt-Hebbel, y Jeannette von Wolfersdorff, fundadora del Observatorio de Gasto Fiscal.

La Estrategia Nacional se propone, entre otros objetivos, que el país sea el principal receptor de inversión en la materia en Latinoamérica, el proveedor de hidrógeno verde "más barato del planeta" hacia 2030, y uno de los tres principales exportadores en 2040. La estrategia incluye también metas referentes a consumo doméstico de hidrógeno verde para sustitución de combustibles fósiles (la primera etapa del desarrollo de la cadena) y la necesidad de avanzar en adecuaciones normativas y técnicas que faciliten la ejecución de los proyectos, la tramitación de permisos y la estandarización internacional.

En diciembre 2021, CORFO –la agencia oficial de fomento a la producción– anunció la adjudicación de asistencia por USD 50 millones para seis proyectos que contemplan inversiones en hidrógeno verde por USD 1.000 con una capacidad combinada de electrólisis de 388 MW y mayormente destinadas a aplicaciones a nivel domésticos en línea con la estrategia nacional. En lo que refiere a proyectos a gran escala, el anunciado Proyecto Magallanes, cuya construcción iniciaría en 2025, involucra inversiones por más de USD 15.000 millones para la instalación de 8 GW de electrólisis y 10 GW de energía eólica, con una producción proyectada de al menos 1 millón de toneladas de hidrógeno verde en 2027. De acuerdo con el Ministerio de Energía de Chile, la región de Magallanes podría concentrar el 13% de la producción mundial de hidrógeno verde en 2040.

El adelantamiento de la situación colisiona marcadamente con el interés de las gasíferas y petroleras a nivel internacional de impulsar este nicho de mercado, aun cuando algunas de sus particularidades –en especial el almacenamiento de emisiones a gran escala– continúa generando dudas respecto a su viabilidad técnica, y reduce los tiempos previstos para amortizar los desarrollos tecnológicos e inversiones originalmente, reduciéndose así el interés relativo de esta tecnología.

**GRÁFICO 16. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE HIDRÓGENO AZUL E HIDRÓGENO VERDE**



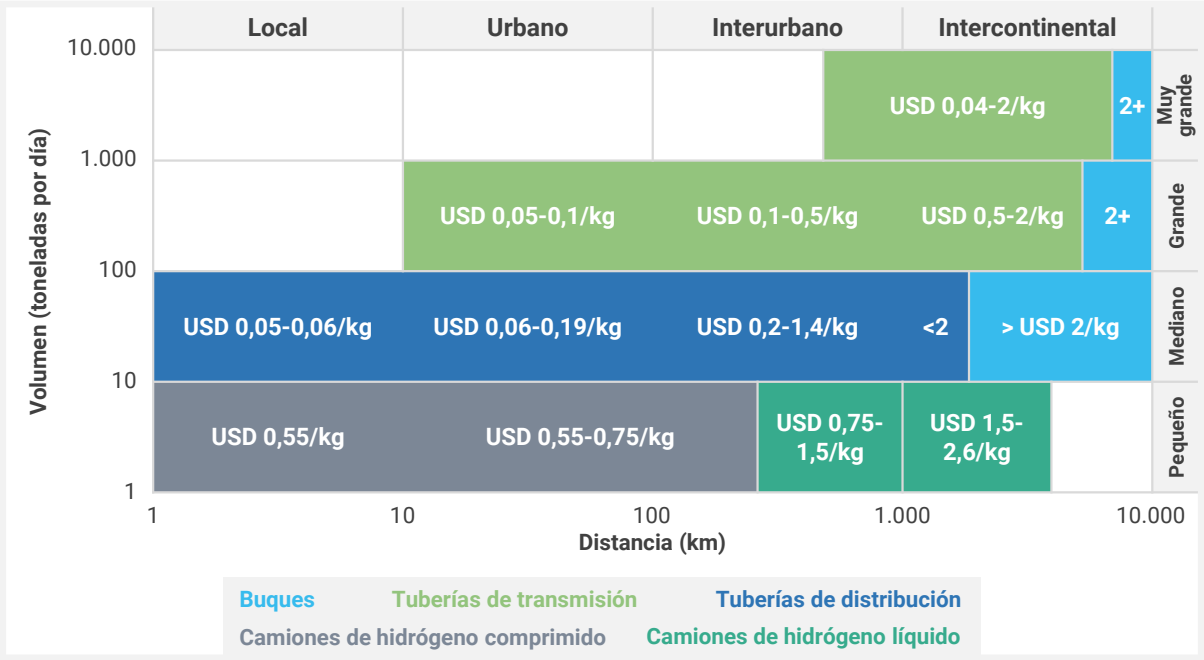

Fuente: reproducido de BNEF (2021, traducción propia). CCS: *carbon capture and storage*, 'captura y almacenamiento de emisiones de carbono'.

## Hidrógeno verde

A diferencia de lo que ocurre con la dotación de recursos fósiles de un país, donde su disponibilidad es determinante para la competitividad, la dotación de recursos renovables para generación eléctrica se encuentra distribuida de tal forma que existe una enorme cantidad de países o regiones donde la producción de hidrógeno verde sería técnica y comercialmente factible.

Sin embargo, la disponibilidad del recurso no va a garantizar *per se* la competitividad de la producción en un mercado global de hidrógeno debido a tres factores que serán fuertemente determinantes para una exitosa inserción comercial: (i) abundante disponibilidad de recursos renovables de gran calidad que garanticen una alta productividad de los parques de generación; (ii) bajo costo del capital para lograr un perfil de amortización de los parques de generación que garantice tarifas bajas de la energía generada y (iii) un costo de transporte de hidrógeno compatible con los costos de producción de forma tal de no alterar la competitividad sistémica. Como se ve en el gráfico 17, los costos del transporte serán un factor determinante para la competitividad de la cadena, especialmente cuando involucran grandes trayectos y volúmenes, como ser el caso del transporte intercontinental por barco, donde su costo por toneladas puede equiparar al costo de producción del hidrógeno. El tipo de transporte será igualmente determinante, especialmente en lo que respecta al barco –el más probable método de transporte para nuestro país a mercados de Europa y Asia– cuyo costo es superior al del rango determinado para el transporte por ductos de transmisión concebidos especialmente.

**GRÁFICO 17. COSTO DE TRANSPORTE DEL HIDRÓGENO PROYECTADO A 2050**



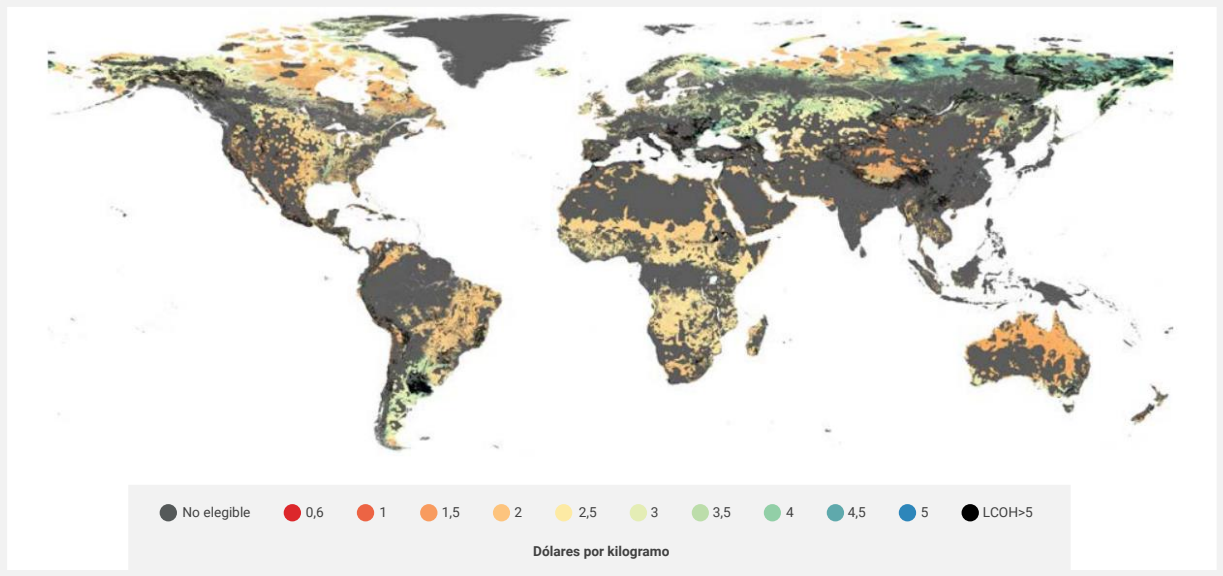

Nota: t/d es toneladas por día. Fuente: reproducido de IRENA (2022).

Sin considerar otro tipo de cuestiones geopolíticas que podrían afectar la configuración del mercado y que no resultan pertinentes para este análisis, dichos factores van a determinar que sólo algunos pocos países o regiones tendrán la capacidad de convertirse en proveedores globales o *hubs* exportadores de hidrógeno verde y sus derivados, lo que potencialmente podría incluso también fomentar la relocalización de empresas o actividades productivas a nivel internacional hacia zonas donde la disponibilidad de este vector energético sea altamente competitivo.

Debe subrayarse también como condición primordial que el costo de generación de energía eléctrica de fuentes renovables depende principalmente del acceso al financiamiento del que se cuente en un mercado para poder amortizar la inversión, lo cual en países en desarrollo y emergentes depende fundamentalmente de la existencia o la percepción de riesgos no mitigados en el mercado que encarecen o incluso inhiben el acceso a financiamiento de largo plazo como el requerido por un proyecto eólico o solar.

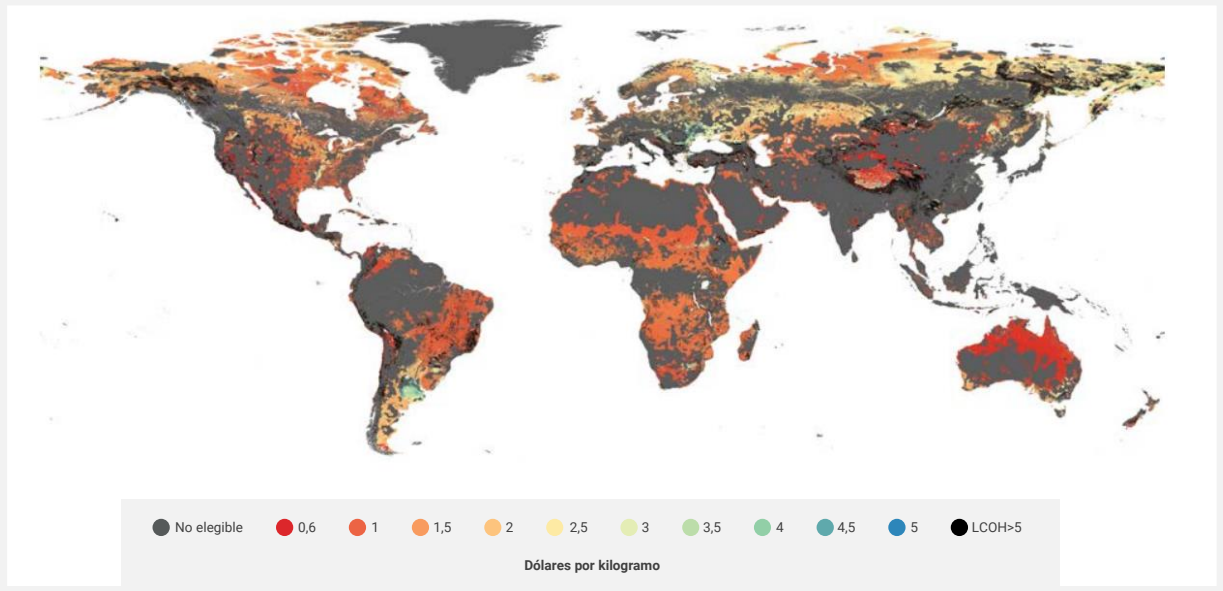
En este sentido, nuestro país tiene a su favor uno de los pilares básicos de la competitividad, que es el recurso renovable que garantice altos niveles de generación eléctrica, pero enfrenta algunas condiciones negativas en los dos restantes, especialmente considerando que los mercados de destino más atractivos serán extrarregionales y demandarán altos costos de transporte. Como si fuera poco, debido a que el acceso al financiamiento de largo plazo es muy limitado en el país, la competitividad de la industria puede verse fuertemente afectada.

## MAPA 2. COSTO DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO PROYECTADO A 2030




Fuente: reproducido de IRENA (2022).

## MAPA 3. COSTO DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO PROYECTADO A 2050




Fuente: reproducido de IRENA (2022).

El factor financiamiento resulta aún más relevante en el período analizado hasta 2030 considerando que, dado el grado de desarrollo limitado del mercado, los riesgos de tipo técnicos y comerciales inherentes al desarrollo de proyectos serán mucho más relevantes que cuando exista determinado nivel de madurez del mercado. En consecuencia, el costo del financiamiento resulta aún más agravado para perfiles de riesgo como el que presenta nuestro país. En este escenario, el costo de producción proyectado para Argentina resultaría superior al de otras

zonas con alta disponibilidad de recursos renovables como Brasil, África Subsahariana o el norte de Australia, tendencia que se mantendría aún hacia 2050 aunque con menor diferencial (mapa 3).

Este punto es de una relevancia mayúscula, incluso aún mayor que a los de otros desafíos técnicos que se puedan analizar a estas etapas de desarrollo de la industria, puesto que es una de las primeras variables que analiza cualquier potencial inversor, y es también el factor de competitividad con los que se estiman escenarios a nivel internacional por parte de centros especializados.

Resulta entonces central comprender que, tratándose de una industria ultra capital intensiva, el factor del costo del capital tiene predominancia sobre todas las demás variables cuando se trata de analizar la competitividad y factibilidad de promover una industria de esta naturaleza en Argentina. Por ello, el diseño de políticas públicas para impulsar la actividad tiene necesariamente que poner la mayor atención en este punto.

En otras palabras, los esfuerzos de política pública para acompañar el crecimiento de la industria y la disponibilidad extraordinaria del recurso renovable en nuestro país podrían no dar los frutos esperados si no se atiende con suma efectividad todos los factores que afectan su competitividad, y principalmente, el alto costo del capital en Argentina.

## Indicios de cadena de valor en Argentina: una oportunidad para la industria local

El anuncio de una inversión de USD 8.400 millones, por parte de la firma australiana Fortescue en 2021, para producir hidrógeno verde en Argentina con destino a exportación ha suscitado el máximo interés local e internacional. Este, indudablemente, se ha convertido en términos concretos en el muy relevante primer paso para la construcción de esta cadena de valor a nivel local.

Anteriormente, el primer antecedente a escala piloto había surgido hace más de una década a partir de la puesta en marcha de un electrolizador por la firma Hychico en Chubut, con una capacidad de 120 Nm3/h de hidrógeno y destinado a mezcla con gas natural para alimentar un moto-generador de 1,4 MW de potencia. Al igual que el proyecto anunciado por Fortescue, la planta de Hychico se encuentra integrada a un proyecto de generación eólica, aunque se ha concebido desde los inicios fuera de escala comercial.

Pensando no solo en la proyección de un sector exportador, sino también en la constitución de un mercado doméstico, el lanzamiento del Consorcio H2AR (impulsado por Y-TEC) en 2020, dio un primer impulso a la conformación de una cadena como tal, dado que aglutinó al primer núcleo de empresas que podrían formar parte de una configuración sectorial para su producción y consumo doméstico. Al mismo tiempo, incorpora una visión no sesgada del hidrógeno verde al promocionar también iniciativas con hidrógeno azul.

Esta agrupación empresarial representa a los tres eslabones descritos en la cadena e incluye tanto firmas del sector del gas y petróleo; generadores independientes de energía renovables, como fabricantes y potenciales consumidores de hidrógeno de diversos sectores industriales; proveedores industriales; firmas del sector energético en general y productores de amoníaco.

**FIGURA 9. MIEMBROS DEL CONSORCIO H2AR**

Fuente: H2AR.

La constitución del consorcio responde, además de la búsqueda de oportunidades comerciales a nivel doméstico e internacional, a la institucionalización de esta cadena de valor que podría tener una relevancia mayúscula en la economía doméstica de las próximas décadas, y a la constitución de un ámbito de discusión y difusión de políticas para el sector.

Sumado a los beneficios que la constitución de un polo exportador de hidrógeno bajo en emisiones de carbono podría tener en términos de los impactos derivados de exportaciones, y la descarbonización de la industria local a partir de su uso como sustituto de combustibles fósiles, la producción a gran escala de hidrógeno supone oportunidades adicionales a toda la industria.

En primer lugar, la oferta doméstica de hidrógeno verde puede posibilitar la constitución de la industria química asociada a la producción de alternativas verdes de derivados como el amoníaco verde y metanol bajo en emisiones, entre otros.

En este sentido, la industria local de amoníaco tiene una capacidad instalada de producción de aproximadamente 900.000 toneladas anuales y un volumen de exportaciones que promedió los USD 9,5 millones en los últimos nueve años. La industria de amoníaco podría integrarse a la producción de hidrógeno verde para suplir nichos de demanda de fertilizantes verdes tanto en el mercado local como en el internacional, o bien, para proveer de amoníaco verde como *carrier* para el hidrógeno, en un mercado global que podría alcanzar los USD 5.400 millones en 2030.

Con relación a la industria manufacturera en general, el *hub* de producción local de hidrógeno gris y fundamentalmente de hidrógeno verde es una oportunidad para traccionar la demanda en varios sectores industriales, asociados a la producción de bienes de capital y fundición, aceros especiales, componentes eléctricos y materiales para la construcción para abastecer la demanda de parques de generación renovables y plantas de electrólisis.

Adicionalmente, y de forma más persistente de lo que ocurre en la demanda del sector eléctrico renovable, un volumen de demanda sostenido en el tiempo como el que podría preverse para esta industria abre un nicho de oportunidad para potenciar la industria local de aerogeneradores, que requiere volumen para lograr su actualización tecnológica y aumento de escala, así como para facilitar la re-radicación[35] de tecnólogos internacionales a partir de programas de integración local. Dicho volumen de demanda podría permitir también mayores niveles de integración en componentes eléctricos y mecánicos en la industria solar fotovoltaica que serían factibles producir localmente.

Con relación a las plantas de electrólisis (figura 10) las mismas incluyen por un lado a los electrolizadores propiamente dichos, y una serie de instalaciones metalmecánicas con distinto grado de complejidad donde, a grandes rasgos, se destaca la utilización de aceros especiales, como así también el uso de bombas, compresores y otros equipos necesarios para el manejo de gases y fluidos.

La producción tanto de los electrolizadores de tipo alcalinos como de los denominados PEM (Membrana Electrolítica de Polímero, por sus siglas en inglés) -si bien aún a escala reducida- está hoy concentrada en 15 fabricantes a nivel global, incluyendo tanto *startups* como firmas de nicho y grupos integrados como Siemens, Cummins o ThyssenKrupp. En este sentido, existe una ventana de tiempo para innovar con desarrollos locales, pero debe ser acompañada de esfuerzos muy concretos de política que permitan lograr alta eficiencia e igualar condiciones existentes en otros mercados donde existen amplios programas de asistencia al impulso tecnológico del sector hidrógeno.

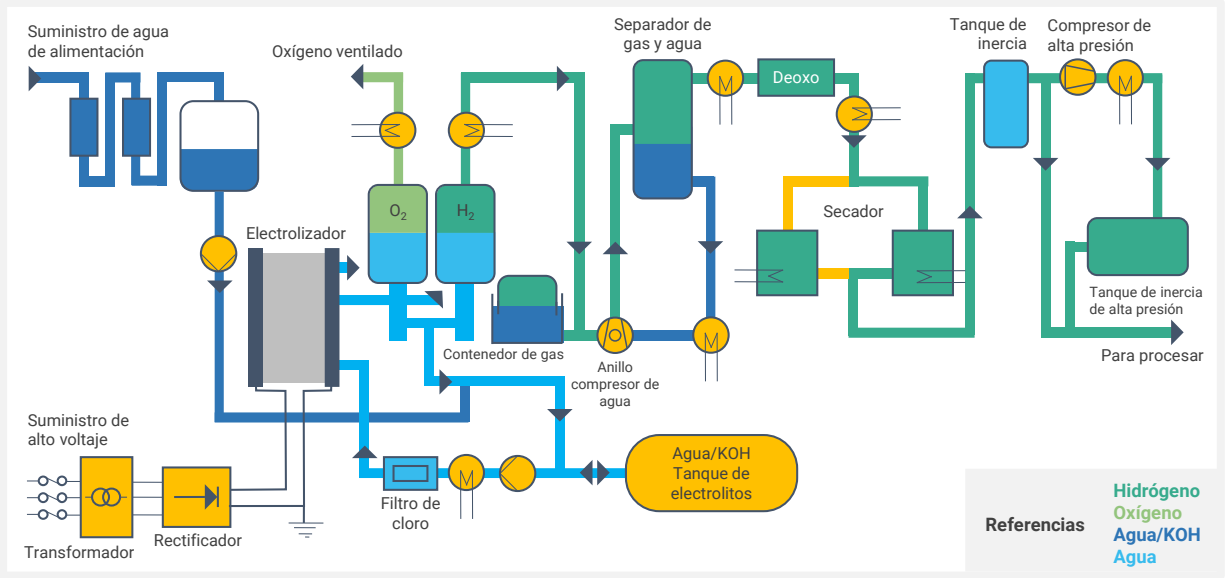
En cuanto a los componentes electromecánicos y auxiliares que hacen al resto de la producción, es esperable, en las primeras etapas de producción, que en función de la oferta local exista cierta demanda residual para integración de componentes en el marco de desembarco de inversiones "llave en mano" que garanticen a inversores y financiadores de proyectos cierto nivel de confianza en la tecnología a instalar.

En este sentido, existe una oportunidad de promover la integración de estos componentes a nivel local, donde existe cierto *know-how* propio a partir de la industria del gas y petróleo, y en particular, de la industria del GNL.

Adicionalmente, en lo que serán las fases de despacho, transporte y exportación de hidrógeno podría existir también capacidad de oferta en todo lo referido a tractores carreteros, acoplados y/o remolques especiales, cisternas, adaptación y reparación de naves para transporte de hidrógeno y/o adaptación por sustitución de combustible.

[35] En el marco del Programa RenovAr los tecnólogos Vestas y Nordex- Acciona iniciaron un proceso de radicación e integración de partes que eventualmente fue descontinuado a partir de la crisis económica desatada en 2018 y la no continuidad de las subastas de energía renovable.

**FIGURA 10. ESTRUCTURA TÍPICA DE UNA PLANTA DE ELECTRÓLISIS**




Fuente: reproducido de IRENA (2021).

En suma, las inversiones en hidrógeno bajo en emisiones podrían impulsar los siguientes segmentos de actividad económica:

- Componentes electromecánicos de equipos de generación renovable, en especial eólicos, incluyendo: piezas de fundición para aerogeneradores, aceros para torres eólicas, aceros para seguidores solares, cables de acero, equipos de precisión y equipamiento eléctrico;
- Componentes eléctricos para parques de generación renovable: especialmente cables, transformadores y subestaciones, y tableros de control;
- Componentes electromecánicos para la producción y/o ensamblaje de electrolizadores, incluyendo: aceros especiales utilizados para sistemas de transporte de gases y fluidos, sistemas de bombas para transporte de fluidos, equipos para el procesamiento de gases, equipos de monitoreo y componentes para membranas (electrolizadores PEM);
- Equipamiento para el transporte automotor de carga, incluidos tractores carreteros y remolques y semirremolques para cargas especiales, cisternas, y toda la industria autopartista asociada;
- Acondicionamiento de naves de gran porte para transporte de hidrógeno y/o amoníaco verde;
- Materiales para la construcción de parques de generación e infraestructura auxiliar, y para acondicionamiento de infraestructura vial y portuaria;

- Servicios de transporte de cargas especiales, como carretones y grúas de grandes dimensiones para montaje de parques de generación renovable;
- Servicios de control, gestión y monitoreo de todas las etapas del hidrógeno, incluidas la producción, transporte, almacenamiento, despacho y consumo.

El enorme volumen que la producción de hidrógeno verde podría alcanzar a nivel local, y la enorme capacidad a instalar en generación renovable, será el principal impulsor para el desarrollo de la cadena de proveedores a nivel local dado que resulta esencial que existan niveles de escala en el mercado que permitan una estrategia efectiva de desarrollo y radicación de proveedores.

En particular, y en atención a los anuncios de inversión en hidrógeno verde a partir de energía eólica, cabe resaltarse que la estrategia de radicación de los fabricantes líderes a nivel global de aerogeneradores impulsa también de forma conjunta la instalación en el país de sus proveedores de componentes críticos (Swilling *et al.*, 2022), para lo cual resulta esencial que exista demanda sostenida en el tiempo que permita amortizar las enormes inversiones que la producción de componentes a nivel local demanda, especialmente considerando la integración de piezas de fundición de grandes dimensiones como las que conforman la nacelle y buje de los aerogeneradores, o de materiales complejos como las palas.

Esta situación resulta una oportunidad para introducir políticas que traccionen la demanda local, pero sin perder de vista que, dada las restricciones al financiamiento del capital en el mercado doméstico, los encarecimientos en los costos fijos de los proyectos con relación a otros mercados pueden tener un impacto no deseado en la competitividad sistémica de la cadena.

## La cadena de valor a 2030: potenciales impactos a nivel doméstico

Resulta extremadamente complejo poder dimensionar la escala que podría alcanzar la cadena de valor del hidrógeno bajo en emisiones a nivel doméstico por el doble desafío de estimar tanto la evolución de un mercado a nivel internacional, como también la propia proyección doméstica atada a los factores de competitividad previamente descriptos, los cuales se encuentra supeditados a aspectos de índole tecnológica –costos de producción–, comercial y geopolíticos –evolución de precios de los combustibles fósiles– y domésticos –expectativa sobre la evolución del costo de capital a nivel doméstico–.

Asimismo, si bien se han dado avances sustantivos a partir de la conformación de la Mesa Interministerial y la realización de estudios de producción y demanda, como los encomendados durante 2021 por la Secretaría de Asuntos Estratégicos de Presidencia de la Nación, la complejidad del análisis involucrado ha incidido para que el diseño de la estrategia de nacional hidrógeno a nivel local resulte más tardía que en otros mercados. Sin embargo, los estudios encomendados permitirán precisar mejor el alcance de las proyecciones a partir de un conocimiento más acabado de las capacidades locales en todos los eslabones de la cadena y, principalmente, en los costos de producción asociados a las condiciones domésticas.

Por otro lado, en la literatura pública disponible sobre análisis de mercados no abundan proyecciones respecto al caso de Argentina dado que estimar un costo de hidrógeno resulta dificultoso como consecuencia de los costos financieros proyectados que arrojan resultados inconducentes.

Sin embargo, considerando los anuncios de inversión realizados a nivel local, y las proyecciones en otros mercados de Sudamérica con características similares de rendimientos de generación renovable, es posible estimar que a 2030 Argentina podría tener, en un escenario positivo para la atracción de inversiones, niveles de producción de entre 1,6 y 2,3 millones de toneladas anuales de hidrógeno verde, lo que podría comprender -dependiendo de la evolución del costo de los electrolizadores y de la instalación de nueva capacidad de generación renovable- inversiones por hasta USD 14.000 millones y exportaciones en torno a los USD 2.200 millones anuales dependiendo del mix entre demanda externa y local, y del sendero de precios estimados para el hidrógeno verde.

En este sentido, la configuración de este sector económico, aún con bajos niveles de integración esperables a corto plazo producto del alto nivel de concentración de la industria, podría generar al menos 12.000 empleos acumulados hacia 2030, considerando directos e indirectos, entre el sector de producción de hidrógeno, la generación eléctrica y el empleo por demanda de bienes industriales. Dado el carácter capital-intensivo del sector, puede preverse que los empleos serán mayormente registrados asalariados y de altos salarios relativos. Asimismo, y dado el carácter masculinizado tanto del sector energético como de sus proveedores industriales, de construcción y de servicios, de no mediar políticas de equidad de género la gran mayoría (por lo menos el 80%) de los empleos generados serían masculinos. En este sentido, un objetivo adicional de política pública debería ser lograr una feminización creciente en la futura industria del hidrógeno bajo en emisiones.

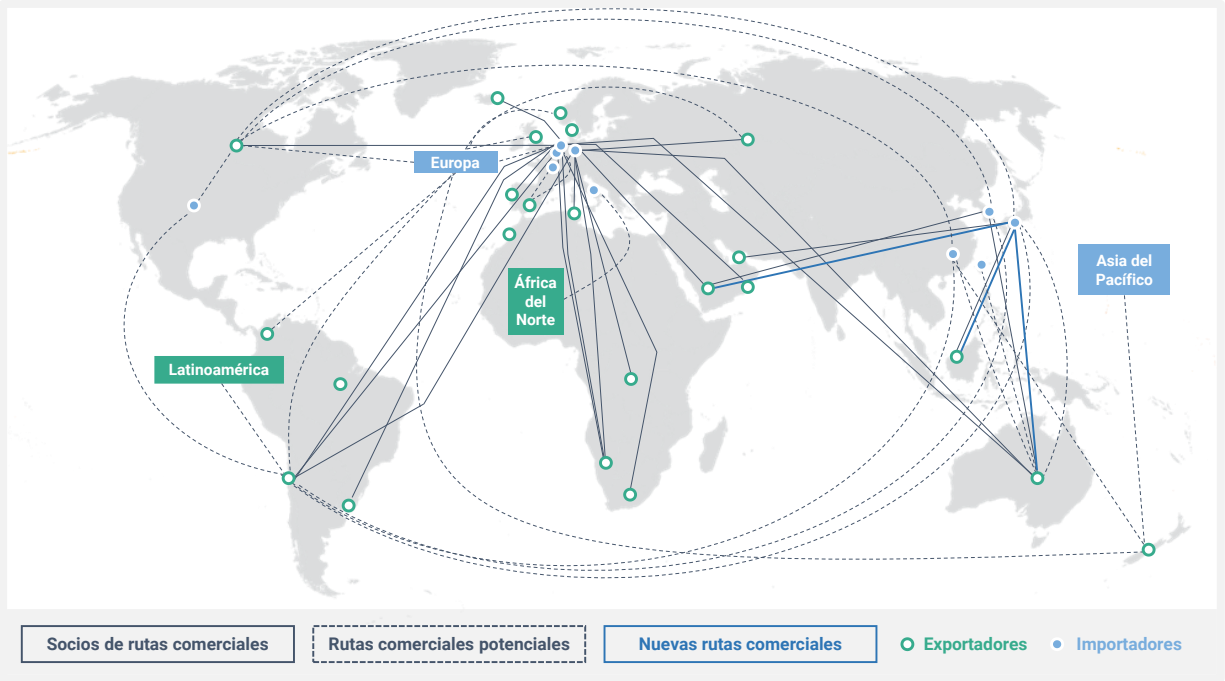
## Lineamientos de política

El hidrógeno bajo en emisiones de carbono se presenta sin duda como una oportunidad muy singular para nuestro país, que podría convertir a Argentina en proveedor global de un vector energético que resultará muy relevante para la transición energética, y tendrá impactos sobre la organización geopolítica del sector energético. Para tomar dimensión de su relevancia, la Agencia Internacional de Energía (IEA) identificó más de 264 políticas e iniciativas ya en vigor o anunciadas a nivel global, y cada vez se celebran más acuerdos de cooperación productiva y comercial que involucran al hidrógeno bajo en emisiones (fundamentalmente verde) y sus derivados.

En consecuencia, crece el interés de los distintos actores potenciales de la cadena de valor por la publicación de una Estrategia Nacional del Hidrógeno y un marco normativo que permita definir de una forma más concreta estrategias corporativas para profundizar la inserción de la cadena. Cabe resaltar que si bien en 2006 el Parlamento sancionó un régimen de fomento para la producción de hidrógeno y la investigación e innovación en tecnología vinculada, el mismo nunca ha sido reglamentado durante los 15 años de vigencia otorgados por la ley, en tanto que

las condiciones actuales y el mayor grado de maduración de la industria y la tecnología demandan un enfoque normativo actualizado.

### MAPA 4. RUTAS Y ACUERDOS COMERCIALES ANUNCIADOS




Fuente: reproducido de IRENA (2022).

A nivel provincial, algunas jurisdicciones ha iniciado también el camino hacia la conformación de un marco de promoción para las inversiones, especialmente en regiones con alto potencial como ser las provincias de Río Negro y Tierra del Fuego, donde ha sido anunciada la radicación de los proyectos de las firmas Fortescue Future Industries y MMEX Resources, ambos con foco en la producción de hidrógeno verde. Las provincias de Jujuy y Misiones, en el norte del país, también han señalado su interés en avanzar en la promoción de la industria.

Entre las de la región patagónica, la provincia de Tierra del Fuego ha iniciado un estudio integral para analizar la viabilidad del desarrollo de proyectos de hidrógeno verde y azul en la provincia, considerando los costos a nivel local, y las ventajas y limitaciones con las que cuenta para la producción. Además, está promoviendo un marco normativo y una hoja de ruta del hidrógeno a nivel local para fomentar el desarrollo de la cadena. En igual sentido en Río Negro, provincia en la que se ha anunciado la mayor inversión en hidrógeno verde al momento, ha avanzado desde 2020 con importantes hitos en lo que refieren a la promoción de la industria, incluyendo el lanzamiento del Plan Estratégico de Hidrógeno Verde que contempla los lineamientos de política para la industria, el inicio de estudios de prefactibilidad y proyecciones con la colaboración del Instituto Fraunhofer de Alemania y la adecuación del marco normativo para promover las inversiones.

Resulta entonces muy relevante la definición de los lineamientos de política a nivel nacional que contemplen todas las oportunidades que esta industria representa. De distintas instancias de trabajo conjunto e intercambio en encuentros institucionales, los representantes del sector privado vinculados a la cadena destacaron que la principal potencialidad del país en esta industria se basa en los siguientes factores:

- Existencia de altísimo potencial de generación renovable con un bajo nivel de desarrollo.
- Apetito internacional por invertir en el sector de renovables en Argentina, dadas excelentes condiciones tanto de energía eólica (Patagonia) como solar (Cuyo y NOA).
- Capacidad de provisión complementaria de hidrógeno azul y verde (por disponibilidad simultánea de hidrocarburos convencionales y no convencionales, y energías renovables).
- Zonas de producción con baja densidad poblacional y disponibilidad de recursos hídricos (como por ejemplo la Patagonia).
- La geografía de gran parte de la Patagonia (planicie) facilita los procesos de evaluación de impacto ambiental *vis à vis* otras geografías más complejas con mayor predominancia de accidentes geográficos como islas, cordilleras y estrechos.
- Existencia de proveedores de la cadena del gas y petróleo que podrían integrarse a la industria del hidrógeno. En este sentido, vale la pena tener en cuenta que de acuerdo a un estudio del CEP-XXI y la Secretaría Pyme (2022), la cadena hidrocarburífera actualmente cuenta con casi 10.000 firmas proveedoras, de las cuales más del 75% son pymes empleadoras. De ellas, el 18% son industriales, lo cual se explica mayormente por ramas intensivas en ingeniería, como la metalmecánica.

Por su parte, las debilidades señaladas responden a:

- Inestabilidad macroeconómica.
- Condiciones de financiamiento adversas para el desarrollo de la actividad.
- Histórica ausencia de planificación estratégica del sector energético que integre al hidrógeno como vector energético.
- Limitada capacidad de transporte eléctrico en zonas de alta productividad como Patagonia y NOA.
- Problemas de infraestructura de transporte para la instalación de equipos de gran envergadura y evacuación de la producción.

En este sentido, han identificado como prioritarias las siguientes cuestiones:

- Publicar una Estrategia Nacional que establezca metas para el sector.
- Integrar la estrategia para la industria del hidrógeno en el marco de la política energética macro y la estrategia de descarbonización.

- Avanzar con la realización de los estudios completos a escala nacional de producción y demanda para dimensionar de forma más certera la competitividad local.
- Promover una política no solo enfocada en el mercado internacional, sino también complementaria con la transición energética de las empresas locales que involucre al hidrógeno.
- Promover una política de marca país en la materia más activa, siguiendo el ejemplo del caso chileno (recuadro 12).
- Garantizar un marco normativo que dé previsibilidad en la política de exportaciones, referente a derechos de exportación y acceso al mercado de cambios para pago de deuda y dividendos.
- Otorgar previsibilidad y estabilidad en los beneficios sobre inversión.
- Promover acciones de I+D local y formación de recursos humanos para la cadena.

Considerado estos aspectos y los puntos analizados a lo largo del diagnóstico, se estima pertinente considerar los siguientes ejes directrices para la construcción de las políticas para el sector:

- Avanzar conjuntamente con las autoridades competentes de la Secretaría de Energía, la Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo y la Secretaría de Asuntos Estratégicos en la definición de la Estrategia Nacional del Hidrógeno, en el marco de una planificación integral del sector energético.

- Garantizar un sendero de previsibilidad de largo plazo para las inversiones en generación renovable e hidrógeno azul y verde en particular.

- Otorgar señales de política (derechos de exportación y acceso a divisas) referentes a la estrategia exportadora que permitan una adecuada proyección de flujos a los potenciales desarrolladores de proyectos.

- Propiciar el fomento de la demanda externa a partir de beneficios fiscales y/o aduaneros a la exportación.

- Impulsar la demanda doméstica para contribuir a generar escala productiva, y desplazar consumo de combustibles fósiles en el sector industrial.

- Generar esquemas tendientes a la reducción del costo del capital a partir de incentivos fiscales y/o aduaneros con el objetivo de compensar las condiciones de financiamiento adverso para la radicación de inversiones.

- Impulsar el desarrollo de proveedores locales, especialmente en nichos de bienes y servicios de alto valor agregado, a partir de incentivos no compulsivos a fin de no encarecer el costo de las inversiones hasta que no exista un sendero claro de costos de tecnología y precios de mercado.

- Impulsar actividades de I+D vinculadas a usos alternativos del hidrógeno y desarrollo de prototipos de producción, y fomento del capital humano que permitan atraer y promover actividades de innovación dentro de la cadena a nivel local.

## Metas propuestas a 2030[36]

- Alcanzar 1.600.000 a 2.300.000 de toneladas anuales de producción de hidrógeno verde.
- Alcanzar USD 14.000 millones de inversiones efectivizadas en hidrógeno verde.
- Exportar USD 2.200 millones anuales de hidrógeno verde.
- Generar al menos 12.000 empleos directos e indirectos en hidrógeno verde.
- Lograr una tasa de feminización de los empleos creados asociados al hidrógeno verde de al menos un 30%.

[36] Las metas proyectadas se estiman en función de los avances en Argentina y la situación global.

# Proyecto 4. Promover el desarrollo local de bienes y servicios que aumenten la eficiencia energética industrial y residencial

## Introducción

La promoción de una mayor eficiencia en el consumo de energía constituye un componente clave de la presente Misión ya que no puede pensarse en una transición ambiental justa sin acciones orientadas a reducir el consumo total a partir de un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos. Es por ello que las acciones orientadas a alcanzar mayores niveles de eficiencia energética –entendida como la maximización de la cantidad de energía útil que puede obtenerse de un sistema o tecnología particular para desarrollar productos, procesos y servicios– forman parte de las diversas agendas sobre la problemática del desarrollo sostenible y representa el espíritu de los compromisos internacionales en materia de reducción de las emisiones de CO2.

En nuestro país el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022) establece a la eficiencia energética como un eje específico de actuación en lo que hace al diseño de las medidas de mitigación orientadas al cumplimiento de la Contribución Nacional Determinada.

En este marco, el presente proyecto se orienta a formular un diagnóstico que sirva de base a la formulación de diversas alternativas de política que, desde una perspectiva vinculada a las oportunidades para promover el desarrollo productivo, presenten impacto potencial sobre la trayectoria de la demanda de energía.

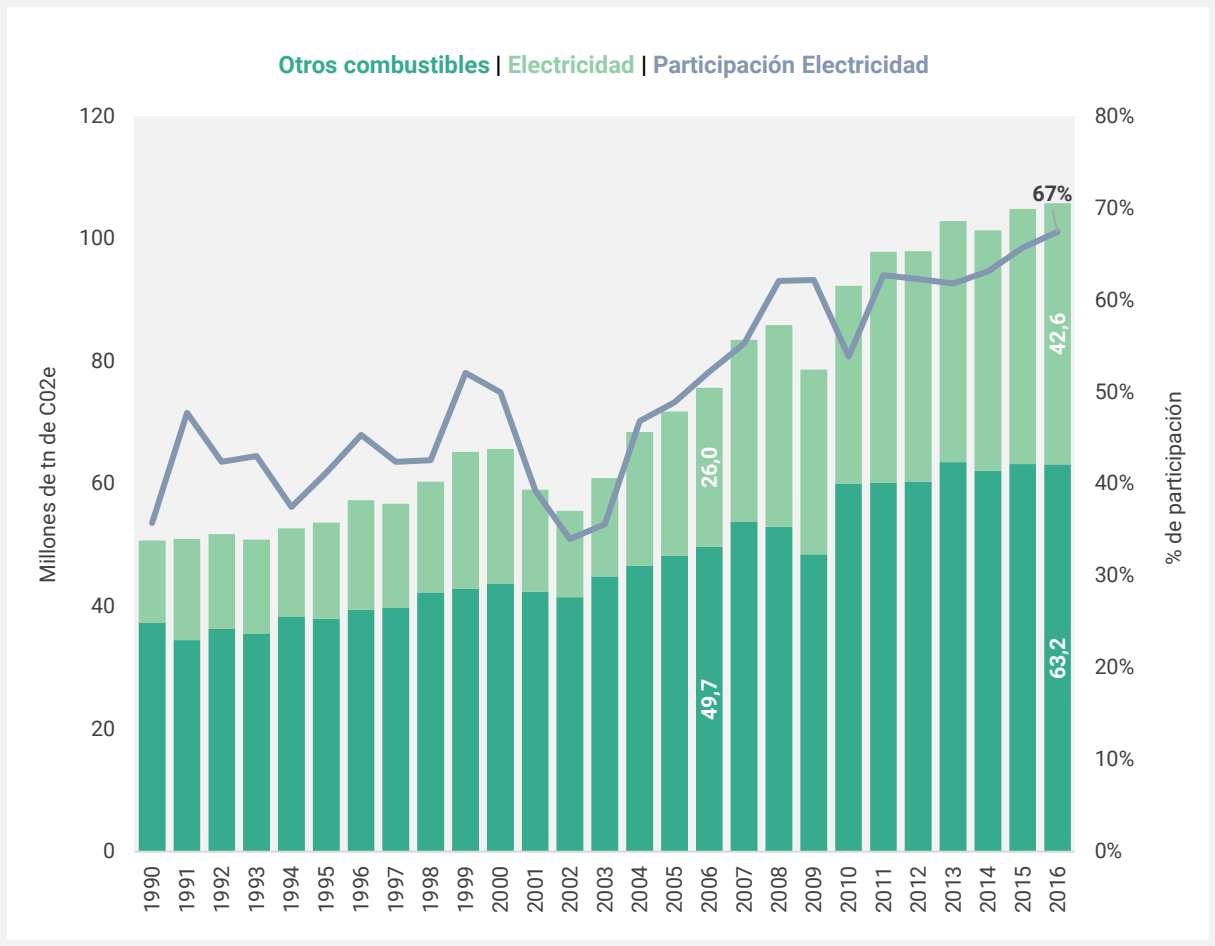
Para ello el foco estará centrado en la performance del consumo de energía eléctrica toda vez que las emisiones atribuibles al consumo de este tipo de energía por parte de hogares, industrias y establecimientos comerciales no sólo representaron un 67% del consumo total en el año 2016 -último período disponible- sino que ostentan una dinámica de crecimiento acelerado que le ha valido incrementar en torno de en un 15 p.p. su participación en la década precedente.

Como se ilustra en el gráfico 18, durante el período 2006-2016 –última década con información estadística disponible– las emisiones atribuibles al consumo eléctrico de los sectores residenciales, comerciales e industriales pasaron de 26 MtCO2e a 42,6 MtCO2e marcando un incremento del orden del 64,2% impulsado por la dinámica del consumo de los hogares.

Considerando los antecedentes nacionales y el alineamiento con los objetivos de la Misión, se han seleccionado tres áreas de acción prioritarias para su evaluación y propuesta de política, a saber:

1. La modernización del parque de equipamientos de uso difundido en hogares e industrias con alto consumo de energía eléctrica, tales como heladeras, aires acondicionados y sistemas de motores.
2. La promoción de un mayor nivel de adopción de sistemas de energía solar térmica, a partir del desarrollo de proveedores de bienes y servicios y del impulso a la demanda.
3. El impulso a sectores innovadores emergentes a partir del apoyo al crecimiento y consolidación de un mercado de soluciones inteligentes para el control y la gestión de la energía en edificaciones.

**GRÁFICO 18. EMISIONES DE GEI DE ARGENTINA ATRIBUIBLES AL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS SECTORES RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL POR AÑO, EN MILLONES DE TONELADAS DE CO2 EQUIVALENTE, 1990 A 2016**




Fuente: elaboración propia con base en Dirección Nacional de Cambio Climático (2021).

En la elección de los sectores que conforman el proyecto se evaluó de manera conjunta la profusa experiencia internacional en materia de política orientadas a mejorar la eficiencia energética, así como la experiencia local, las condiciones institucionales y del aparato productivo nacionales para implementarlas, y su complementariedad y coherencia en relación

con el resto de los proyectos que integran la presente Misión. En este sentido, las alternativas seleccionadas fueron aquellas en las que a partir de su evaluación preliminar fueron identificadas como las de mayor potencialidad para el desarrollo del entramado productivo local, estrechamente vinculadas a la capacidad de intervención del Sector Público Nacional y con capacidades de generar efectos de retroalimentación con otros ejes de la Misión.

En el próximo apartado se presentarán los elementos destacados de las caracterizaciones de los diversos sectores seleccionados, al tiempo que la sección final se reserva para la realización de un balance preliminar y la estructuración de consideraciones sobre próximos pasos.

## Diagnóstico microeconómico

Para la realización de los diagnósticos que constan en la presente sección fueron realizados encuentros con representantes de los sectores analizados, así como con funcionarios de la Administración Pública Nacional que cuenten con experiencias en el trabajo con líneas de política similares, de forma de construir una visión comprensiva a la hora de evaluar el contexto actual pero también de promover la integración entre las diversas agendas y propuestas de política promovidas desde el Sector Público Nacional. Este trabajo fue complementado con la realización de investigaciones de tipo documental y el análisis de información estadística a disposición del equipo.

En este marco se realizó una serie de encuentros con representantes de cámaras sectoriales, de empresas del sector y también con diversas áreas de la Administración Pública Nacional, incluyéndose también entrevistas realizadas en el marco de estudios previos:

El capítulo se organiza en torno a cada una de las áreas de acción prioritaria al interior de las cuales se analizan las particularidades del escenario sectorial.

### Modernización del parque de equipamientos de uso difundido en hogares e industrias

Dado su elevado impacto sobre la trayectoria de consumo, la promoción de la actualización tecnológica del parque de equipamientos de uso difundido constituye una de las medidas más tradicionales para mejorar la eficiencia energética.

El avance tecnológico redunda en la generación de equipos cuyo funcionamiento y aplicación se enfoca en cada vez menores pérdidas de energía por lo que su modernización, especialmente aquellos de mayor consumo relativo, tiene una alta incidencia potencial sobre la demanda total de energía. En un contexto en el cual la adopción de nuevas soluciones presenta múltiples condicionantes asociados, entre otros, a las capacidades de identificación, de implementación, de acceso, e inclusive, de incentivo, este resulta un ámbito de intervención deseable para la política pública.

En el presente documento se analizarán acciones de intervención orientadas a la modernización de equipamientos para el hogar (heladeras y aires acondicionados) y del parque de sistemas de motores estacionarios utilizados en la producción industrial. En ambos casos, se trata de sectores tradicionales del entramado productivo local que integran empresas nacionales con firmas multinacionales, y con diversa capacidad a la hora de abastecer el mercado local con las líneas de productos de mayores niveles de eficiencia relativa.

En este sentido, el mayor desafío se presenta en generar condiciones que permitan potenciar el aprovechamiento del entramado productivo local del proceso de modernización del parque de equipamientos de uso difundido.

**Sistemas de motores**

Se estima que la industria manufacturera es responsable del 40% del consumo de energía eléctrica a nivel nacional[37] la cual es aplicada al menos en un 70% al funcionamiento de sistemas de motores eléctricos (Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, 2017).

Los motores eléctricos convierten la energía eléctrica en energía mecánica en un proceso en el cual existen diversos factores que hacen a la pérdida de energía. En este sentido, las acciones de promoción de una mayor eficiencia energética en el funcionamiento de los sistemas de motores se orientan a facilitar la adopción de soluciones capaces de reducir dichas pérdidas de energía.

Así, la promoción de una mayor eficiencia energética en el uso de motores eléctricos en la industria manufacturera (y la reducción de emisiones asociadas) reconoce la promoción de dos tipos de soluciones:

a. La mejora de la performance del parque de motores eléctricos empleado en la producción manufacturera a partir de la sustitución de motores menos eficientes por otros de mayor eficiencia. El fomento de la adopción de motores eficientes depende tanto de las tecnologías disponibles en cada momento del tiempo como del correcto dimensionamiento de las necesidades de potencia por parte de los usuarios de estos. En nuestro país, la referencia en relación con el estándar de eficiencia para motores eléctricos se especifica en la Norma IRAM 62.405[38], en la que se definen 4 clases de eficiencia: IE0, IE1 (eficiencia estándar), IE2 (alta eficiencia) e IE3 (eficiencia premium). Un motor IE3 es desde un 2% a un 10% más eficiente que uno IE1.[39] En este sentido, en su *Guía de Eficiencia para Motores Eléctricos*, la Secretaría

[37] La información estadística relativa a la producción, transformación, consumo y comercio exterior de energía se condensa en los Balances Energéticos Nacionales elaborados por la Secretaría de Energía de la Nación.

[38] Esta Norma, por su parte, replica las categorías de la Norma IEC 60.034, elaborada por la Comisión Electrotécnica Internacional, para mayor información consultar wbstore.iec.ch.

[39] Entre las características que hacen a la eficiencia de un motor eléctrico, esto es que conducen a una menor pérdida de energía, se destacan: la cantidad de material conductor, la calidad de las chapas magnéticas, el funcionamiento de los sistemas de ventilación, la aplicación de soluciones de reducción de la fricción y las tecnologías orientadas a

de Energía recomienda la adecuación de la eficiencia del motor a la cantidad de horas de uso de manera de mantener soluciones costo-efectivas en la adquisición de nuevos motores eléctricos. Así, se aconseja un mínimo de eficiencia IE2 para motores con un uso de hasta 2.000 horas anuales y un mínimo de eficiencia IE3 para motores que superen dicha utilización.

b. La adopción de soluciones de variadores de velocidad orientadas a reducir las pérdidas ocurridas entre la oferta de energía del motor y las necesidades de carga mecánica de los sistemas asociados. Se trata de soluciones de control inteligente capaces de regular la velocidad de funcionamiento de los motores para que la electricidad que alimenta el motor se ajuste a la demanda real de la aplicación. Dadas las características de estas soluciones, su especificación y las estimaciones de ahorro energético dependen en gran medida de las condiciones de uso por parte de cada una de las unidades productoras.

Las soluciones de sistemas de motores (motores eléctricos y variadores de velocidad) en nuestro país presentan un conjunto reducido de oferentes con presencia tanto de empresas líderes del mercado global como de productores nacionales.

**MAPA 5. UBICACIÓN GEORREFERENCIADA DE EMPRESAS OFERENTES DE SISTEMAS DE MOTORES**

Nota: el tamaño de los puntos muestra la cantidad de empleo en tramos de 1-9, 10-49, 50-199 y 200 o más puestos de trabajo. Se contabilizaron todos los domicilios de explotación de las empresas de motores eléctricos (Tecno Sim, Bremocor, Ignis, BDR, Metalúrgica del Libertador, Motormech, FENK, Motores Czerweny, Motortech, Motorarg) y de motores eléctricos y variadores de velocidad (WEG Equipamientos Eléctricos, Siemens, ABB y Schneider Electric). Fuente: elaboración propia con base en información del CEP-XXI .

Se identificaron, de manera preliminar, un total de 14 empresas proveedoras de motores eléctricos trifásicos, tipología que de acuerdo con la opinión de los expertos consultados constituyen los de uso más difundido en lo que hace a aplicaciones para la industria

reducir las pérdidas magnéticas (Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, 2017).

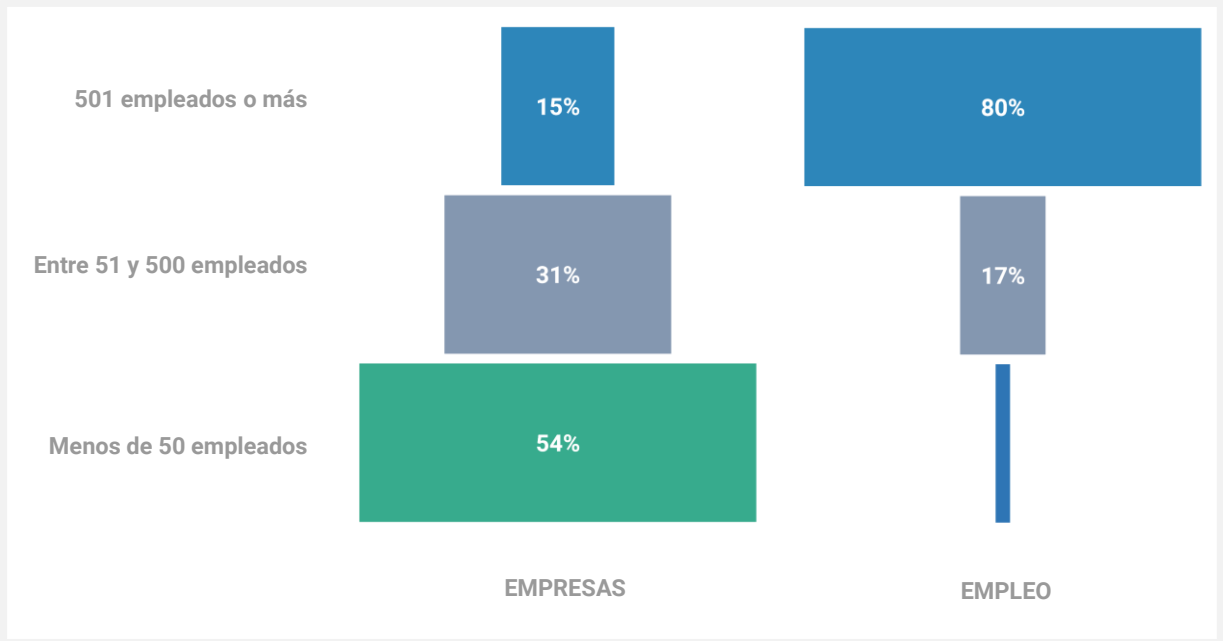
manufacturera, 4 de las cuales también actúan en el segmento de las soluciones de variadores de velocidad.

Las empresas del sector se encuentran principalmente nucleadas en la Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnica (CADIEEL) que agrupa a 8 de los 14 oferentes identificados. Se trata de empresas que incluyen tanto firmas globales como oferentes de origen local. En ambos casos, se trata de firmas diversificadas que ofrecen una variedad de soluciones en los diversos segmentos eléctricos (motores eléctricos, bombas, entre otras), como de potencia (alta, media y baja potencia).

Esta diversificación genera limitaciones a la hora de realizar un diagnóstico microeconómico del sector, por lo que el análisis se deriva de los datos consolidados del sector, sin resultar posible al momento de elaboración del presente informe realizar consideraciones en lo que se refiere al dimensionamiento del segmento específicamente vinculado a sistemas de motores.

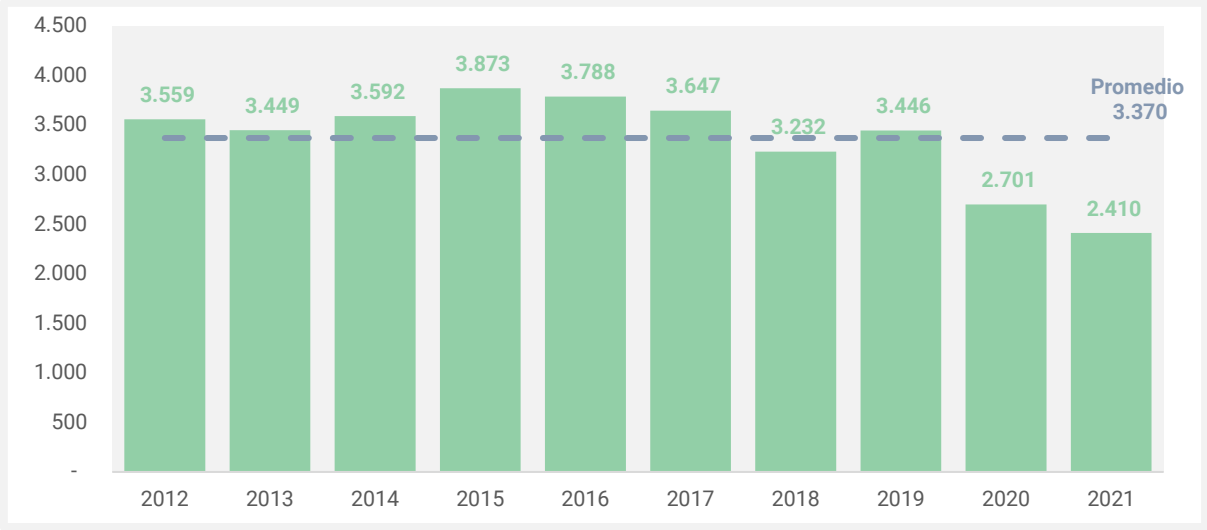
En términos de tamaño, existe una presencia significativa de pequeñas y medianas empresas (fundamentalmente de origen nacional), al tiempo que el mayor volumen de empleo registrado está asociado a las grandes empresas del sector, vinculadas principalmente a las empresas de actuación global.

**GRÁFICO 19. SISTEMAS DE MOTORES: CARACTERIZACIÓN DE LOS OFERENTES LOCALES, SEGÚN TAMAÑO, 2021**




Nota: la distribución se basa en una lista de 13 oferentes sobre los que se dispone de informaciones. Las estimaciones corresponden al total de empleo generado por las unidades productivas en la totalidad de sus segmentos de actuación. Fuente: elaboración propia sobre la base de INDEC y AFIP.

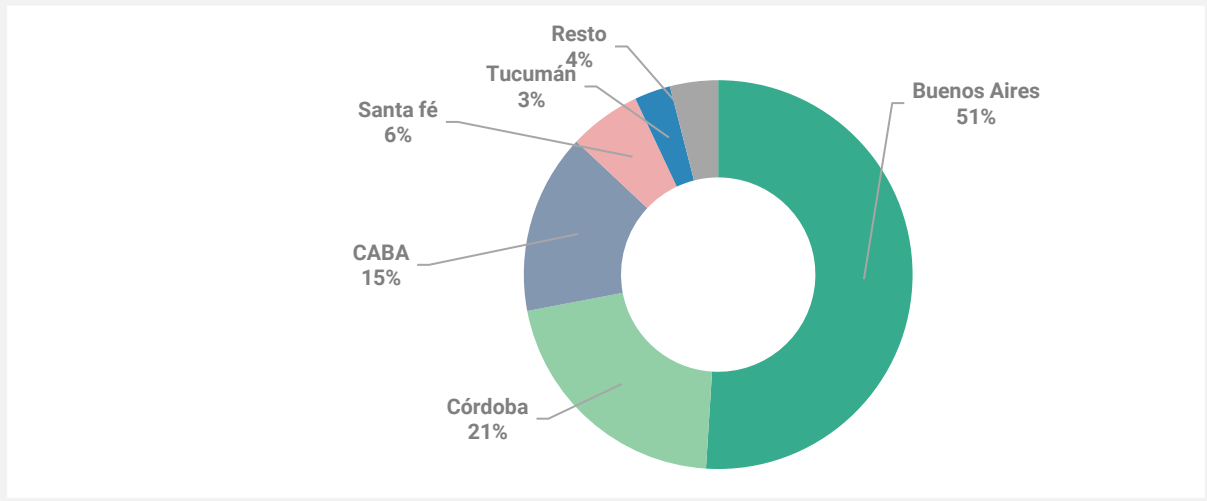
**GRÁFICO 20. SISTEMAS DE MOTORES: CANTIDAD DE PUESTOS DE TRABAJO ASALARIADOS REGISTRADOS (2012-2021)**




Nota: la distribución se basa en una lista de 14 oferentes sobre los que se dispone de informaciones. Las estimaciones corresponden al total de empleo generado por las unidades productivas en la totalidad de sus segmentos de actuación. Fuente: elaboración propia sobre la base de INDEC y AFIP.

En términos de su distribución geográfica, el empleo generado por estas empresas se encuentra concentrado en la zona central del país. Algo más de la mitad de los puestos de trabajo registrados (55%) se localiza en la provincia de Buenos Aires (principalmente en el conurbano bonaerense), al tiempo que las provincias de Córdoba y Santa Fe explican un 12% y 9%, respectivamente.

**GRÁFICO 21. SISTEMAS DE MOTORES: DISTRIBUCIÓN DEL EMPLEO SEGÚN PROVINCIA, 2021**



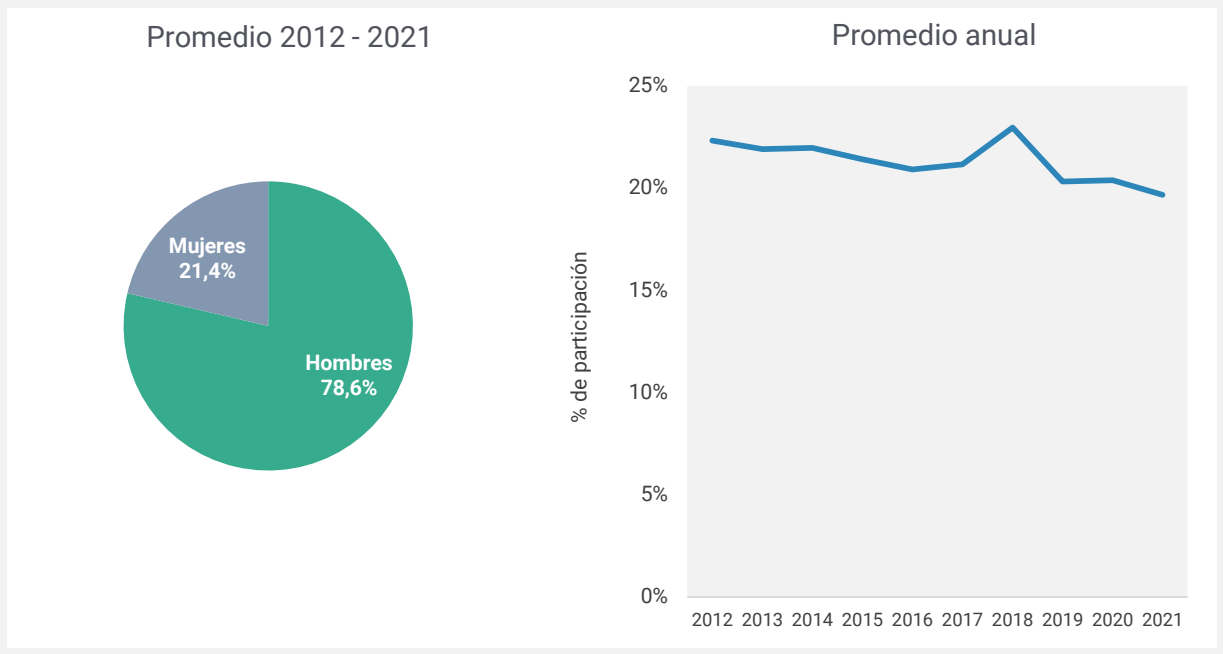

Nota: la distribución se basa en una lista de 13 oferentes sobre los que se dispone de informaciones. Las estimaciones corresponden al total de empleo generado por las unidades productivas en la totalidad de sus segmentos de actuación. Fuente: elaboración propia sobre la base de INDEC y AFIP.

El empleo del sector se concentra fundamentalmente en trabajadores hombres los cuales explican el 78,6% del promedio total de empleados registrados durante la última década. La participación femenina, como se ilustra en el gráfico 22, ha mostrado de hecho una tendencia decreciente a lo largo del período analizado.

Según las evaluaciones surgidas de las entrevistas con representantes del sector, la oferta nacional de sistemas de motores se concentra principalmente en los de baja potencia y de menor eficiencia relativa (IE0, IE1 e IE2). En este sentido, el abastecimiento de aquellas soluciones identificadas como clave para la promoción de un consumo más eficiente de energía eléctrica en la producción manufacturera -esto es, de motores con eficiencia IE3 y variadores de velocidad- dependen en la actualidad principalmente de las importaciones.

La evolución reciente de las importaciones del sector marca una trayectoria contractiva en ambos tipos de producto. Dicha tendencia se verifica tanto en lo que hace al valor de las importaciones, como a las cantidades declaradas.

**GRÁFICO 22. SISTEMAS DE MOTORES: PARTICIPACIÓN DEL EMPLEO FEMENINO SOBRE EL TOTAL DEL EMPLEO REGISTRADO, 2012-2021**



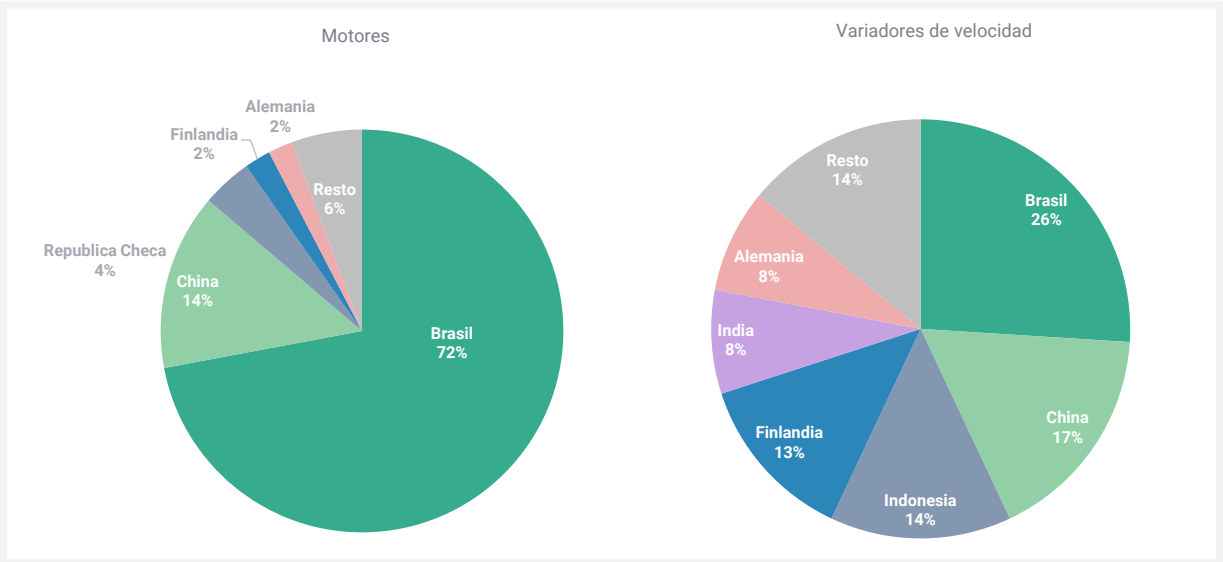

Nota: la distribución se basa en una lista de 14 oferentes sobre los que se dispone de informaciones. Las estimaciones corresponden al total de empleo generado por las unidades productivas en la totalidad de sus segmentos de actuación. Fuente: elaboración propia sobre la base de INDEC y AFIP.

## GRÁFICO 23. SISTEMAS DE MOTORES: VALOR DE LAS IMPORTACIONES Y CANTIDADES DECLARADAS, 2012-2021

Fuente: elaboración propia sobre la base de Aduana. Se tomaron las siguientes posiciones arancelarias para motores trifásicos: 85015110100U, 85015110900M, 85015120100D, 85015120900X, 85015210110J, 85015210190K, 85015210210P, 85015210290Q, 85015210910C, 85015210990D, 85015220100Q, 85015220900J, 85015310100T, 85015310900L, 85015320100C, 85015320900W; y el siguiente para variadores de velocidad: 85044050000G.

En relación con sus orígenes, las importaciones del período 2012-2021 mostraron un patrón bien diferenciado consideradas comparativamente las situaciones de los motores eléctricos y los variadores de velocidad. Mientras que en el primer caso las importaciones se originan fundamentalmente en Brasil, los orígenes resultan más diversificados en el segundo caso, con presencia tanto del país vecino como de China, Indonesia, Finlandia, India o Alemania, entre otros.

## GRÁFICO 24. SISTEMAS DE MOTORES: PARTICIPACIÓN DE LOS ORÍGENES DE LAS IMPORTACIONES, 2012-2021




Fuente: elaboración propia sobre la base de Aduana.

La caracterización fundada en el análisis documental, las fuentes estadísticas y especialmente en las informaciones emergentes de los encuentros celebrados con referentes del sector, apunta a que el abastecimiento de motores de alta eficiencia depende principalmente de importaciones.

Cabe destacar, adicionalmente, que no existen al momento estimaciones sobre la eficiencia relativa del parque actual de motores eléctricos de uso difundido.

**Heladeras y aires acondicionados**

Los electrodomésticos y, en particular, las heladeras y equipos de climatización se encuentran entre los principales consumos de electricidad en el sector residencial. Las heladeras son consideradas el consumo eléctrico de mayor magnitud, con estimaciones que ubican este consumo en aproximadamente un 24% del consumo residencial total (Gil, 2021a) con un impacto sobre el consumo explicado fundamentalmente por el hecho de que, a diferencia de otros equipamientos del hogar, se encuentran en funcionamiento de manera permanente.

En paralelo, el consumo de energía para el acondicionamiento térmico no sólo se encuentra también entre los más relevantes en el ámbito doméstico, aunque dadas las condiciones estructurales de nuestro país en este tipo de consumo intervienen de manera significativa fuentes no eléctricas.

La eficiencia en el funcionamiento de heladeras y equipos de aire acondicionado depende principalmente de sus componentes (entre los que se destaca el motor y los materiales aislantes utilizados) y de la gestión realizada por parte de los usuarios. En relación con los componentes, ambos productos cuentan con normas de cumplimiento obligatorio para el etiquetado de eficiencia energética.

En el caso de los aires acondicionados el estándar mínimo para comercialización[40] de equipos es la clasificación A en modo refrigeración y C en modo calefacción. La última versión de la norma IRAM 62406, que corresponde a 2019, incorpora las clases A+, A++ y A+++ aunque, según surgido en la etapa de entrevistas, se identificaron iniciativas orientadas a mejorar el sistema de etiquetado de manera de reflejar mejor las diferencias en la performance energética en las tecnologías actuales. También en el caso de las heladeras, el estándar mínimo para la comercialización es el A, existiendo una clasificación que incluye los niveles: A+, A++, A+++.

Tanto en el caso de las heladeras como de los aires acondicionados, las tecnologías más eficientes en la actualidad están asociadas al uso de motores de tipo *inverter*. Este tipo de motores, a diferencia de los convencionales, operan con el compresor permanentemente

[40] Las resoluciones Nº 814/2013 y N° 228/2014 de la Secretaría de Energía establecieron la clase A en refrigeración como estándar mínimo de eficiencia energética para la comercialización de aires acondicionados. Desde entonces, se prohibió la entrada al mercado de clases de eficiencia más bajas.

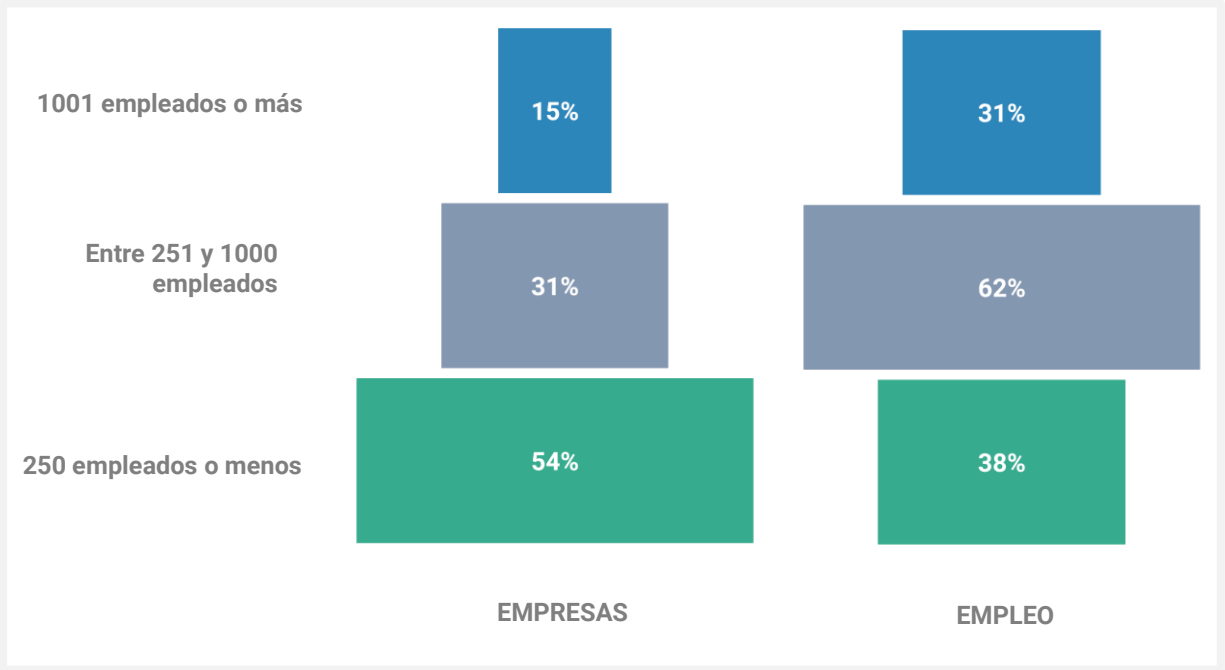
encendido, regulando la intensidad del funcionamiento del equipo para mantener constante la temperatura deseada permitiendo ahorrar entre un 35% y un 50% de energía (Gil, 2021a).

En lo que hace al entramado productivo local, y al igual que en el caso de los motores eléctricos, el segmento de equipos de uso difundido residencial integra tanto empresas de pequeño y mediano porte de origen nacional como grandes proveedores globales. Así, se enfrentan aquí las mismas limitaciones a la hora de dimensionar los indicadores específicos a los segmentos de heladeras y aires acondicionados por lo que, excepto en aquellos casos que resulte factible realizar esa diferenciación, las informaciones serán presentadas a nivel consolidado de las empresas relevantes del sector.

En términos de su tamaño, existe una presencia significativa de pequeñas y medianas empresas (fundamentalmente a las de origen nacional), al tiempo que el mayor volumen de empleo registrado está asociado a las grandes empresas del sector, vinculadas principalmente a las empresas de actuación global.

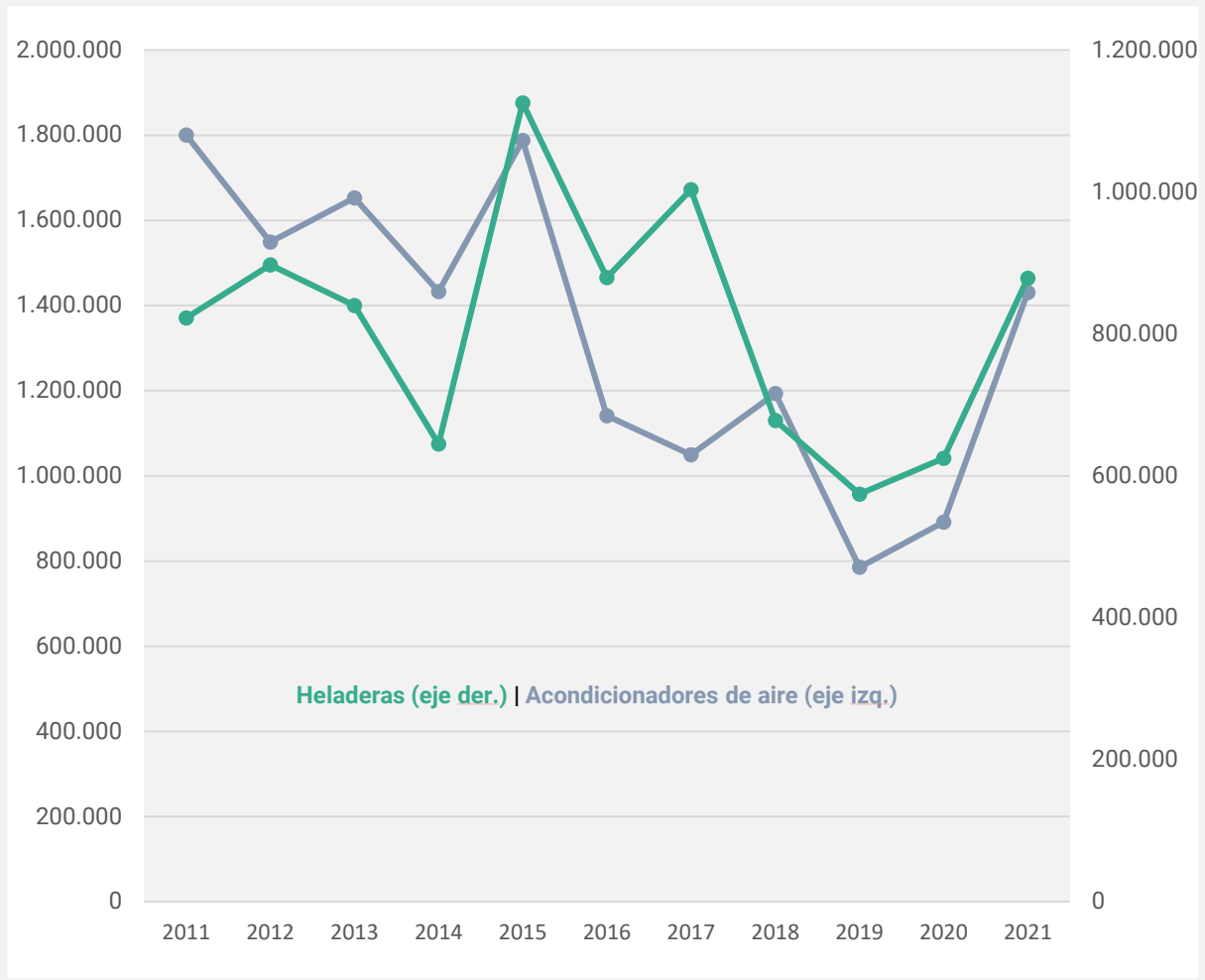
En términos de producción, durante la última década tendió a ser descendente y muy dependiente tanto del ciclo económico como de la orientación de la administración del comercio exterior. En aires acondicionados los picos fueron 2011 y 2015, en tanto que en heladeras 2015. En 2021 se registró una importante recuperación de los volúmenes fabricados, que alcanzaron el mayor nivel desde 2015 en el caso de los aires acondicionados y desde 2017 en el caso de las heladeras.

**GRÁFICO 25. HELADERAS Y AIRES ACONDICIONADOS: CARACTERIZACIÓN DE LOS OFERENTES LOCALES, SEGÚN TAMAÑO, PROMEDIO ANUAL 2012-2021**




Nota: las estimaciones corresponden al total de empleo generado por las unidades productivas en la totalidad de sus segmentos de actuación. Fuente: elaboración propia sobre la base de INDEC y AFIP.

**GRÁFICO 26. HELADERAS Y AIRES ACONDICIONADOS: CANTIDAD DE UNIDADES PRODUCIDAS EN EL PAÍS (2011-2021)**

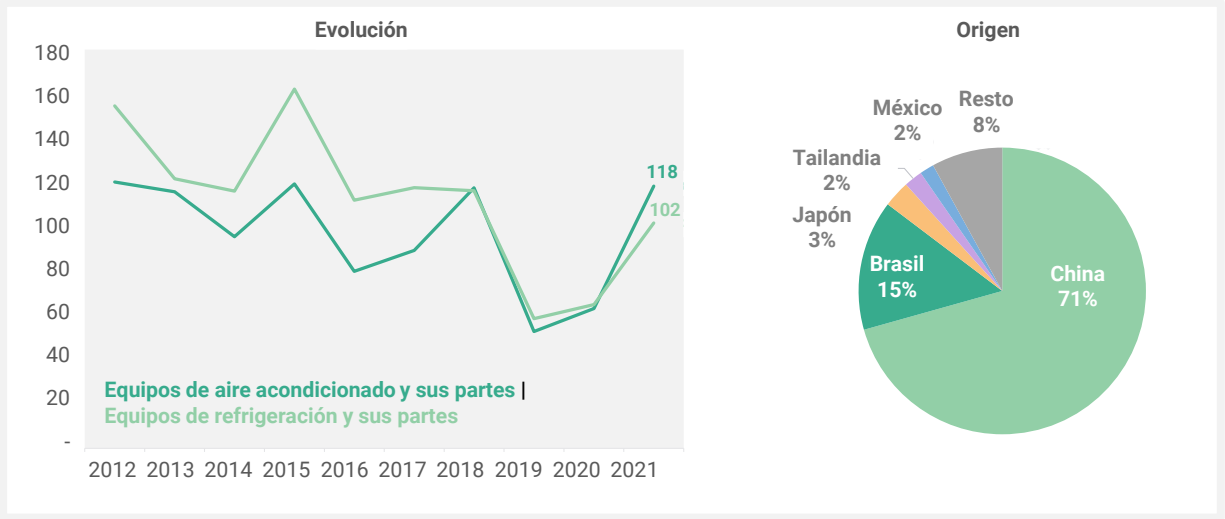



Fuente: elaboración propia sobre la base de INDEC.

En relación con su trayectoria reciente, en 2021 tanto el valor de las importaciones de heladeras como el de aires acondicionados retomó los niveles de pre pandemia. En cuanto a los orígenes, durante 2017-2021 las importaciones provinieron principalmente de China y, en mucha menor medida, de Brasil.

Según la información relevada en el proceso de entrevistas, en el segmento de motores convencionales, los de mayor eficiencia para heladeras no cuentan con producción nacional. En el mercado local se comercializan algunas heladeras con motores inverter cuyo abastecimiento depende de importaciones. En lo que hace a los aires acondicionados la comercialización de equipos con tecnología inverter en el mercado local se encuentra comparativamente más difundida, aunque también es en su totalidad abastecida por importaciones.

**GRÁFICO 27. HELADERAS Y AIRES ACONDICIONADOS: EVOLUCIÓN (2012-2021) Y ORIGEN DE LAS IMPORTACIONES (2017 -2021) EN VALORES CIF (MILLONES DE DÓLARES)**




Nota: la selección no incluye Aires Acondicionados superiores a las 35.000 frigorías ni freezers.
Fuente: elaboración propia sobre la base de Aduana. Se tomaron las siguientes posiciones arancelarias para heladeras: 84181000100J, 84181000200P, 84181000300V, 84181000900C, 84182100100K, 84182100110N, 84182100190P, 84182100200Q, 84182100290V, 84182100990H, 84182900190K, 84182900900Z, 84186940111G, 84186999400K, 84186999900M, 84189100000D, 84189900000Z, 84189900900Y, 84189900990C; y las siguientes para aires acondicionados: 84151011110Z, 84151011190A, 84151011200B, 84151011290F, 84151011311M, 84151011319E, 84151011329H, 84151011390L, 84151011391N, 84151011399F, 84151011400M, 84151011410Q, 84151011490R, 84151011500T, 84151011900P, 84151019100G, 84151019190L, 84151019200M, 84151019219K, 84151019290R, 84151019299L, 84151019311Y, 84151019900A, 84158110110C, 84158110120F, 84158110121H, 84158110131L, 84158110132N, 84158110139D, 84158110190D, 84158110200E, 84158110910W, 84158110911Y, 84158110919Q, 84158110920Z, 84158110990X, 84158210110P, 84158210120T, 84158210190Q, 84158210910H, 84158210911K, 84158210990J, 84159010100B, 84159010200G, 84159010300M, 84159010400T, 84159010410W, 84159010490X, 84159020200R, 84159020210V, 84159020290W, 84159020400C, 84159020410F, 84159020490G, 84159020500H, 84159020511N, 84159020519F, 84159020590M, 84159090100E, 84159090200K, 84159090300Q, 84159090400W, 84159090900Y, 84186940129C, 84151011210E, 84151019399R, 84151019490C, 84158190100C, 84158190200H, 84158190300N, 84158190400U, 84158210132A, 84158210139Q, 84158210919C, 84158210920L, 84158290100P, 84158290200V, 84158290300A, 84158290400F, 84158300110R.

## Sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria

El desarrollo de proveedores de sistemas solares térmicos (SST) para agua caliente sanitaria (ACS) constituye otro de los ejes de este proyecto. Si bien no resulta estrictamente un tipo de solución que promueva una mayor eficiencia en el consumo de energía lo cierto es que su progresiva adopción presenta un impacto favorable en la trayectoria del consumo al reducir la demanda de energía provista a través de la red.

Se trata de dispositivos utilizados para el aprovechamiento térmico de la radiación solar mediante su colecta, absorción y transferencia a un fluido tal como el agua o aire (Placco *et al.*, 2010; Secretaría de Energía, 2019) y que como tales, permiten reducir el consumo de energía provista a través de la red (cuya matriz es fundamentalmente asociada a fuentes de altas

emisiones de carbono) por fuentes de generación distribuida y renovables, disminuyendo así tanto la presión sobre los sistemas de distribución de energía y la emisión de GEI.

En términos generales, se denomina SST a aquellas soluciones que permiten utilizar la energía radiante del sol para calentar cualquier fluido que posteriormente pueda ser utilizado en diversas aplicaciones tales como el sanitario, la climatización de ambientes, la climatización de piscinas y los procesos industriales (Secretaría de Energía, 2019). El foco del presente proyecto se vincula a la producción de agua caliente sanitaria (ACS) lo que no solo constituye el tipo de solución más desarrollado en el país, explicando el 61% de las instalaciones solares térmicas realizadas durante 2019 (Sabre, 2021), sino también una aplicación con impacto sobre la trayectoria agregada del consumo energético. En este punto, cabe destacar que la generación de ACS para uso doméstico se ubica típicamente entre los principales consumos del sector residencial y, según estimaciones realizadas para nuestro país, representa aproximadamente el 33% del consumo de la energía residencial (Gil, 2021b).

Se estima que, en la zona central de Argentina, un equipo solar térmico es capaz de proveer entre el 65% y el 70% de la energía usada para ACS (Gil, 2021b); sin embargo, la estimación de su impacto total de ahorro energético debe considerar también las características de los equipos de apoyo asociados. Esto es porque los SST son frecuentemente sistemas híbridos en donde se realiza una instalación complementaria de un sistema estable abastecido por fuentes convencionales.

En función de las características del flujo de circulación de agua al interior del sistema, pueden diferenciarse dos tipos de SST para ACS: los “compactos”, basados en la circulación natural; y los “forzados”, que emplean bombas o controladores para movilizar el fluido entre el colector y el acumulador (Secretaría de Energía, 2019). Los primeros, típicamente asociados a las soluciones residenciales unifamiliares, resultaron la amplia mayoría de los equipos comercializados en 2019, representando un 85% del total. En lo que hace a las características de la tecnología de captación, pueden distinguirse los de “tubos de vacío” y los de “placa plana” siendo los primeros los de mayor participación entre los equipos comercializados en dicho período.[41]

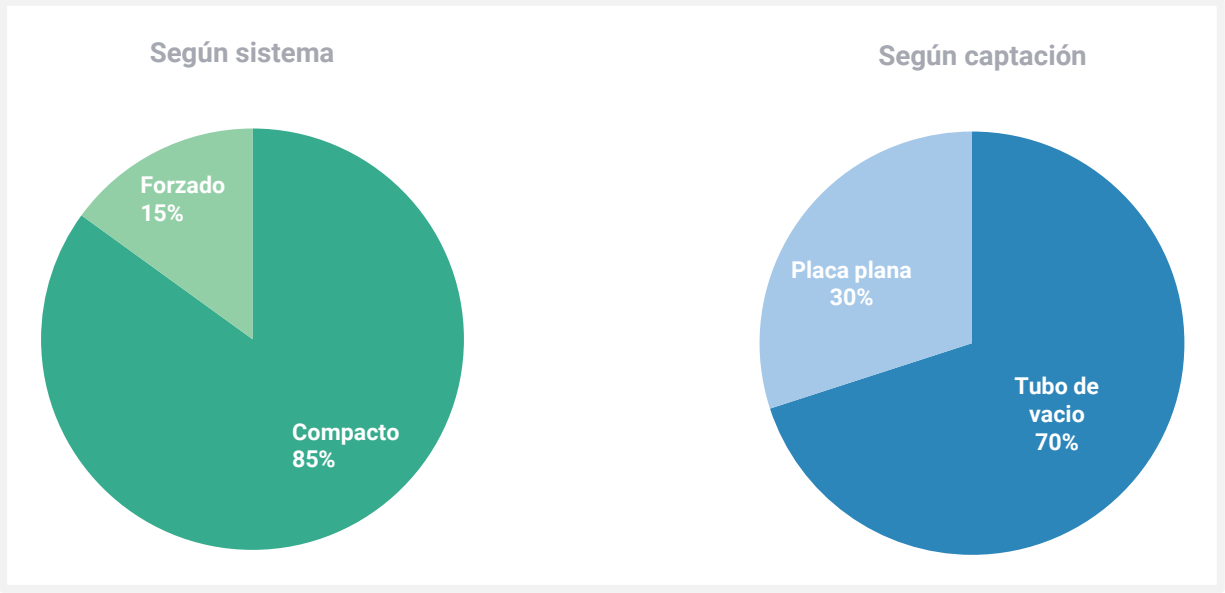
Se trata de un mercado en expansión con un volumen total de colectores comercializados que en 2019 alcanzó los 57.076 m2 (Sabre, 2021), lo que representa un 68% de crecimiento por sobre los 35.141 correspondientes a 2017 (Sabre, 2019).

Del total de equipos comercializados, el 78% se atribuye a los equipos importados, mientras que el 22% restante pertenece a equipos de fabricación nacional. Si bien la expansión de la oferta

[41] Existen diversas tecnologías que hacen a la estructura de los colectores solares, entre los que se destacan: Colectores de placa plana con cubierta (*glazed flat-plate collectors*), Colectores Concentradores Parabólicos Compuestos (CPC) Estacionarios, Colectores de placa plana sin cubierta (*unglazed flat-plate collectors*) y los Colectores de tubos de vacío (*evacuated-tube collectors*). Los colectores de tubo de vacío son hasta un 30% más eficientes que los colectores planos según (Placco *et al.*, 2010).

local ha acompañado el incremento en el volumen de equipos comercializados, la participación de importaciones sobre el total se incrementó 4 p.p. entre los períodos comparados.

**GRÁFICO 28. SST PARA ACS. EQUIPOS COMERCIALIZADOS EN ARGENTINA SEGÚN SISTEMA Y TECNOLOGÍA DE CAPTACIÓN, AÑO 2019**



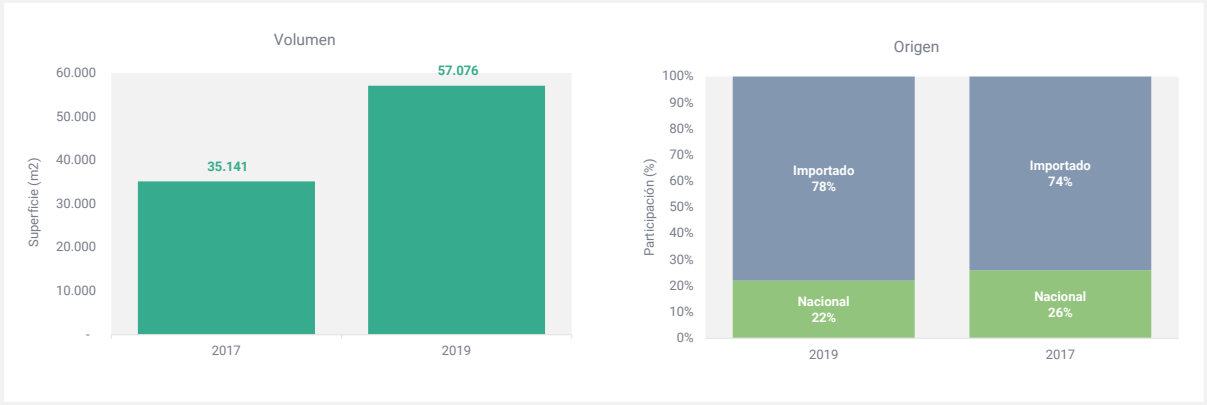

Fuente: elaboración propia sobre la base de Sabre (2021).

Según los datos correspondientes al último censo disponible[42], referente al año 2019 (Sabre, 2021) en el sector operaban un total de 217 empresas conformadas entre fabricantes, importadoras distribuidoras y de servicios. Estas últimas son las más numerosas y están orientadas a ofrecer servicios de diseño de proyectos, la instalación y mantenimiento y la capacitación.

Si bien la comparativa con el registro correspondiente a 2017 resulta en una merma del 3,5%, lo cierto es que esa dinámica contractiva se explica exclusivamente por la menor cantidad de empresas oferentes de servicios listadas, al tiempo que los segmentos de oferta de productos y de comercialización ostentaron un incremento entre ambos períodos.

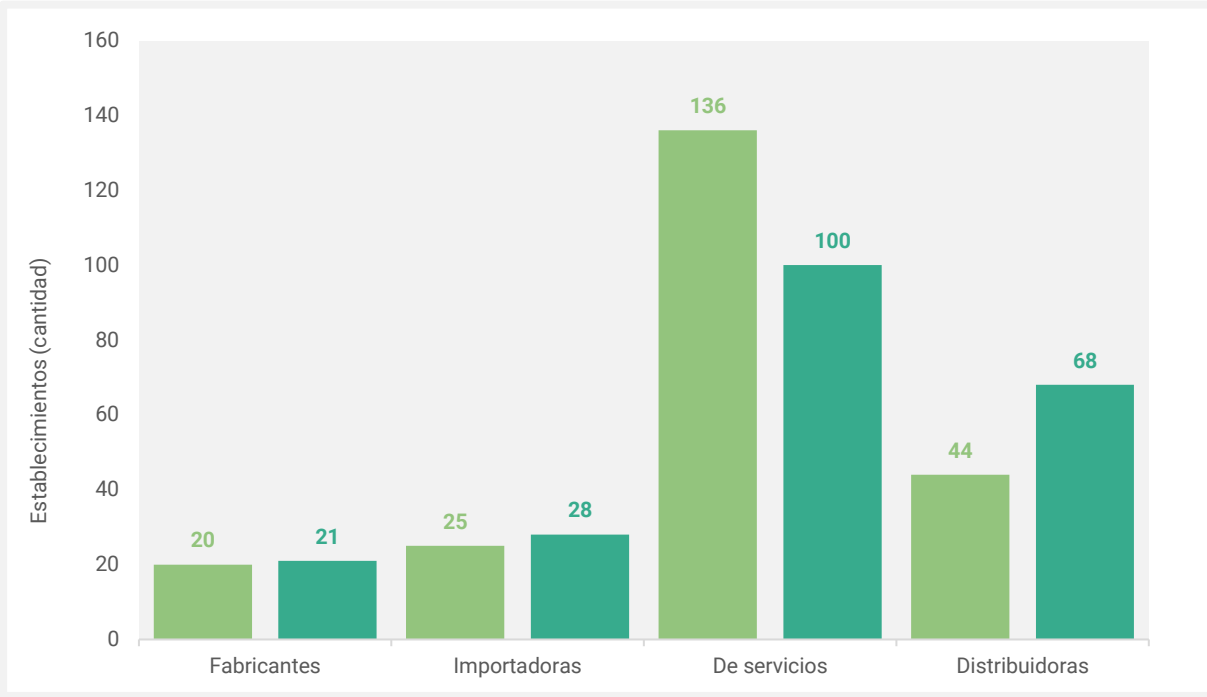
[42] La evolución del sector oferente de soluciones solares térmicas es acompañada desde el año 2015 por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) que realiza periódicamente un censo nacional orientado a registrar y caracterizar a los oferentes de productos para la energía solar térmica en el país de modo de ofrecer insumos para la creación de políticas orientadas a promover el desarrollo del sector. La amplia mayoría de las informaciones utilizadas en el presente diagnóstico provienen de dichos censos. Para mayores informaciones consultar censost.inti.gob.ar.

## GRÁFICO 29. SST PARA ACS: EQUIPOS COMERCIALIZADOS EN VOLUMEN (SUPERFICIE) Y SEGÚN ORIGEN, AÑOS 2017 Y 2019




Fuente: elaboración propia sobre la base de Sabre (2019, 2021).

## GRÁFICO 30. EMPRESAS OFERENTES DE PRODUCTOS Y SERVICIOS DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA CENSADAS SEGÚN SEGMENTO, AÑOS 2017 Y 2019

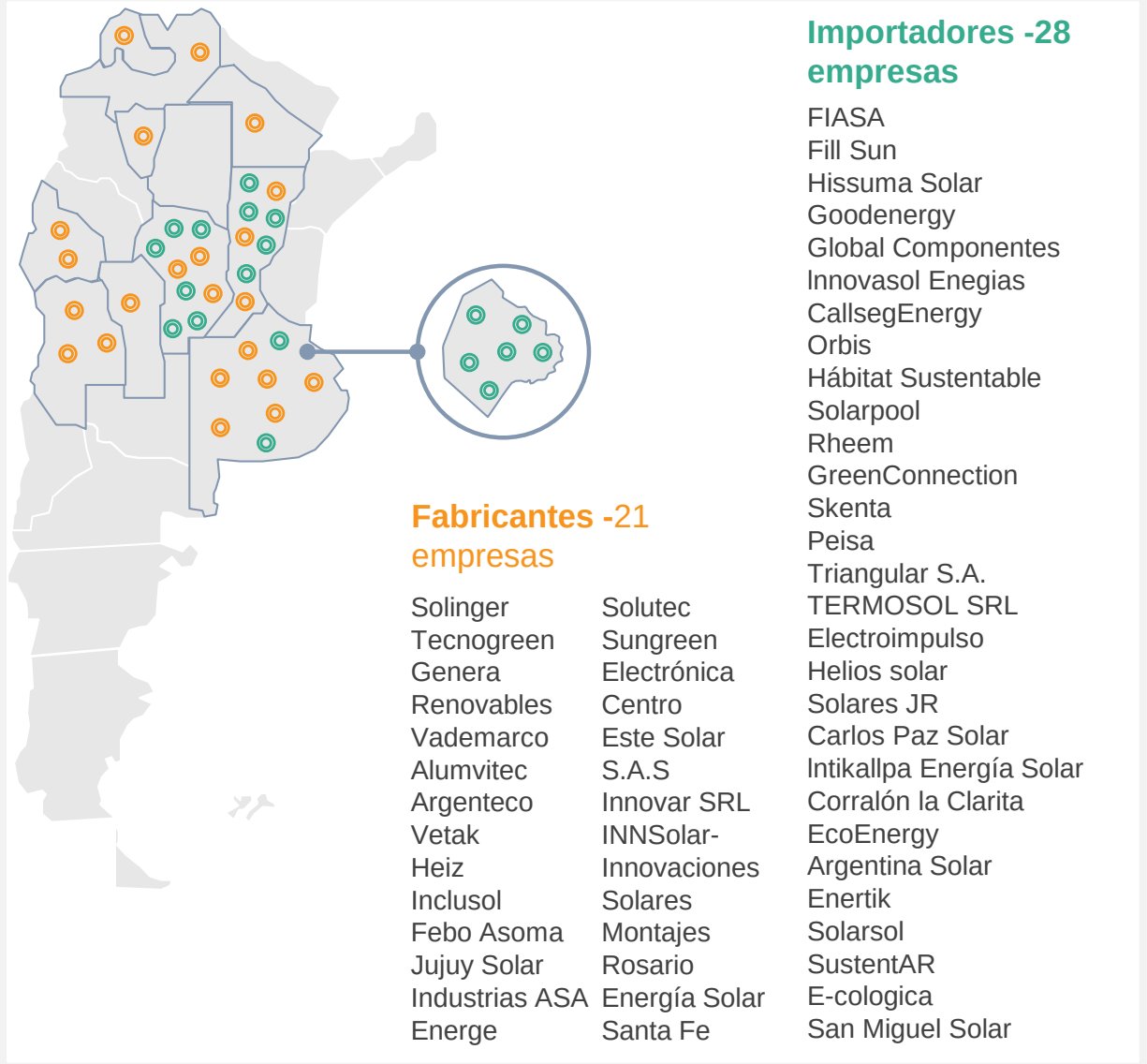



Fuente: elaboración propia sobre la base de Sabre (2019, 2021).

De este total, fueron 49 las proveedoras de sistemas solares térmicos, 21 a partir de su fabricación nacional y 28 a través de importaciones. Si bien mayoritariamente se encuentran localizadas en la región Centro, fueron relevadas empresas fabricantes en 10 provincias del país, incluyendo también a provincias de Cuyo y del NEA (mapa 6). Cabe mencionar que esta actividad económica no es la actividad principal de algunas de las empresas relevadas, que se

dedican también a distintos rubros como la producción y/o comercialización de equipamiento tradicionales de ACS, calefacción, la construcción y sistemas de generación de energía de fuente renovable.

**MAPA 6. EMPRESAS OFERENTES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA, SEGÚN LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE SU SEDE CENTRAL, AÑO 2019**

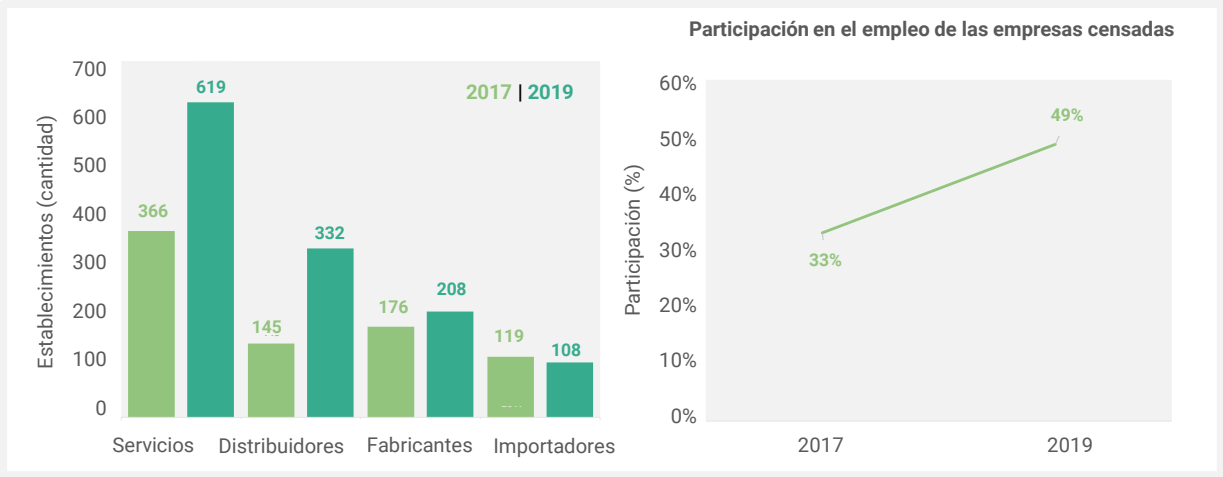



Fuente: elaboración propia sobre la base de Sabre (2021).

En lo que hace al empleo sectorial, los datos del censo no ofrecen información específica de la dinámica en el segmento del ACS. Considerando los datos a nivel del total de las empresas participantes del censo ostentaban en 2019 un total de 2.604 puestos de trabajo de los cuales 1.267 se encontraban asociados de manera directa al sector de la energía solar térmica. Así, casi la mitad (49%) de los puestos de trabajo generados por las empresas participantes del

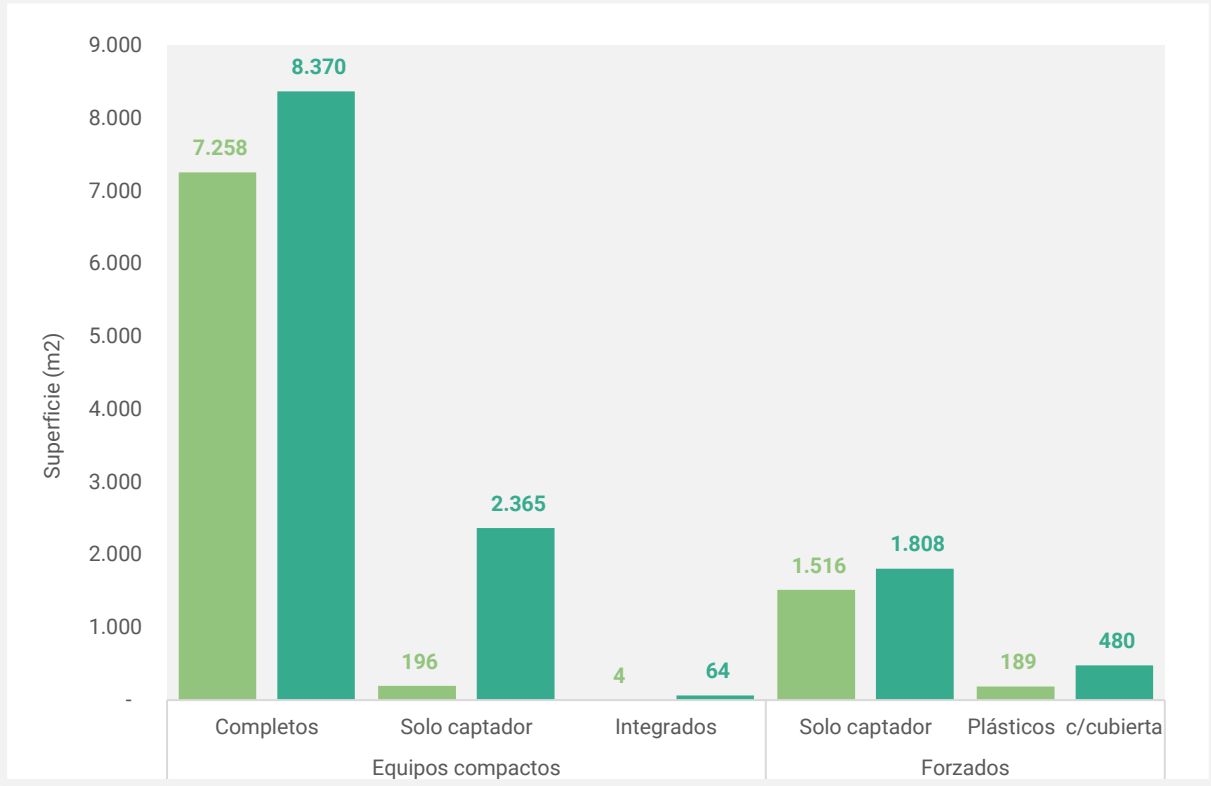
censo se explicaron por empleos directamente asociados al trabajo con soluciones de energía solar térmica. Ello representó un incremento de 16 p.p. que lo observado en 2017.

### GRÁFICO 31. EMPLEO EN EL SECTOR DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. VOLUMEN Y PARTICIPACIÓN EN EL TOTAL DEL EMPLEO DE LAS EMPRESAS CENSADAS, AÑOS 2017 Y 2019




Fuente: elaboración propia sobre la base de Sabre (2019, 2021).

### GRÁFICO 32. SST PARA ACS. VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL EN SUPERFICIE DE COLECTORES SEGÚN TIPO DE PRODUCTO. AÑOS 2017 Y 2019.



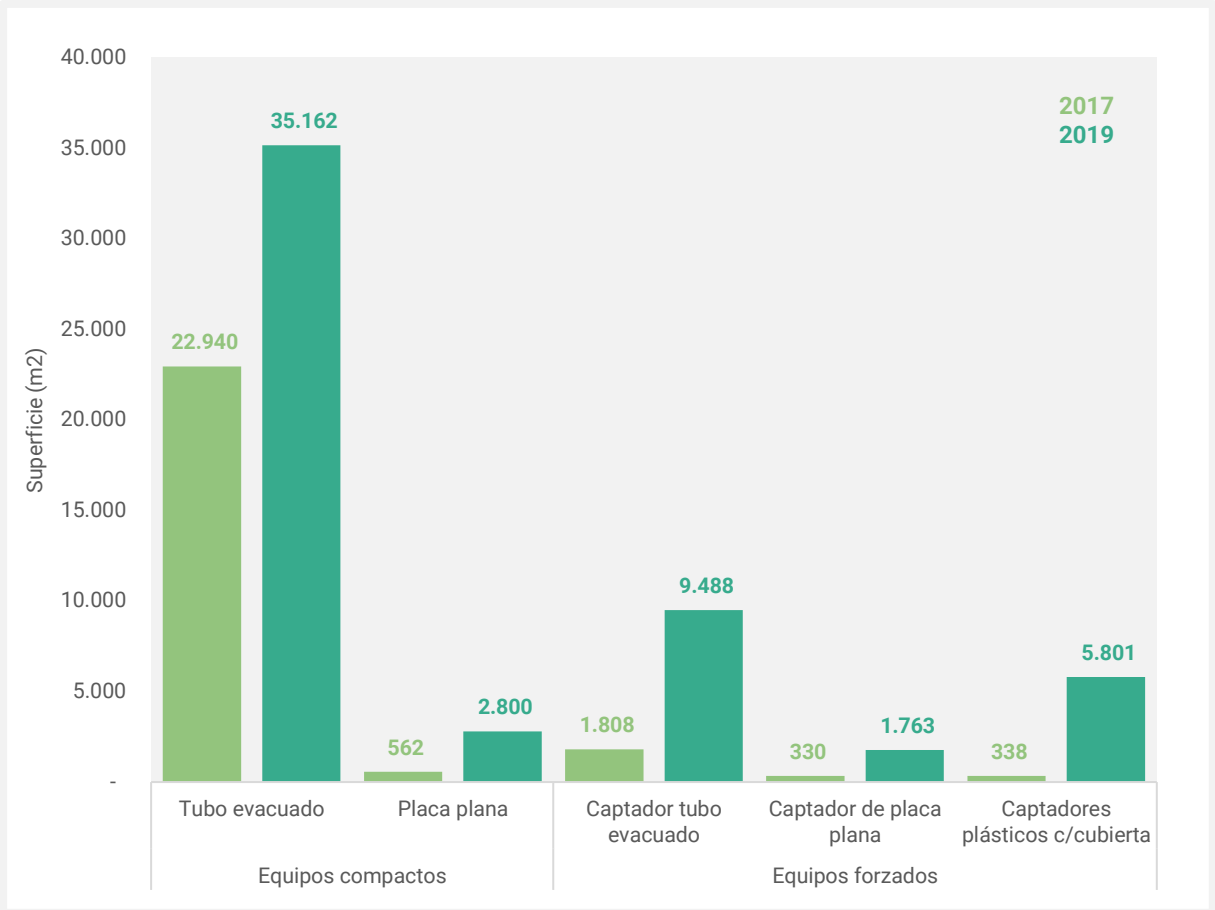

Fuente: elaboración propia sobre la base de Sabre (2019, 2021).

Entre los fabricantes nacionales predominan las empresas de pequeño y mediano porte que, o bien se especializan en el segmento de SST para ACS, o bien integran diversas soluciones vinculadas al aprovechamiento de energía solar (generación eléctrica, solar térmica de diversas aplicaciones y soluciones industriales).

En lo que hace a los equipos para ACS, la producción nacional muestra crecimiento en todas las categorías de producto, aunque se encuentra fuertemente concentrada en los equipos de tipo compacto.

La morfología de los importadores, por su parte, es más heterogénea, integrando también empresas que ofrecen diversas soluciones para ACS incluyendo las que utilizan energía convencional. En lo que hace a las ventas en el mercado local, estas se han expandido en todas las categorías, pero principalmente en aquellas asociadas típicamente a los sistemas forzados.

**GRÁFICO 33. SST PARA ACS. VOLUMEN DE VENTAS AL MERCADO LOCAL DE PRODUCTOS IMPORTADOS EN SUPERFICIE DE COLECTORES SEGÚN TIPO, AÑOS 2017 Y 2019**




Fuente: elaboración propia sobre la base de Sabre (2019, 2021).

## Sistemas y dispositivos de control y gestión inteligente de la energía

La exploración de alternativas orientadas al impulso a sectores innovadores en materia de soluciones para la eficiencia energética es otro de los ejes identificados para el presente proyecto. En particular, las tecnologías de base digital han ganado creciente protagonismo en la agenda de las políticas orientadas a promover la reducción de la demanda de energía, y específicamente, a disminuir las pérdidas de energía.

En concreto, se trata de soluciones que permiten monitorear y realizar una gestión activa sobre el consumo de energía asociado a la iluminación, la climatización y la ventilación, entre otros. A través de la incorporación de aplicaciones de inteligencia embebida estas tecnologías permiten adaptar el consumo energético a las condiciones de uso efectivas y también a las condiciones del entorno (tales como el clima y el estado de las redes) permitiendo así optimizar el funcionamiento de los sistemas y, por tanto, hacer un uso más eficiente de la energía.

Estas soluciones se integran en sistemas de diversas características en función de la escala y complejidad de los tipos de consumos a gestionar. En lo que hace a espacios de vivienda unifamiliar, las soluciones se centran en dispositivos específicos con conectividad inalámbrica y controlados a partir de interfaces simples que permiten a los usuarios monitorear el estado del sistema, definir rutinas y realizar un control integral de los diversos equipamientos controlados. A nivel de las edificaciones más complejas, tales como las de oficinas, hospitales y grandes superficies comerciales, predominan las soluciones integradas, frecuentemente de conectividad física, utilizando un sistema de gerenciamiento de la edificación de tipo Building Management System (BMS).

Así, mientras que el primero de los mercados presenta condiciones más favorables para el ingreso de nuevas empresas, el mercado de soluciones de tipo BMS se encuentra concentrado en un conjunto limitado de oferentes a nivel global entre las que se destacan: Siemens, Schneider Electric y ABB. A nivel local, las empresas de este sector se especializan principalmente en la oferta de servicios de consultoría, diseño e implementación (orientadas al dimensionamiento de los sistemas, la instalación y el acompañamiento de la gestión de los datos).

Como todo paquete tecnológico emergente, este sector presenta limitaciones en términos de disponibilidad de información y datos por lo que las evaluaciones realizadas tienen como principal fuente de información las entrevistas realizadas con representantes del sector.

En este sentido, y con base en las informaciones obtenidas a partir de los encuentros de diagnóstico, puede afirmarse que existe un desarrollo asimétrico de los diversos segmentos. En particular, en nuestro país los mayores niveles de probabilidad relativa de desarrollo son el que corresponde a los edificios no residenciales y el correspondiente al segmento unifamiliar de alta gama. En el primer caso las decisiones de adopción se vinculan principalmente a necesidades técnicas asociadas a la gestión de los sistemas del edificio y las oportunidades de ahorro derivadas del menor consumo energético, al tiempo que en el segmento residencial el principal motor de la adopción está relacionado con las estrategias de diferenciación y las soluciones de confort.

**MAPA 7. SISTEMAS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL Y GESTIÓN INTELIGENTE DE LA ENERGÍA SEGÚN LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE SU SEDE CENTRAL, 2019**

Por último, cabe señalar que típicamente las soluciones integran tres capas o componentes:

- Hardware: elementos físicos con capacidad computacional que operan como sensores y actuadores.
- Firmware: programa encargado de detallar y garantizar el funcionamiento de los dispositivos que integran el sistema.

- Software: programa o sistema encargado del procesamiento de datos y la interacción con el usuario.

La caracterización de la oferta en estos tres segmentos, basada en la realización de entrevistas con representantes del sector, permite evaluar que las capacidades locales en la generación de soluciones de hardware se encuentran limitadas a desarrollos específicos con escasas condiciones de competitividad para las soluciones genéricas con oferentes que operan a nivel global. En tanto, sí se verifican condiciones en lo que hace a los desarrollos de software y firmware, segmentos en los cuales las empresas del sector suelen contar con desarrollos propios.

## Análisis de las políticas locales e internacionales

En la siguiente sección se detallan algunos ejemplos relevantes de políticas nacionales e internacionales en materia de eficiencia energética.

### Argentina

En Argentina desde el año 1999 se comenzaron a incorporar medidas tendientes a fomentar la eficiencia energética. Entre ellas, el Programa de incremento de la Eficiencia Energética y Productiva de la PyME (PIEEP) que apuntaba a mejorar la competitividad a través de la implementación de acciones de gestión energética, productiva y ambiental. Asimismo, se diseñaron líneas de crédito especiales en el marco del Fondo Argentino de Eficiencia Energética (FAEE) con el objetivo de apoyar proyectos de inversión orientados a mejorar la eficiencia en sistemas térmicos, de refrigeración, de calefacción, de climatización, motrices, iluminación, procesos productivos o riego agrícola (DNEE, 2019).

En relación con las medidas para promover Diagnósticos Energéticos para industrias, entre los años 2014 y 2017, se realizaron 219 diagnósticos. A partir de ellos, las principales medidas detectadas en orden de magnitud del ahorro, fueron: iluminación, instalación de variadores de velocidad, aislación, aprovechamiento de calor residual, mejoras en el sistema de aire comprimido y recambio de motores (DNEE, 2019). Más recientemente, la Dirección Nacional de Energía Eléctrica comenzó la promoción de la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn) en los sectores productivos a través del programa Redes de Aprendizaje de Eficiencia Energética y el Premio Argentina Eficiente (Goldstein, 2022).

Para la promoción de Sistemas Solares Térmicos para Agua Caliente Sanitaria, el Banco de la Nación Argentina (BNA) otorga préstamos personales para la adquisición de artículos para el hogar con eficiencia energética. El beneficio se encuentra destinado a la compra de paneles solares, calefones, calderas y termotanques solares.

Por último, respecto del sector línea blanca, el Plan Canje Renovate fue un programa de fomento a la producción y comercialización de aparatos eléctricos de uso doméstico eficientes energéticamente (heladeras, aires acondicionados, microondas y lavarropas), llevado a cabo

por la Secretaría de Energía y el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, al cual adherían empresas comercializadoras de electrodomésticos. Estuvo vigente en 2015 con duración de un año.

**Recuadro 13. La modernización en el segmento de línea blanca: los casos de Alladio y Liliana**

Como caso de éxito en el mercado es interesante mencionar a la firma Alladio, una empresa del sector línea blanca, ubicada en Luque, Córdoba.

Este caso resulta relevante por una serie de innovaciones tecnológicas. En primer lugar, tiene un proyecto de vinculación con la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), a través de la cual pasantes de la carrera de Ingeniería Electrónica están desarrollando sistemas de adquisición de datos en inyectoras de plástico, mediante Raspberry Pi (HW) y Python (SW).

También, a través de un crédito del Programa Soluciona del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, han incorporado tecnología de conectividad en la planta, con instalación de un anillo de fibra óptica. Con el mismo crédito, se ha desarrollado también un proyecto de "Conformal Cooling", donde en colaboración con el INTI de Rafaela se están fabricando partes de moldes en impresión 3D (sinterizado metálico), con el objetivo de optimizar la temperatura de los moldes, mejorando la calidad de las piezas y los tiempos.

Por el lado del *e-commerce*, la empresa lanzó en 2021 un proyecto para "testear" el mercado, en el cual tendrá como *partner* tecnológico a Brandlive, una empresa de software especializada en comercio electrónico, quien le brindó la plataforma Vtex.

Otro relevante es el de la empresa Liliana, la cual, en su afán por una mayor automatización de la producción y la incorporación de nueva tecnología, ha digitalizado algunos procesos de la planta. En este sentido, han incorporado robótica en el proceso de inyección, es decir, robots que automatizan y retiran las piezas de algunas de sus máquinas. Además, están trabajando con impresoras 3D, diseñando prototipos y dispositivos que luego dan vida a nuevos productos.

## Brasil

Entre las diversas instituciones brasileñas para promoción de la eficiencia energética en la industria, mencionaremos dos. Por un lado, el Programa de Apoyo a Proyectos de Eficiencia Energética (PROESCO) brinda asistencia crediticia a empresas de servicios energéticos (ESCOs), usuarios finales y empresas encargadas de la generación, transmisión y distribución de la energía para mejorar la eficiencia asociada a la renovación de equipamiento (CEPAL, 2009). Por el otro, con el objetivo de abordar los desafíos de la industria grande e intensiva en energía, se firmó un convenio entre Eletrobrás y la Confederación Nacional de la Industria (CNI) creando el Programa Aliança que tiene el objetivo de fomentar la cultura de eficiencia energética a través de la sensibilización y el financiamiento de mejoras en los procesos productivos.

## Chile

En Chile se llevaron adelante una serie de programas destinados a la promoción de la energía solar térmica. En primer lugar, un incentivo tributario para la instalación de sistemas solares térmicos. Es una política orientada a incentivar la instalación de SST en viviendas nuevas. Para ello se prevé una franquicia tributaria que será percibida por la empresa constructora que realice las obras de instalación (o instalación y provisión) de los equipamientos SST. Los beneficios varían según el valor de la vivienda y las características de los equipamientos instalados. Las empresas constructoras tienen derecho a descontar el costo del SST, de la instalación y del mantenimiento del monto de sus pagos provisionales obligatorios de la Ley sobre Impuesto a la Renta o contra cualquier otro impuesto o retención, por un período de cinco años.

En segundo lugar, se lanzó un crédito para energías limpias y eficiencia energética para la compra doméstica de SST; panel solar (fotovoltaico); bomba de calor, caldera de condensación o de pellet; aislamiento térmico de techo, muro y ventana, iluminación eficiente; proyectos de climatización y ventilación eficiente. El beneficio es otorgado por el Banco Estado al 100% del valor del proyecto con tasa especial.

La tercera línea para destacar fue un subsidio directo para viviendas sociales nuevas. Está dirigido a las familias vulnerables y se canaliza a través de la entidad patrocinante o empresa constructora. Financia el valor del sistema solar térmico, su instalación, programa de mantención por cinco años y el refuerzo de la techumbre.

## Colombia

El Programa posconsumo de electrodomésticos "Red verde" administra, opera y financia un sistema de recolección selectiva y de gestión ambiental con electrodomésticos que han cumplido su ciclo de vida y son descartados por los consumidores. El usuario puede solicitar la recolección de los electrodomésticos usados en su domicilio, luego un gestor ambiental recoge el aparato y se encarga de separar los materiales. Los insumos aprovechables se reciclan en empresas autorizadas, mientras que las peligrosas se clasifican para realizar diferentes procesos que garantizan su tratamiento adecuado y disposición final. Específicamente sobre el cambio de heladeras, se entregará un certificado de recepción de la heladera vieja y con dicho certificado solo se paga el 5% del IVA. Este programa contó con un antecedente en el Proyecto piloto de sustitución de equipos de consumo energético ineficiente (refrigeradores) que se desarrolló del año 2012 al 2016.

## Estados Unidos

Estados Unidos cuenta con una integración fuerte en lo que hace a la aplicación de la eficiencia energética en edificios públicos. La Ley de Energía 2020 define un "edificio inteligente" como un edificio, o conjunto de edificios, con un sistema energético flexible y automatizado; tiene una amplia conectividad de comunicación y monitoreo operativo, lo que permite el seguimiento y análisis remoto de todas sus funciones. El Departamento de Energía (DOE, por sus siglas en

inglés) sigue las pautas del Programa Federal de Administración de Energía para evaluar qué tecnologías de construcción avanzadas son más rentables y prometedoras para aumentar el ahorro de energía, rendimiento del servicio y reducir los impactos ambientales. El programa evalúa edificios inteligentes de propiedad privada en todo Estados Unidos y trabaja con propietarios del sector privado a través del Desafío Mejores Edificios para desarrollar aceleradores de edificios inteligentes.

## España

El antecedente español más relevante en materia de Sistemas Solares Térmicos para Agua Caliente Sanitaria es la Ordenanza Solar de Barcelona. La misma fue implementada en 1999, constituyó la primera en su tipo y consistió en la obligación a las nuevas construcciones a utilizar energía solar. Tiene la particularidad de no tener ningún mecanismo de promoción asociado (Navntoft *et al.*, 2016).

## Francia

Para impulsar la tecnología de Sistemas Solares Térmicos para Agua Caliente Sanitaria, en el año 2006 Francia implementó el Plan Soleil. El Plan promocionó el uso de equipamiento solar para todo tipo de construcciones a través de la deducción de impuestos sobre el costo de la instalación y el equipamiento (Navntoft *et al.*, 2016).

## Reino Unido

El gobierno británico comprometió hasta 6,25 millones de libras esterlinas para el concurso Smart Energy Savings (SENS). Se trata de un concurso orientado a promover, a través de mecanismos de subvenciones, el desarrollo y prueba de productos y servicios innovadores para ofrecer ahorros de energía adicionales en los hogares mediante el uso de datos de medidores inteligentes. Los concursantes deben someter a consideración productos o servicios que puedan ser ofrecidos a los hogares y que generen una expectativa razonable de mejorar la performance energética de los hogares.

## Grecia

Entre los años 1978 y 2002 se implementó en Grecia una política de reducción de los costos de instalación de SST para ACS mediante la deducción de impuestos. Al principio, los usuarios podían deducir hasta un 40% del costo de la instalación de los impuestos. Luego, este monto se aumentó hasta permitir la deducción de hasta un 75% de los impuestos asociados al costo de la instalación. De esta manera el mercado solar térmico griego creció de 1,7 millones de $m^2$ en 1990 a 2,8 millones de $m^2$ en 2004. Actualmente, el 30% de las casas dispone de agua caliente solar y esta tecnología provee entre el 80 y el 90% del consumo de agua caliente de las casas donde está instalada (Navntoft *et al.*, 2016).

## México

Entre los programas de eficiencia mexicanos, destacan dos. El Programa de Apoyo a Proyectos Sostenibles (ProSostenible) tiene como propósito facilitar el acceso al crédito a proyectos de inversión en sectores prioritarios y contempla inversiones enmarcados en 4 ejes: i) agricultura sostenible, ii) uso eficiente del agua, iii) eficiencia energética y iv) energías renovables. En el eje de eficiencia energética se incluyen las siguientes inversiones: equipos de cogeneración de energía, equipos para la generación de energía geotérmica, calderas eficientes, sistemas de bombeo eficientes, modernización de sistemas de enfriamiento, motores eficientes, motor marino ecológico y luminarias LED (ProSostenible, 2021). El Programa Eco-Crédito Empresarial consiste en un Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica (FIDE). Es una línea de crédito que se destina al financiamiento tanto de proyectos de eficiencia energética como de sistemas fotovoltaicos particularmente para pymes y consumidores residenciales. En materia de eficiencia energética se busca el reemplazo de equipos ineficientes como refrigeradores comerciales, aires acondicionados, iluminación y motores, entre otros. El crédito se abona mensual o bimestralmente a través del recibo de la luz en un plazo máximo de cuatro años para todas las tecnologías. De esta manera, el crédito se termina pagando con los ahorros generados.

## Túnez

Los sistemas solares térmicos han sido utilizados en Túnez desde el año 1980. En el período de 1982 a 1994 se instalaron 30.000 $m^2$ de colectores. Para potenciar este proceso, entre 1995 y 2002 se lanzaron programas de incentivos, principalmente a través de la GEF (Global Environmental Facility), que financiaba hasta el 35% del costo de la instalación del sistema y contemplaba además la capacitación de profesionales y las campañas de difusión. Actualmente, está en vigencia el programa Proyecto de Energías Renovables en el Mediterráneo. Se trata de una acción de promoción donde los bancos otorgan préstamos a los productores de sistemas solares térmicos, quienes a su vez transfieren estos préstamos a los usuarios interesados vendiendo sus sistemas con facilidades de financiamiento (Navntoft *et al.*, 2016).

## Unión Europea

La mayoría de las políticas para la promoción de la eficiencia energética en edificaciones (residenciales y no residenciales) consolidadas a nivel de la Unión Europea incorporan el Smart Readiness Indicator (SRI) como uno de sus componentes. El SRI, monitorea y califica la preparación inteligente de los edificios en su capacidad para realizar tres funcionalidades clave: optimizar la eficiencia energética, el rendimiento general en uso, y como adapta su funcionamiento a las necesidades del ocupante.

## Uruguay

En Uruguay destacan tres programas vinculados a la eficiencia energética. En primer lugar, se firmaron convenios entre la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE)

y cooperativas de vivienda para promover la instalación de equipos solares térmicos en los proyectos desarrollados por las cooperativas. Como incentivo se prevén bonificaciones sobre las tarifas para los conjuntos habitacionales que instalen estos equipos (Lacaze *et al.*, 2021). La Línea de Asistencia para la Eficiencia Energética (LAEE) consiste en el otorgamiento de aportes no reembolsables para cubrir parcialmente el costo de estudios previos a la implementación de proyectos de inversión en eficiencia energética, tales como diagnósticos o auditorías energéticas y la formulación técnico-económica de las medidas de eficiencia energética a implementar. El Fideicomiso de Eficiencia Energética (FEE) es un fondo de garantías creado para alentar a las empresas a que desarrollen proyectos de eficiencia energética. La garantía se extiende para los proyectos que tengan el aval técnico de una ESCO, de un consultor en energía o de un proveedor de equipos eficientes (Goldstein, 2022).

## Lineamientos de política

Se delinean tres escenarios diferenciados en lo que hace a los sectores considerados a la hora de promover acciones orientadas a la mejora de la eficiencia energética.

### Modernización de equipamientos eléctricos

En lo que concierne a la modernización de equipamientos eléctricos, se parte de la premisa que el sector productivo local no presenta en la actualidad capacidades para la producción nacional de variadores y motores de uso industrial. En el caso de los electrodomésticos, en cambio, sí las hay, aunque depende de la importación de diversos insumos (como por ejemplo los motores).

En este contexto, se proponen los siguientes lineamientos:

**Promover el recambio de equipos de uso doméstico con bienes de fabricación nacional con un mínimo de integración nacional[43]**

Se propone la creación del Programa Nacional de Eficiencia Energética en la Industria de Electrodomésticos, con Autoridad de Aplicación en Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo. Este programa debiera:

- Trabajarse en conjunto con la Secretaría de Energía para estimar detalladamente las metas de eficiencia energética por producto.
- Tener un plazo de 8 a 10 años.

[43] Esta propuesta toma como punto de partida el trabajo de Perrone *et al.* (2022).

- Tener particular foco en heladeras y aire acondicionados, pero con posibilidad de incluir a otros productos de línea blanca no trabajados en este proyecto como lavarropas, artefactos de gas y pequeños electrodomésticos.
- Promover el recambio de motores no etiquetados, o de aquellos con etiquetas IE0 o IE1 por otros de performance mínima IE2 o IE3[44] (en función de la utilización de estos) o la adopción de soluciones de variadores de velocidad capaces de reducir la pérdida de energía a lo largo del ciclo de vida del proceso.
- Dar facultades a la Autoridad de Aplicación para que defina prioridades sectoriales en función del grado de sensibilidad a la competencia externa, cuáles serán los estándares de eficiencia energética con mayor impacto agregado y los criterios de proceso industrial mínimo dentro del universo predefinido.
- Establecer criterios específicos de integración de partes y procesos por cada familia de productos, en función de las posibilidades de la industria local y objetivos de configuración de la estructura de negocios de cada subsector. Por ejemplo, en el caso de heladeras, puede pensarse en un máximo de 30% de contenido importado sobre el precio ex fábrica. Los componentes importados habilitados podrían ser: motores *inverter*, materiales para sellado (poliuretanos) y productos metálicos semielaborados sin producción local, entre otros a definir, en tanto que los que podrían hacerse localmente se incluyen: corte, plegado y mecanización de carcasa (gabinete) y piezas metálicas accesorias; inyección plástica de interiores y piezas accesorias, montaje y preensambles de condensador, evaporador, termostato, compresor y motor, diseño y montaje componentes electrónicos.
- Otorgar incentivos a la oferta, incluyendo:
  - Deducción especial sobre la base imponible del Impuesto a las Ganancias equivalente a los siguientes conceptos principales: a) Derechos de Importación tributados durante el período correspondiente por motores *inverter*, otorgando a la Autoridad de Aplicación la facultad de incorporar otros componentes sin producción local y sean claves para mejorar la eficiencia energética de los productos fabricados; b) Gastos asociados a la certificación de reglamentos técnicos de los productos y su vigilancia (ya sea de productos eléctricos o de normas exigidas de ENARGAS), y c) I+D+i en desarrollo de productos con mayor eficiencia energética y sustentabilidad ambiental, con un tope equivalente al 20% de la base imponible para la determinación del Impuesto a las Ganancias.
  - Financiamiento para inversión productiva a través del Fondo de Desarrollo Productivo (FONDEP). Se propone la priorización de proyectos ligados a la ampliación de la capacidad productiva de las mencionadas empresas en el marco del programa Crédito

[44] En este punto cabe destacar que entre los objetivos detallados en el Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático consta la meta de alcanzar para el 2030 un 82% de motores con eficiencia clase IE3 y la incorporación de variadores de velocidad a un 30% de los motores estimando un impacto conjunto de reducción de 4,23 MtCO2e (SAyDS, 2018).

Argentino (CREAR). También se recomienda analizar la creación de una línea de financiamiento específica, a tasas bonificadas y hasta 8 años de plazo, destinada a empresas registradas en el Programa, que realicen inversiones en ampliación de la capacidad productiva, adaptación competitiva para mejorar los estándares de eficiencia energética de sus productos, el desarrollo de proveedores y la incorporación de tecnologías digitales a sus productos y/o su producción.

- Otorgar incentivos a la demanda, incluyendo:
  - Programa Ahora 24 o superiores solo para aquellos productos cuya eficiencia energética sea superior a A, únicamente para productos registrados en el Programa. Debe priorizarse la articulación con *marketplaces* a tal fin, dado que se facilita notoriamente la trazabilidad y fiscalización de los productos vendidos.
  - Instrumentar una devolución del IVA a consumidores finales, del 50% para bienes cuya eficiencia energética sea A+ y del 75% para las A++ o superiores, únicamente para productos registrados en el Programa bajo estas clasificaciones. Dicha devolución podría apoyarse en la estructura normativa de la Resolución AFIP N° 5023/2021, a partir de la cual se instrumentan devoluciones para las compras con tarjeta de débito a poblaciones vulnerables.

**Dimensionar detalladamente el parque de equipamientos para el hogar objetivo de la política de recambio**

En este sentido, la última Encuesta Nacional de Gasto de los Hogares de INDEC de 2017-2018 es un antecedente positivo al incorporar por primera vez un módulo detallado sobre eficiencia energética, aunque la no respuesta de ello fue muy elevada, dificultando un análisis pormenorizado. Como lineamiento de política, entonces, es necesario avanzar en:

- La sensibilización a la población sobre el tipo de etiquetado de los electrodomésticos -para bajar la no respuesta en encuestas futuras- y, particularmente,
- Un relevamiento periódico a las empresas fabricantes de electrodomésticos y/o a las grandes tiendas de *retail* en el que se pregunten sobre la cantidad de unidades vendidas al mercado interno por tipo de etiqueta.

**Fortalecer iniciativas existentes en la Secretaría de Energía**

Por ejemplo, programas para fomentar las acciones de eficiencia energética, como los programas de etiquetado en viviendas y edificios, Redes de Aprendizajes y los Sistemas de Gestión de Energía.

**Crear un programa para la eficiencia energética en industrias**

Esta iniciativa debe trabajarse en conjunto entre Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo y la Secretaría de Energía y debe incluir:

- Sensibilización a empresas –con particular foco en pymes– sobre la importancia de la eficiencia energética.

- Capacitación y asistencia técnica a empresas –principalmente pymes– para diagnósticos energéticos y adopción de sistemas de gestión de energía. Esto debe incluir el fortalecimiento de los consultores en eficiencia energética. La articulación entre Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo y Secretaría de Energía es necesaria también aquí, ya que desde la Dirección de Energías Renovables impulsaron anteriormente una iniciativa similar y cuentan con un Listado de Consultores en Eficiencia Energética.

- Financiamiento para la incorporación de motores más eficientes (y también de otras tecnologías capaces de mejorar la performance energética de las pymes manufactureras). Esto debería ir acompañado de una mayor articulación con los oferentes de motores eléctricos. Para ello resulta deseable la generación de instancias de trabajo conjunto en el desarrollo de criterios, recomendaciones y la definición de los horizontes temporales de implementación de medidas. En este marco cabe destacar como antecedente la propuesta presentada en 2018 por CADIEEL orientada a promover, a través de mecanismos regulatorios, una progresiva prohibición de la fabricación e importación de motores trifásicos IE0, IE1 e IE2.

- Generar una plataforma digital para la realización de diagnósticos, que permita evaluar los consumos de energía, sistematizar la información, registrar las recomendaciones de eficiencia energética y, posteriormente, evaluar los resultados de impacto.

## Sistemas solares térmicos

El escenario de las soluciones de SST para ACS presenta un panorama diferenciado. El balance preliminar sugiere en este caso un mercado en expansión tanto en términos de la demanda como de la oferta local. Se destaca el grupo de trabajo del Programa de Desarrollo de la Industria Solar Térmica (PRODIST) que tiene como objetivo impulsar tanto la demanda como el desarrollo de proveedores de SST. Para avanzar en este objetivo, se recomienda:

- Fortalecer las capacidades de gestión relacionadas (actualmente es escaso el personal especializado en la temática).

- Sostener y ampliar mecanismos de financiamiento para el escalamiento de la producción y los proveedores nacionales, así como la adopción por los usuarios finales. Puede pensarse en un esquema similar al descripto para la renovación de electrodomésticos mencionado anteriormente.

- Intensificar la articulación con el INTI con el objetivo de apoyar a las empresas proveedoras en la realización de diagnósticos y planificación de la fabricación de equipamiento y para los procesos de investigación y testeo de nuevos productos y servicios.

- Incrementar la capacidad de laboratorios en el servicio de testeo y certificación de nuevos productos y servicios.
- Avanzar en una obligación inmediata de incorporar SST para ACS en edificaciones públicas y obligación progresiva para edificaciones privadas.
- Incorporar SST en todos los proyectos de viviendas públicos y privados.
- Evaluar la elaboración de una normativa que integre y ordene en un único sistema de incentivos los mecanismos mencionados de fomento al sector.

### Sistemas y dispositivos de control y gestión inteligente de la energía

Finalmente, la promoción de sectores innovadores vinculados al desarrollo de los sistemas y dispositivos de control y gestión inteligente de la energía constituye la más desafiante y, simultáneamente, una de las que presenta las mayores potencialidades en términos de generar capacidades locales. Sin contar con experiencias locales significativas y con una oferta local emergente resulta interesante que las iniciativas en este sentido se orienten a la promoción del desarrollo de nuevos productos y servicios, de nuevos mercados, y a la consolidación de los ya existentes.

En la experiencia internacional de acciones de política orientadas a promover la eficiencia energética ya puede observarse la integración de este tipo de soluciones dentro del abanico de estrategias de intervención. El enfoque predominante parece ser establecer procesos graduales de esquemas de promoción de la adopción que inicialmente realizan mayor énfasis en la aplicación de estas soluciones a la medición y el diagnóstico y solo posteriormente en su utilización para el control inteligente del consumo energético. Estas experiencias han servido simultáneamente para la generación de informaciones útiles a la planificación y toma de decisiones de política y también como plataforma de desarrollo de nuevos tipos de productos y servicios. En este sentido, se recomienda **analizar el potencial de integración de este tipo de soluciones sobre las diversas iniciativas de diagnóstico energético en curso o por realizarse a futuro**, tales como el Diagnóstico Energético Preliminar en Edificios Públicos desarrollado por la Secretaría de Energía o la propuesta anteriormente para el sector industrial.

## Metas propuestas a 2030[45]

- Recambiar 9.599.751 heladeras con antigüedad mayor a 15 años por otras más nuevas y de eficiencia A o superior.

[45] Las metas proyectadas se estiman en función de los avances en Argentina y la situación global.

- Aumentar la tasa de feminización del sector sistema de motores en 4 puntos, alcanzando un 25%.
- Incrementar los Sistemas solares térmicos instalados de los 57.076 $m^2$ (2019) a 9 millones de $m^2$ (total acumulado a 2030).
- Alcanzar un 90% de equipos de fabricación nacional sobre el total de equipos de SST comercializados
- Ampliar la capacidad de fabricación anual nacional de calefones solares de 15.000 (2022) a 1.200.000 equipos.
- Incrementar el empleo asociado de manera directa al sector de la energía solar térmica de 1.267 (2019) a 21.494.
- Aumentar las empresas vinculadas al sector sistemas y dispositivos de control y gestión inteligente de la energía de 14 (2019) a 100.

# EJE 2
# ECONOMÍA CIRCULAR

# Introducción

La economía circular propone un nuevo paradigma respecto de la forma en la que consumimos y producimos actualmente. Significa pasar de un modelo de economía lineal de extracción, producción, consumo y desperdicio a un modelo de flujo constante donde los materiales son continuamente reinsertados en el ciclo productivo. Esto responde a tres objetivos principales: a) reducir los residuos generados, b) disminuir la extracción de recursos naturales, y c) aumentar la eficiencia del uso de los recursos en los circuitos productivos. A su vez, en materia ambiental este nuevo paradigma acompaña el abordaje de otros desafíos globales como el cambio climático, específicamente a través de la reducción de la intensidad energética de las economías, y la biodiversidad, al disminuir la presión sobre los recursos naturales. Desde una perspectiva económica, la economía circular no solo permite aumentar la eficiencia de la producción, sino que también posibilita el desarrollo de nuevos sectores productivos, nichos de negocios y la creación de empleos verdes.

**FIGURA 11. CICLO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR**

En términos de definiciones, la economía circular apunta a pasar del modelo productivo lineal a uno donde la reutilización de la materia sea la norma. Para lograr esto, el paradigma se basa en los siguientes seis componentes clave:

1. **Eficiencia**: consiste en aumentar la eficiencia en el uso de los materiales requeridos tanto en las etapas de producción como de consumo de los productos, lo que a su vez deriva en un uso energético más eficiente.

2. **Sustitución**: se trata de reemplazar materiales peligrosos o difíciles de recuperar o reciclar con alternativas con mayor potencialidad circular.

3. **Durabilidad**: aumento de la vida útil de los productos a través del aumento de la reparabilidad y la mejora de los materiales utilizados.

4. **Ecodiseño**: se basa en concebir el diseño de los productos como el momento clave en el que se establecen las condiciones de producción, uso, mantenimiento, reparabilidad y reciclabilidad y donde reside el potencial de transformación hacia la circularidad.

5. **Reciclabilidad**: las condiciones de los productos para ser separados en sus materiales básicos e insertarse en la cadena de reciclado.

6. **Nuevos modelos de negocios circulares**: este componente pretende una transformación más profunda que consiste no solo en mejorar los productos y procesos existentes, sino en pensar negocios basados en la lógica de la circularidad, el aumento de la intensidad de uso de los bienes y la economía colaborativa, entre otros.

En los últimos años, ha crecido la importancia de la economía circular y el interés por parte de organismos internacionales, gobiernos, empresas, ONG, y la sociedad en general como un complemento indispensable de la agenda del cambio climático para alcanzar una real transición a la sostenibilidad (Schroeder *et al.*, 2019). Se estima que, de avanzar hacia este nuevo modelo económico, los beneficios rondarían los USD 4,5 billones para 2030. Esto se lograría a través de la eliminación del concepto mismo de residuo y el reconocimiento y la puesta en valor de todos esos materiales, hoy descartados, lo cual permite crear otros conceptos de negocios y nuevos vínculos entre productores y consumidores (Lacy y Rutqvist, 2015).

El despliegue de la potencialidad de la economía circular requiere la construcción de tres condiciones basales entre el Estado, el sector privado y el complejo científico-tecnológico. La primera es la creación y el fomento de modelos de negocios circulares y el entorno normativo para su desarrollo propicio. La segunda es el desarrollo e incorporación de tecnologías para las diversas etapas productivas: desde la eficiencia de la producción, pasando por la separación de los materiales hasta la instancia de su efectivo tratamiento. La tercera es la generación de capacidades que permitan a los diferentes actores involucrados adoptar de manera efectiva las lógicas de la economía circular (Lacy y Rutqvist, 2015).

La particularidad del caso argentino implica considerar como actor protagonista a las organizaciones y cooperativas de recuperadores y recicladores urbanos dado el rol preponderante que han tenido históricamente y continúan teniendo en la actualidad. En ese sentido, la cimentación de estas bases sobre las cuales desarrollar la economía circular deberán pensarse especialmente en función de las necesidades de este sector.

## Panorama global

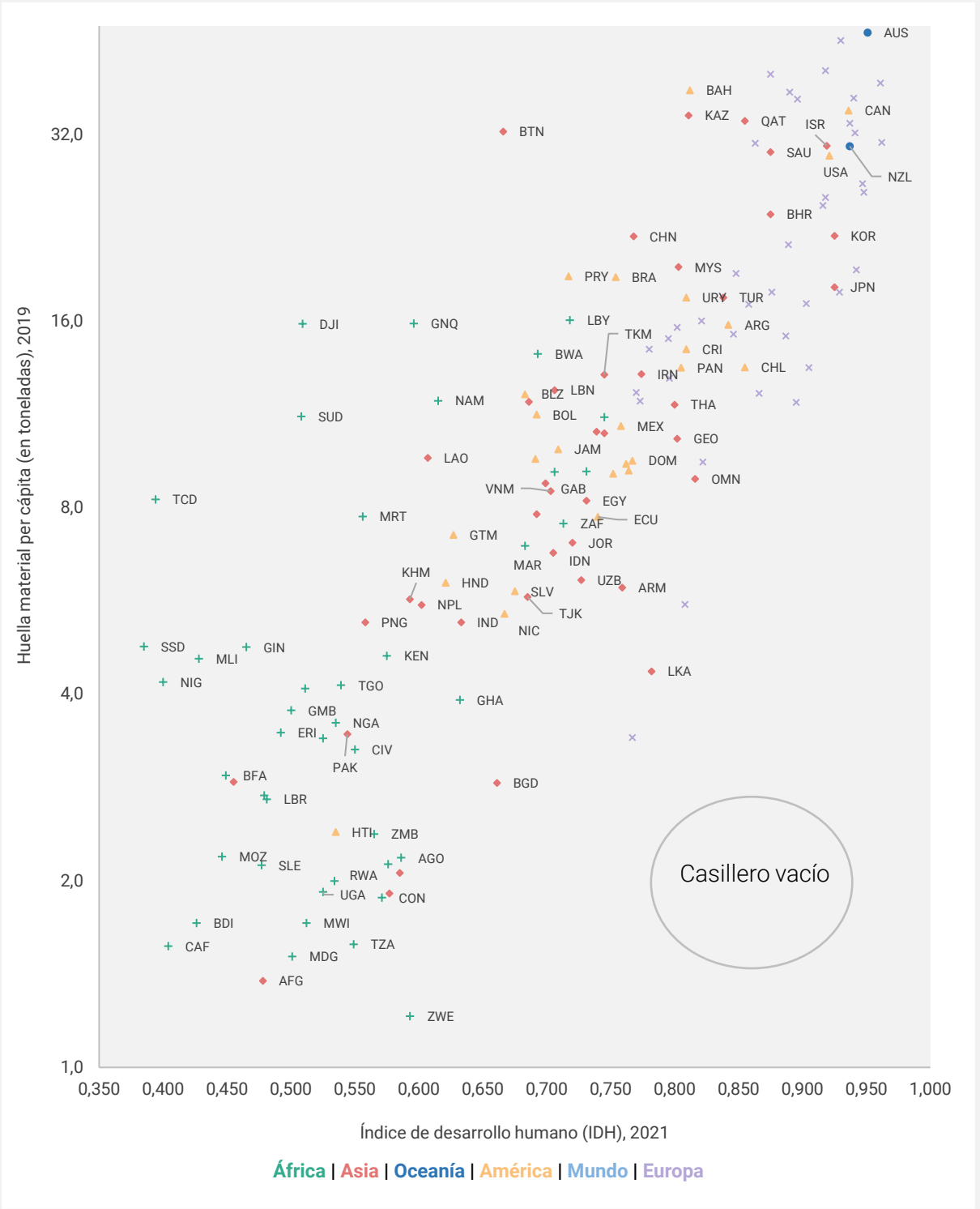
Acompañando el crecimiento económico y el progreso global, la demanda de materiales ha aumentado durante el último siglo. La creciente actividad económica se basa en la continua extracción de recursos naturales, aún sin una capacidad real de desacople entre crecimiento y huella material. Del año 1990 a 2000 la huella material de la población mundial aumentó de 43 mil millones de toneladas a 54.000 millones. En el año 2017 llegó a 92.000 millones, un aumento del 70% desde 2000 y del 113% desde 1990. Sin cambios profundos en los modos de producción y consumo, se proyecta que crezca a 190.000 millones de toneladas para 2060 (ONU, 2019). Tal como se ve en el gráfico 34, a mayor desarrollo humano, hay mayor huella material, producto de un mayor consumo per cápita. Asimismo, no existe ningún país de alto desarrollo y baja huella material.

El crecimiento de la extracción de recursos de las últimas décadas es consecuencia también de las bajas tasas de recuperación y reciclaje, lo que termina por generar un aprovechamiento ineficiente de los recursos ya extraídos. Se estima que de todos los materiales que ingresan al circuito productivo, actualmente solo el 8,6% se considera circular (Circularity Gap, 2022).

Esto no solo implica un crecimiento constante de la generación de residuos, sino también un aporte relevante a las emisiones de GEI. Específicamente, se calcula que el ciclo productivo de tan solo ocho bienes (acero, aluminio, plástico, cemento, vidrio, madera, granos y carnes) son responsables del 20% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), el 95% del uso del agua y el 88% del uso de la tierra. 34% de estos materiales son utilizados para la construcción y 33% para alimentación (World Business Council for Sustainable Development, 2017).

En este escenario, el cambio de paradigma hacia la economía circular generaría importantes aportes a la reducción de los impactos ambientales globales. Asimismo, produciría importantes efectos positivos sobre la economía y la producción de diversas maneras. En primer lugar, la economía circular puede ayudar a mitigar el riesgo de la provisión de materias primas. A medida que crece la población en general y, las clases medias en particular, la demanda por recursos continúa en aumento y la economía circular permite reducir el riesgo por falta de oferta y volatilidad de precios. En segundo lugar, la apuesta por la innovación en economía circular también brinda ventajas comparativas y reduce los costos de producción. Por ejemplo, reciclar cartón consume el 75% de la energía necesaria para fabricar cartón nuevo y reciclar plástico requiere un 84% menos de energía que hacerlo a partir de materias primas. En promedio, cuesta un 44% menos reciclar la basura que enviarla a los rellenos sanitarios, y entre un 54% y un 60% menos reciclar la basura que incinerarla (Goldman Sachs, 2022).

## GRÁFICO 34. ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO Y HUELLA MATERIAL *PER CÁPITA*, 2019-2021




Fuente: elaboración propia en base al PNUD. Nota: el índice de desarrollo humano es una medida resumen que combina ingreso per cápita, años de escolarización y esperanza de vida al nacer. La huella material es el total (en toneladas) de materias primas extraídas para suplir las necesidades de consumo final. Es un indicador de las presiones sobre el ambiente derivados del crecimiento económico y de la satisfacción de las necesidades materiales de la población.

Sin embargo, la tasa de reciclado a nivel global[46] aún es muy baja, aunque varía mucho entre las diferentes corrientes de materiales. En el cuadro que se presenta a continuación se muestra la tasa de reciclado y reciclabilidad[47] para los materiales de mayor representatividad a nivel global.

**CUADRO 6. TASA DE RECICLADO Y RECICLABILIDAD POR MATERIAL A NIVEL GLOBAL**

| Material | Tasa de reciclado, reciclabilidad y otros datos por materiales |
|---|---|
| Acero | • Tasa de reciclado global alrededor de 85%.<br>• El acero es 100% reciclable. |
| Plásticos | • 9% de los plásticos producidos desde 1950 fueron reciclados.<br>• 79% de los plásticos producidos desde 1950 se acumulan en rellenos sanitarios o en la naturaleza.<br>• La eficiencia del reciclado del plástico es baja, en general se trata de esquemas de *downcycling* (el producto resultante del reciclado es de menor calidad que el original). |
| Aluminio | • Alrededor del 75% del aluminio producido históricamente sigue en uso.<br>• La eficiencia de reciclado* es del 76%. |
| Cemento/concreto | El cemento no es reciclable, pero el concreto se puede reutilizar. |
| Papel y cartón | • El papel es reciclable entre tres y ocho veces.<br>• En Europa la tasa de reciclado del papel es de 72%, en Estados Unidos es de 68%. |
| Vidrio | • Alrededor del 50% es reciclado.<br>• Es infinitamente reciclable. |

Nota: (*) Se entiende como eficiencia del reciclado el porcentaje del material que efectivamente se puede recuperar a través del proceso. Fuente: Goldman Sachs (2022).

El ahorro energético de la recuperación y el reciclado de los materiales también varía según la corriente en cuestión. En el siguiente gráfico se observa un comparativo del uso energético para el procesamiento de materia virgen y reciclada de cuatro corrientes.

Sin embargo, las inversiones en economía circular aún representan porciones muy pequeñas en comparación con las inversiones en la economía lineal. En 2019 el gasto público mundial fue de 12 billones de dólares; de este total el 4% es considerado gasto público orientado al desarrollo y fomento de la economía circular. En el sector privado, las inversiones totales fueron de alrededor de USD 35 mil millones anuales, de lo cual la proporción circular es de alrededor del 3% (Lawlor and Spratt, 2021).

[46] Se calcula como el cociente entre la cantidad de desecho reciclado sobre la cantidad de desecho generado.

[47] Capacidad que tienen los productos diseñados en cumplir con la cadena de reciclado de la mejor forma.

**GRÁFICO 35. CONSUMO DE ENERGÍA (EN KWH) POR TONELADA PRODUCIDA EN FORMA PRIMARIA Y EN RECICLADO EN ALUMINIO, ACERO, PAPEL Y VIDRIO**

Fuente: International Aluminium Institute (IAI).

De todas maneras, la adopción de lógicas de economía circular va en aumento y son cada vez más empresas y sectores que adoptan sus principios para reducir costos, aumentar ingresos y gestionar riesgos. A modo de ejemplo, según la Fundación Ellen MacArthur, "*las soluciones circulares representaron el 13% de los ingresos de Philips en 2019, Caterpillar ofrece más de 7.600 productos remanufacturados, Unilever se comprometió a reducir a la mitad su uso de plásticos vírgenes para 2025 y Solvay se ha fijado el objetivo de más que duplicar las ventas de productos basados en recursos renovables o reciclados hasta el 15% de la facturación. La economía circular ha comenzado a transformar industrias enteras. En la moda, por ejemplo, se espera que la reventa de ropa sea más grande que la moda rápida para 2029*". Dadas las particularidades de este proceso y la instancia relativamente inicial en el que se encuentra, hace difícil hablar de tendencias tecnológicas consolidadas, pero sí resulta interesante mencionar que la exploración de alternativas se encamina por todos los componentes mencionados anteriormente y referenciar algunas de las experiencias de empresas innovando en la materia.

- **Ecodiseño**. A modo de ejemplo, se han desarrollado modelos de zapatillas a partir de botellas plásticas y cuyas partes se unen por tensión evitando el uso de pegamento y facilitando así la separación de los materiales para el segundo ciclo de reciclado.

- **Durabilidad**. Por ejemplo, al concebir el modelo de negocio basado en el diseño de prendas prendas durables asociadas a garantías y servicios de reparación indeterminados.

- **Nuevos modelos de negocios**. Los modelos de *car sharing* apuntan a optimizar la demanda y el uso de los bienes, al poder ponerlos en el mercado para que otra persona los utilice durante el tiempo que su propietario lo deja libre.

# Proyecto 5. Fomentar la incorporación de lógicas de producción circular

## Introducción

La actividad industrial es clave en la matriz productiva de Argentina y genera una gran porción del empleo y del valor agregado. Para 2021, 2,2 millones de personas[48] se encontraban empleadas por la industria manufacturera (contando sus diversas categorías ocupacionales, esto es, empleo asalariado registrado, no registrado y no asalariado), al mismo tiempo que el sector representa el 18,6% del valor agregado bruto (VAB) a precios corrientes de toda la economía.[49] Por otra parte, la industria manufacturera en particular es uno de los sectores con mayor generación de residuos sólidos no peligrosos derivados del propio proceso productivo. Se estima que en el año 2021 la industria manufacturera generó 3 millones de toneladas de residuos sólidos no peligrosos, representando el 61% de todos los residuos industriales.[50] Esta evidencia nos muestra la importancia de atender el tratamiento de los residuos provenientes del proceso productivo de la industria desde la política pública.

En el proceso de producción industrial tradicional, basado en el paradigma de la economía lineal, se parte de la concepción de una existencia infinita de recursos naturales y una minimización de los efectos causados por la contaminación y los desechos sin utilizar. El flujo de uso de los recursos es lineal (adquisición → uso → desecho) porque tanto los productos desechados como los residuos del propio proceso terminan en basurales sin existir la preocupación de cómo son degradados o cómo pueden ser reutilizados o reciclados.

Si nos adentramos en el estudio del proceso de producción industrial podemos analizar otros componentes de relevancia. La figura 12 sintetiza un esquema que muestra la lógica lineal de los flujos de recursos y factores, comenzando inicialmente como recursos naturales, materias primas o fuentes de energía para terminar como productos terminados en manos del público, subproductos y desperdicios, efluentes industriales y emisiones a la atmósfera.

A partir de este escenario, el presente proyecto busca abordar, por un lado, una estrategia de economía circular para las corrientes de residuos enumerados anteriormente derivados de los productos terminados y los subproductos y residuos resultantes del proceso de producción y, por otro, estrategias de recuperación para los residuos provenientes del posconsumo. Estimaciones sobre la magnitud de desechos generados por la población derivados del

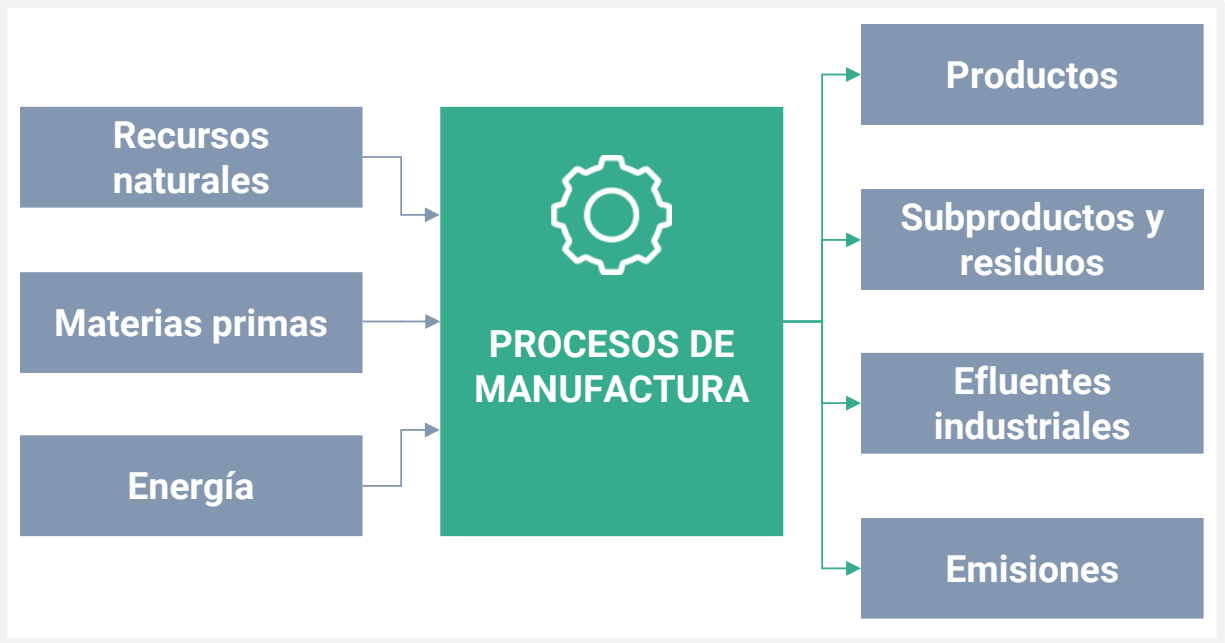
[48] Fuente: Fichas sectoriales CEP-XXI, Secretaría de Desarrollo productivo.

[49] Fuente: Cuenta de Generación del Ingreso del INDEC.

[50] Estimaciones propias con base en el relevamiento para Argentina sobre el tratamiento de residuos industriales: peligrosos, no peligrosos y patogénicos, realizado por el Observatorio de residuos peligrosos (UBA – UNR). El cálculo realizado consistió en tomar las proyecciones de generación de residuos no peligrosos para el total del país y multiplicar por la proporción de residuos no peligrosos generados por la industria.

consumo muestran que en Argentina se generan 19,7 millones de toneladas anuales.[51] Sumado a los residuos generados de los procesos industriales (3 millones de toneladas anuales), uno de los principales desafíos es el de generar mecanismos de articulación y gestión integral de todos los actores que intervienen en la cadena de generación y recuperación de casi 23 millones de toneladas de desperdicio por año. Esto es particularmente relevante en tanto y en cuanto el crecimiento económico –un objetivo inherente al Plan Argentina Productiva 2030, al ser clave para la generación de empleo formal y la reducción de la pobreza– suele ir de la mano de una mayor generación de residuos.

**FIGURA 12. METABOLISMO DE PRODUCCIÓN DE FLUJO LINEAL.**




En los siguientes apartados se expondrán las particularidades de las cadenas de valor para cada corriente de residuo derivados del proceso de producción industrial y las particularidades respecto a los residuos derivados del post consumo. Las corrientes de desechos a analizar serán las que se detallan a continuación:

- Chatarra ferrosa
- Chatarra no ferrosa
- Plástico
- Papel y cartón
- Vidrio
- Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEEs)
- Neumáticos Fuera de Uso (NFU)

[51] 1,15 kg/habitante/día, fuente: BID-AIDIS-OPS

# Diagnóstico microeconómico

## Chatarra ferrosa

Los metales ferrosos son aquellos compuestos por hierro y sus aleaciones (hierro dulce o forjado, acero y fundición). Se trata de los metales más utilizados debido a su bajo costo de extracción y a su relativa disponibilidad. El problema de estos materiales es que se oxidan fácilmente con el oxígeno y/o el agua. El hierro puro, por su alto grado de corrosión y por su poca resistencia (es relativamente blando), tiene muy pocas aplicaciones reales, por lo que se lo combina con carbono para generar aleaciones.

El proceso productivo para la fabricación de metales ferrosos se ubica dentro de la actividad siderúrgica. La misma inicia con el procesamiento del mineral de hierro, coque y caliza, mediante la fundición o reducción de estos materiales y la obtención del arrabio o el hierro esponja de acuerdo al proceso productivo que utilicen (alto horno o reducción directa respectivamente). El paso siguiente –conocido como aceración– consiste en la utilización del arrabio o hierro esponja para reducirlo nuevamente y refinarlo en acero crudo para la producción de semielaborados (planchones, palanquilla y tochos). Finalmente el proceso termina con la laminación del material en caliente o en frío (Costa Vila y Ramón, 2017).

El residuo de metales ferrosos denominado chatarra ferrosa se incorpora en el proceso de producción en la etapa de aceración, tanto para el proceso que utiliza alto horno como en los hornos eléctricos. Esto hace al material ferroso recuperado un insumo de menor costo al mismo tiempo que disminuye el impacto ambiental de la actividad porque redunda en una menor intensidad energética.[52] A su vez permite minimizar[53] el tamaño de las plantas de producción permitiendo así mayores niveles de eficiencia productiva. Se estima que en la actualidad la chatarra reciclada alcanza aproximadamente entre un 15 y un 20% de su potencialidad (Costa Vila y Ramón, 2017). En este sentido, existen oportunidades de mejora en los circuitos de recolección y recuperación de acero en las demoliciones y de chatarra ferroviaria y de buques, entre otras fuentes (Costa Vila y Ramón, 2017; Rodriguez, 2008).

[52] Las estimaciones efectuadas en materia de ahorro energético en el reciclado de hierro en particular, pero que abarca a muchos otros materiales reciclables, toma en cuenta todos los ahorros de energías contemplados en el ciclo de vida del material (transporte para la recuperación, uso de energía para el reciclado, etc.) contra la demanda energética de procesar material virgen. Distintos trabajos estiman que reciclar hierro permite un ahorro energético del orden del 19% al 36% (Denison, 1996). Estimaciones más recientes aportan evidencia que la recuperación del hierro otorga ahorros en el uso de la energía en torno al 56% (EPA iWARM, 2020)

[53] En la actualidad existen dos formas en las que de desarrolla la fundición/reducción del hierro: i) con "Alto horno" donde se utiliza mineral de hierro, coque y caliza como insumos principales, en donde es posible mezclar hasta un 20% con chatarra, ii) mediante el método de reducción directa, mediante el uso de hornos eléctricos, donde se utiliza mineral de hierro y gas natural, como insumos principales, y en donde es posible utilizar hasta el 100% de chatarra. Esquemas de plantas mediante el uso de hornos eléctricos y de semiintegración permitiría pensar es unidades productivas de menor tamaño y con un potencial uso en un 100% de chatarra ferrosa (Costa Vila y Ramón, 2017).

Los metales ferrosos constituyen un insumo relevante para múltiples sectores industriales: construcción (alambres, clavos, vigas, perfiles, tuberías, mallas, etc.), transporte (material férreo, rutas, autopistas), máquinas y equipos (cosechadoras, autopartes, etc.), electrodomésticos e hidrocarburos (tubos sin costura y columnas tubulares) (Costa Vila y Ramón, 2017; Suarez, 2016).

En Argentina, la falta de registros detallados sobre los desperdicios de la industria y posconsumo dificulta la posibilidad de contar con estimaciones precisas del nivel de material ferroso recuperado. Distintas estimaciones sugieren que en la actualidad se utilizan en la etapa de fundición entre 45.000 y 60.000 toneladas de material ferroso recuperado por mes; descontando el promedio de material ferroso importado, la recuperación de desperdicio a nivel nacional rondaría los 43.600 a 58.600 toneladas mensuales. Se estima que el nivel de recuperación podría multiplicarse por 5 si se adecuan circuitos de recuperación y logística adecuados (Costa Vila y Ramón, 2017; Rodriguez, 2008).

La cadena productiva de recuperación del material ferroso se compone de cinco etapas:

- **Etapa 0: extracción de mineral de hierro**. Esta etapa corresponde a la actividad en la que se lleva a cabo la extracción del mineral de hierro. Actualmente, Argentina en su mayoría lo obtiene de importaciones provenientes de Brasil. En la actualidad no existen proyectos de extracción de mineral de hierro en funcionamiento en el país. El último estuvo ubicado en Sierra Grande explotado por la empresa MCC Minera Sierra Grande S.A. Si bien la empresa hoy se encuentra activa, solo realiza tareas de mantenimiento de la mina. Esta etapa no es tenida en cuenta en el cuadro 7, que enumera la cantidad de empresas y empleo, por no existir, en la actualidad, empresas en funcionamiento que realicen la actividad.

- **Etapas 1 y 2: fundición/reducción y aceración; industrias básicas de hierro y acero**. Esta etapa la compone la cadena de la industria siderúrgica, encargada de las etapas de fundición (I), aceración (II) y laminados (III).[54] En todas las etapas de la cadena siderúrgica se registran en actividad 633 empresas aunque la mayor proporción de la producción se concentra en 6 empresas: 4 se encuentran integradas en toda la cadena (Ternium Siderar, Tenaris Siderca, Acindar y Acerbag) y 2 semiintegradas en las etapas de aceración y laminado (Aceros Zapla y Gerdau -SIPAR-).

- **Etapa 3: manufacturas que utilizan material ferroso**. En esta etapa coexisten múltiples actividades de fabricación de productos como de actividades dedicadas a servicios de reparación. A su vez, es importante mencionar que muchos productos no pueden ser exclusivamente calificados como desechos de material ferroso puro por el hecho de estar

[54]Un correcto análisis sobre la cadena de valor de la industria siderúrgica requiere separar en tres grandes etapas el proceso productivo: (i) fundición, (ii) aceración y (iii) laminación. A los fines del presente trabajo y dada la integración que presentan muchos de los actores que intervienen en la cadena productiva integramos las etapas de fundición y aceración. Para un estudio más pormenorizado sobre la cadena de valor de la actividad siderúrgica ver el trabajo realizado por Costa Vila y Ramón (2017).

compuestos por múltiples partes que incluyen material ferroso, no ferroso, plástico y eléctrico o electrónico. Las empresas comprendidas en esta etapa se agrupan principalmente en actividades de fabricación de productos elaborados de metal (productos de uso estructural e industrial, herramientas, cerraduras, armas y municiones, etc.), fabricación de equipos automotores, fabricación de maquinarias, fabricación y reparación de buques, embarcaciones, equipos de transporte y finalmente actividades de reparación de los productos enumerados anteriormente.

- **Etapa 4: recuperadores**. Por último, la cuarta etapa se compone de las empresas y personas dedicadas a la recolección y acopio de materiales y desechos metálicos para luego comercializarlo a las fundiciones que lo utilizan como insumo secundario.

En el cuadro 7 se muestran las cuatro de las cinco etapas mencionadas (excluyendo la etapa cero), la cantidad de empresas y la cantidad de trabajadores registrados que componen esas empresas. Es importante mencionar que los grupos de empresas por etapas se realizó de acuerdo a la actividad principal que declara la empresa, por otra parte solo se cuenta con datos de empresas registradas que indican al menos un empleado registrado, excluyendo a monotributistas y autónomos sin empleados a su cargo, así como también los recolectores informales o recolectores de material ferroso no categorizados como recuperadores de desechos metálicos.

**CUADRO 7. EMPRESAS Y EMPLEO EN LA CADENA DE RECUPERACIÓN DE LOS RESIDUOS DE MATERIALES FERROSOS, TOTAL DE EMPRESAS REGISTRADAS EMPLEADORAS SEGÚN SU ACTIVIDAD PRINCIPAL Y TOTAL DE EMPLEO ASALARIADO REGISTRADO PROMEDIO ANUAL (2021)**

| | Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 | Etapa 4 | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fundición/ reducción y aceración | Industrias básicas de hierro y acero (laminados, lingotes y fabricación de productos n.c.p) | Manufacturas que utilizan material ferroso | Recupera-dores de metales | Recupera-dores de residuos no peligrosos | |
| Total empresas | 127 | 506 | 21.711 | 100 | 217 | 22.661 |
| Total empleo asalariado registrado | 4.114 | 24.233 | 305.197 | 1.964 | 29.974 | 365.482 |

Fuente: elaboración propia con base en INDEC y AFIP. Ver el anexo 2 para un detalle de los CLAE considerados.

Entre las estimaciones elaboradas por Costa Vila y Ramón (2017), sobre el volumen de material ferroso recuperado utilizado por la industria se destaca que:

- La industria pesada consume anualmente entre 1,25 y 1,45 millones de toneladas de chatarra ferrosa, de las cuales:
  - 500/600.000 toneladas provienen de origen automotriz, línea blanca, materiales ferroviarios y chatarra naval.
  - 700/800.000 toneladas de recirculación interna de rezagos industriales.
  - 50.000 toneladas de chatarra provienen del sector ferroviario.

- El sector de la construcción tiene su propio proceso de recuperación (PAGE, 2021).

En lo que respecta a la importación de chatarra ferrosa para su reciclado, en la actualidad no es de un volumen significativo (0,3%)[55] relativo al nivel de producción de hierro y acero a nivel nacional. La importación de chatarra ferrosa (sucede la misma situación para las no ferrosas) permitiría un considerable ahorro en divisas y una mayor eficiencia en el uso de la energía en la etapa de elaboración de metales ferrosos. Esto es así, porque el valor por peso de la chatarra ferrosa es menor a su equivalente en lo necesario para la elaboración de hierro nuevo importando mineral de hierro.[56] Por otra parte y como ya fue mencionado con anterioridad, el reciclado de chatarra conlleva un menor consumo de energía para su elaboración. En la actualidad existen mecanismos regulatorios (principalmente en materia de regulación ambiental) que dificultan su importación y es en gran medida lo que impide un mayor nivel de importación. Es importante resaltar, que en pos de fortalecer la economía circular en la corriente de desperdicios de materiales ferrosos, en primera instancia es prioridad fortalecer los mecanismos de circularidad de la chatarra generada internamente y de esta forma revalorizar el desperdicio y evitar la disposición final de los materiales en basurales.[57] No obstante, como una medida complementaría la importación de chatarra ferrosa y la generación de mecanismos que la faciliten, sin descuidar las medidas ambientales necesarias para evitar externalidades negativas de esta actividad, generaría un impulso a la actividad incrementando los stock, dando continuidad a la actividad de recuperación y una mayor estabilidad en los precios que reciben los recuperadores (la variabilidad de precios producto de su estrecha relación con el precio internacional del hierro y el acero, genera desincentivos a la recuperación). Asimismo, para el periodo 2014 a 2019 se importaron en promedio 16.014 toneladas anuales.

[55] Estimación propia realizada sobre la base de datos de Costa Vila y Ramón (2017) y Unidad de Movimientos Transfronterizos – UMT. Mesas de Economía Circular 2020.

[56] Es importante recordar que en la actualidad argentina no cuenta con yacimientos de mineral de hierro por lo que este insumo básico para la siderurgia es importado en su totalidad.

[57] Se estima que en la actualidad solo un 20% de la chatarra ferrosa generada en el territorio nacional tiene como destino su reciclamiento (Costa Vila y Ramón, 2017)

**CUADRO 8. IMPORTACIÓN DE CHATARRA FERROSA 2014 A 2019, TOTAL ANUAL.**

| Años | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Toneladas de chatarra ferrosa | 14.126 | 32.394 | 6.491 | 21.980 | 12.917 | 8.177 |

Fuente: Unidad de Movimientos Transfronterizos – UMT. Mesas de Economía Circular 2020.

### Residuos postconsumo

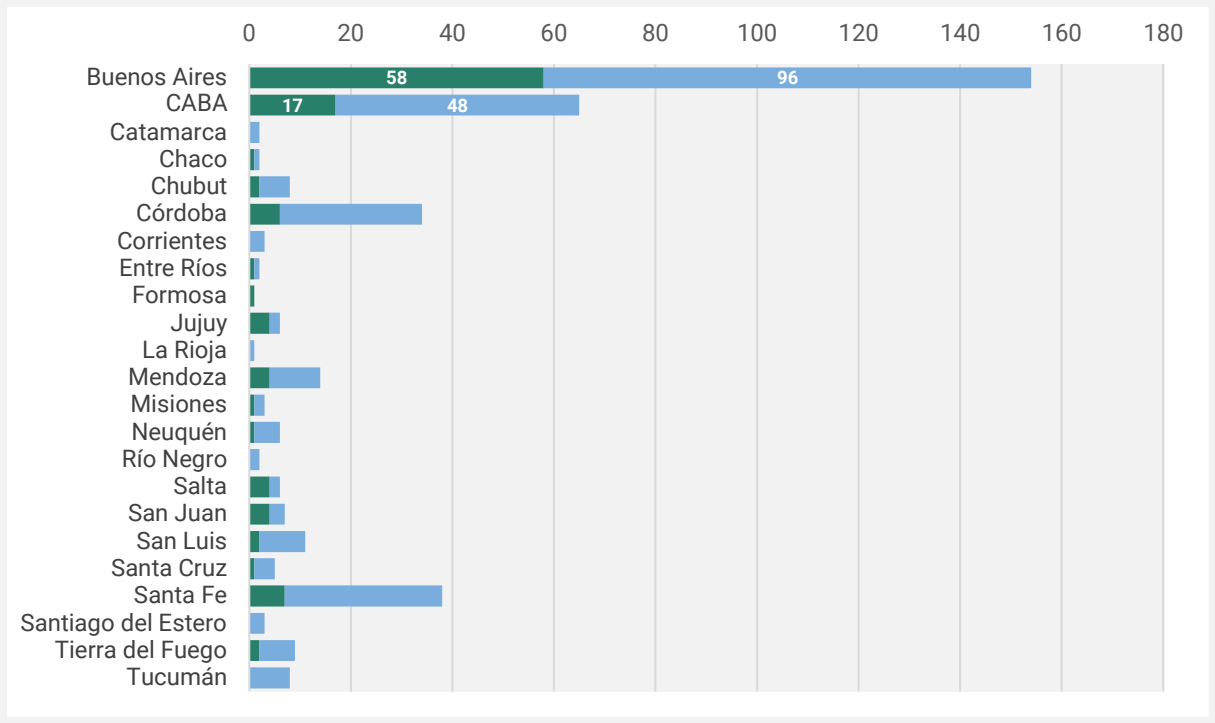
En particular para la cadena de desperdicio de metales ferrosos, los residuos derivados del post consumo son en gran medida canalizados hacia el ciclo de recuperación y/o reutilización, sin llegar en gran magnitud a zonas de enterramiento de desechos. Esto está dado por las características de los productos que en su gran mayoría son bienes durables, de gran tamaño y que encuentran demandantes (recuperadores), por lo que el mecanismo para su reintegro a la cadena productiva se canaliza exitosamente.

De todas formas, este proceso no está exento de dificultades. Por un lado, gran parte de los recuperadores de chatarra ferrosa trabaja en la informalidad, con escasos recursos logísticos, lo cual genera condiciones de vulnerabilidad que se ven acentuadas por las características del mercado donde predominan los bajos precios y su variabilidad así como los intermediarios múltiples, lo cual reduce los incentivos de los recuperadores a recolectar este tipo de residuos. Por otra parte, la cadena de recuperación del desecho ferroso derivado del post consumo no es de los desperdicios de mayor interés en las campañas de concientización municipal (probablemente debido a su bajo peso relativo en la cantidad de desecho proveniente de las familias), lo cual también genera problemas e ineficiencia en el proceso de recuperación. Finalmente se suma como dificultad el hecho de que muchos artefactos del hogar que contienen material ferroso al mismo tiempo son considerados, una vez desechados, como residuos peligrosos. Ello dificulta canalizar la recuperación debido a las particularidades que exigen las distintas normativas.

### Recuperadores de materiales y desecho metálicos

Si bien la actividad de recuperación de los desperdicios en general se desarrolla mediante actores que se encuentran en la informalidad -lo que dificulta su cuantificación- existen registros administrativos relacionados a los actores dedicados a la recuperación de materiales y desechos metálicos y no peligrosos, que pueden darnos un panorama de la dimensión de actores que intervienen en esta etapa de la cadena de recuperación. Por un lado se cuenta con datos de las empresas empleadoras dedicadas a la actividad de "Recuperación de materiales y desechos metálicos" (Código CLAE: 382010 y 381100). Este registro es parcial dado que solo se cuentan las empresas registradas y que tienen personal contratado registrado. A su vez, el registro incluye a las empresas que declaran como actividad principal la tarea de recuperación de desechos metálicos, no considerando a aquellas que lo declaran como actividad secundaria. Igualmente como se puede observar en el gráfico 36, para el año 2021 se encontraban registrados 116 establecimientos productivos correspondientes a 100 empresas de recuperadores de desechos metálicos y 274 establecimientos productivos correspondientes a 217 empresas de recuperadores de desechos no peligrosos.

**GRÁFICO 36. CANTIDAD DE ESTABLECIMIENTOS DE RECUPERADORAS SEGÚN TIPO DE MATERIAL RECUPERADO, POR PROVINCIA, AÑO 2021**




Fuente: elaboración propia con base en INDEC y AFIP.

A este eslabón de la cadena de recuperación deben sumarse los trabajadoras y trabajadores, recuperadoras y recuperadores nucleados en las distintas confederaciones y federaciones de trabajadores cooperativos, que en total contabilizan a más de 130.000 personas.

Tras reuniones con representantes de los diferentes actores de la cadena, se plantearon las siguientes problemáticas y propuestas:

- La **normativa** actual de Residuos Peligrosos incluye una variedad de residuos, entre los que se encuentran materiales que podrían ser utilizados por el sector, particularmente destinados a la industria cementera. Integrar esa lista dificulta el tratamiento de algunos residuos que terminan en rellenos sanitarios en vez de reinsertarse en el proceso productivo.

- Se mencionan dificultades para tramitar **permisos** de aptitud ambiental, por ejemplo, para la exportación de PCB (bifenilos policlorados).[58]

[58] Los PCB son sustancias organocloradas de muy alta estabilidad química, baja inflamabilidad y resistentes a la degradación térmica. Debido a estas características, fueron ampliamente usados en aplicaciones industriales como selladores, tintas, papel carbónico, aditivos para pinturas, y en particular, refrigerantes y lubricantes en equipos eléctricos cerrados, tales como transformadores y capacitores eléctricos. Desde una perspectiva medioambiental los PCB presentan grandes desventajas: no son biodegradables, son muy persistentes en el ambiente y se bioacumulan en tejidos grasos. Por esta razón muchos países (Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia y Reino Unido) prohibieron su fabricación y regulan fuertemente su uso y aplicaciones.

- Se propone **eximir del pago del IVA** al reciclado con fines productivos como forma de incentivo a la actividad.

Respecto de la importación de chatarra, aparecen tensiones entre los actores dado los incentivos y necesidades cruzadas respecto de la disponibilidad, regulaciones y el precio de los materiales.

## Chatarra no ferrosa

Los metales no ferrosos son todos aquellos que no tienen hierro en su composición. Se caracterizan por ser blandos y tener poca resistencia mecánica, pero, a diferencia de los ferrosos, son más resistentes a la corrosión (PAGE, 2021). Entre los principales metales para destacar se encuentran:

- **Aluminio**: se encuentra en estado natural como bauxita. A partir de este compuesto, se extrae la alúmina y, en una segunda etapa, ésta se funde obteniendo lingotes de aluminio. Los productos que se derivan de este material son los laminados gruesos (usados para aerosoles, pomos, latas, etc.), foil (utilizado para envasado y conservación de alimentos y medicamentos), alambres, extruidos (para perfiles de construcción, industriales y tubos especiales) y fundidos (piezas para la industria) (Misirlian y Pérez Barcia, 2018). En este caso, el material reciclado tiene las mismas propiedades que el material virgen, por lo que puede emplearse para los mismos usos.

- **Cobre**: se caracteriza por su dureza y ser un excelente conductor de electricidad y calor. Es poco usado en estado puro (OutletMinero, 14 de febrero de 2016). Actualmente no hay producción primaria en Argentina, por lo que se importa. El reciclado de este material en nuestro país es marginal: sus aplicaciones hacen que el material no tenga un volumen elevado de generación de chatarra: alta durabilidad de los equipos que utilizan el cobre como insumo y canales autónomos de recuperación por parte de las empresas que lo utilizan (ejemplo: empresas dedicadas al tendido eléctrico), en tanto que, por su alto precio, las industrias de equipos, útiles y aparatos de metal, tienden a trabajar con otros metales.

- **Bronce**: es una aleación de cobre y estaño. Se caracteriza por ser un buen conductor de electricidad y calor. Se utiliza para insumos industriales e instrumentos musicales, entre otros. En Argentina actualmente, por el bajo nivel de generación de chatarra, no existen industrias que recuperen y fundan este material a gran escala. En su gran mayoría corresponden a pequeñas empresas y que dedican su actividad a la fundición de esto en conjunto con otros metales.

- **Plomo**: es un metal flexible que se funde con facilidad. Es poco usado en cañerías o artefactos vinculados al contacto humano debido a su toxicidad. Se puede encontrar principalmente en las baterías de ácido plomo. Al ser considerado residuo peligroso, los operadores de este material deben ser específicamente autorizados. Sin embargo, los recuperadores urbanos reconocen que lo trabajan y lo venden, evidenciando la existencia de un mercado informal (PAGE, 2021).

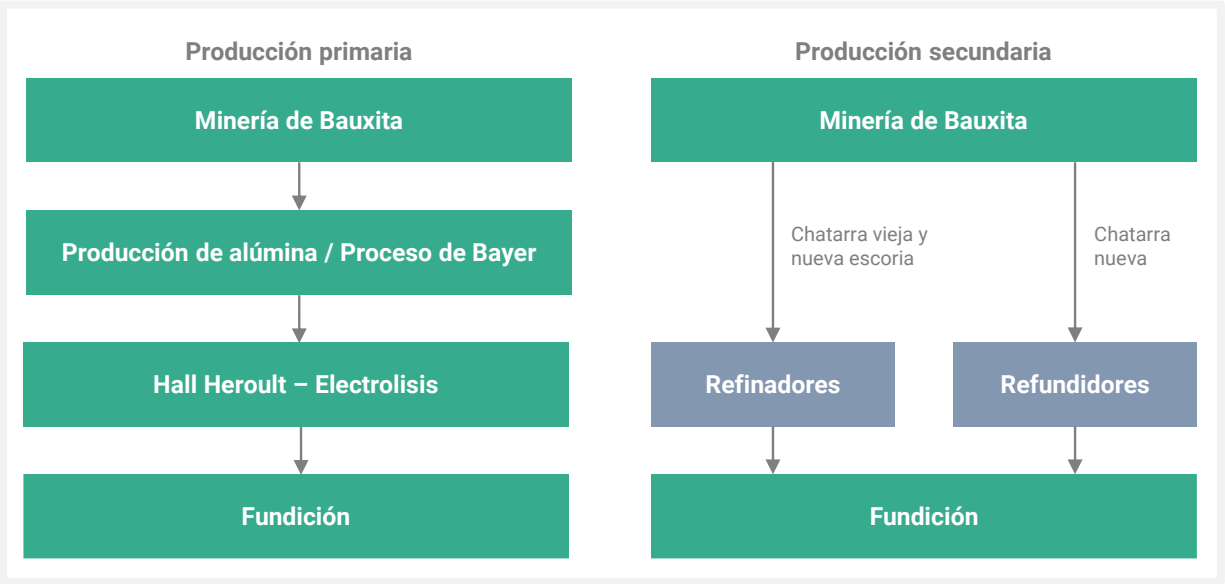
Es importante destacar que de los cuatro materiales no ferrosos mencionados anteriormente, el aluminio es el único que posee un volumen de recuperación significativo dado el mayor nivel de aplicación en la fabricación de productos y usos en la industria. Asimismo existe un conjunto de metales no ferrosos que por su bajo volumen relativo de utilización y aplicación (oro, plata, zinc, magnesio, titanio, entre otros) no se analizarán de forma pormenorizada. Por otra parte, muchos de estos metales se encuentran presentes en múltiples productos, que por la particularidad que requiere el tratamiento de recuperación, se analiza la cadena de valor en otras corrientes de desperdicios como lo son los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEEs).

La cadena de valor de los metales no ferrosos se inicia con la etapa de producción primaria que en el caso de los metales enumerados (salvo la cadena del aluminio) se integran a la cadena de valor minera. Por la magnitud que posee la cadena de valor de recuperación del aluminio y el poco peso relativo del resto de los metales no ferrosos mencionados, sumado a que estos últimos, en gran medida se encuentran comprendidos en corrientes de recuperación diferenciada (RAEEs) se analizará solamente el caso del aluminio como metal representativo de esta corriente de recuperación.

### Aluminio

La producción de aluminio primario y la de aluminio secundario (recuperado) se resumen en la figura a continuación:

**FIGURA 13. PRODUCCIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA DE ALUMINIO**




Fuente: elaboración propia con base en Grimes *et al.* (2008).

La corriente de recuperación del aluminio se inicia incorporando el material desechado (aluminio secundario) en la etapa de procesamiento o transformación, ya sea en un 100% aluminio

recuperado o mezclado con aluminio primario (producido en la etapa primaria de producción). Es en esta etapa de transformación donde se da el proceso de solidificación o aleación (incorporación de otros metales como hierro, zinc, cobre o magnesio) para la producción de lingotes que posteriormente se utilizarán para la fabricación de productos semiterminados. Los productos semiterminados serán luego insumos para distintas ramas productivas como la construcción, transportes, energía y envases entre otras (Costa Vila y Ramón, 2017).

La recuperación de aluminio es ventajosa en tanto el material resultante de utilizar desechos de aluminio como materia prima no altera la calidad del producto final obtenido y el consumo de energía necesario para recuperar aluminio representa el 5% del consumo de energía para producir aluminio primario (Costa Vila y Ramón, 2017).

Sobre los actores intervinientes en la cadena, se destaca la empresa Aluar como principal productora de aluminio primario. En la segunda etapa de la cadena, donde se desarrolla la producción de semielaborados[59] de aluminio, en el año 2021 se encontraban activas 35 empresas a nivel nacional, registradas y con personal contratado.

En la tercera etapa de la cadena de recuperación se encuentran aquellas actividades de producción de manufacturas que utilizan los semielaborados de aluminio como insumo. Entre ellas podemos destacar actividades como la construcción, carpintería metálica, transporte, envases, acerías, industria eléctrica, industria de bienes de consumo y fabricación de máquinas y equipos (Misirlian y Pérez Barcia, 2017).

A partir de estimaciones sobre la cantidad de empresas intervinientes en la producción de manufacturas de elaborados de metal, y fabricación de maquinarias que utilizan aluminio, así como también fabricación y reparación de aeronaves se puede hablar de un total de 4.663 empresas en este segmento. Es relevante mencionar que la segmentación de empresas se realizó en base a las actividades que por su naturaleza productiva requieren de metales no ferrosos como insumos, pero esto no descarta la posibilidad de que las mismas industrias utilicen otros metales ferrosos en sus procesos productivos. Por último, es importante aclarar que esta estimación de la cantidad de empresas se constituye como un piso. Esto es así porque los registros administrativos con los que se cuenta, categorizan a las empresas en función de su actividad principal. Por lo tanto, no se toma en cuenta aquellas empresas que producen manufacturas a base de aluminio como actividad secundaria.

Finalmente, en la etapa de recuperación las empresas dedicadas a la recuperación de aluminio son las mismas que las dedicadas a la recuperación de metales ferrosos, por lo que el mapa de empresas es igual al expuesto en el apartado anterior. Cabe mencionar en este punto que, dada las condiciones de informalidad del sector de reciclado, la cantidad de empresas recuperadoras registradas se considera una estimación de mínima para la cuantificación de los actores que intervienen en esta etapa de la cadena.

[59] Entre los productos semielaborados de aluminio podemos destacar: perfiles, placas, chapas, polvo atomizado, pasta de aluminio, cintas, flejes, caños, tubos, alambre.

**Recuadro 14. Economía circular y sostenibilidad ambiental en la pesca**

En el documento de trabajo "Innovación con triple impacto: circularidad y tecnologías para la sustentabilidad en el sector pesquero" (Calá, 2021) publicado en la serie de Documentos de Argentina Productiva 2030 se refiere la existencia de una variedad de oportunidades para la innovación de triple impacto en el sector pesquero. Las mismas pueden permitir al mismo tiempo abordar la dimensión ambiental a través de la sostenibilidad de los ambientes marinos, la social a partir de la dinamización de las economías regionales y la económica con el acceso de mercados internacionales y nichos de alto valor agregado. Se trata de una temática abordada en la iniciativa intergubernamental Pampa Azul y en el Plan Argentina Innovadora 2020.

Vale tener en cuenta que el sector de pesca de captura posee impactos ambientales relevantes que deben ser mitigados. Uno de ellos tiene que ver con la generación de residuos (del propio pescado, como recortes de músculo, piel, aletas, espinas, caparazones, cabezas, vísceras y escamas, o de insumos, como redes). Estos residuos y descartes en general suelen ser eliminados en basurales a cielo abierto, lo que a su vez genera variados desequilibrios ecológicos que repercuten en diversas especies marinas y costeras o en la elaboración de productos de relativamente bajo valor agregado, como harinas, aceites en bruto o ensilados de pescado. En este sentido, hay una oportunidad para aprovechar inteligentemente estos residuos no solo para resolver problemas ambientales sino para también desarrollar distintos tipos de industrias.

Las iniciativas para mejorar la circularidad en la pesca involucran a diversos sectores, como, por ejemplo:

- Químicos: elaboración de productos a base de aceites con alto contenido de Omega 3; quitosano y productos relacionados; producción de enzimas industriales y otros compuestos; elaboración de bienes a base de escamas y piel de pescado.
- Alimentario: productos conformados de pescado realizados a base de especies no comerciales o desechos.
- Software y servicios informáticos: software de gestión de trazabilidad (por ejemplo, para conocer volúmenes de producción y desechos en los distintos eslabones).
- Textil e indumentaria: productos elaborados a base de redes de pesca descartadas.
- Industria naval: construcción de buques pesqueros de doble cubierta (que reducen desperdicios e incrementan seguridad de trabajadores), cambios en los mecanismos de propulsión de los buques (por combustibles menos contaminantes) y liberación estratégica de descartes. Este último punto es relevante en términos de economía circular ya que los descartes a bordo no solo provocan una serie de desequilibrios ecológicos por la gran cantidad de ejemplares muertos cerca de la superficie, sino que también atrae a aves y mamíferos marinos que colisionan o se enganchan con las artes de pesca. La atracción de estos animales y la consecuente mortalidad podrían reducirse si los descartes y residuos se retuvieran para ser liberados luego en forma estratégica, finalizada la maniobra de pesca o durante la noche. Otra forma de reducir aún más la mortalidad es procesar el descarte, triturándolo, ya que eso modifica la forma en que el material de desecho se hunde en el mar, atrayendo menos megafauna.
- Equipamiento naval: instrumental de detección y medición, equipos de comunicaciones, equipos electrónicos de ayuda para la navegación, monitoreo electrónico y reconocimiento inteligente. Por ejemplo, esto permitiría realizar los lances en lugares adecuados y reducir en forma preventiva el descarte por talla, a la vez que se reduce el consumo de combustible, el tiempo de pesca y los lances innecesarios.

Para fomentar e implementar este tipo de innovaciones aparecen ciertos desafíos en el sector pesquero, entre ellos: i) la escasa priorización de la agenda ambiental, ii) diversos obstáculos a la adopción de nuevas tecnologías, iii) dificultades para la comercialización de bienes provenientes de la economía circular y iv) necesidad de interdisciplina y vínculos público-privados fuertes.

A fin de abordar estas cuestiones y avanzar en la innovación y la sostenibilidad del sector, se propone la creación de Mesas Locales de Economía Circular en Pesca que puedan habilitar la creación y optimización de vínculos entre los diversos actores del sistema e incentivar la adopción de tecnologías. Adicionalmente, se propone la conformación de un registro de productos provenientes de la economía circular o la innovación verde para sistematizar el acceso a medidas de apoyo específicas.

En cuanto a la cantidad de aluminio recuperado, se ha mantenido relativamente estable a lo largo de las últimas dos décadas pero ha crecido fuertemente a partir del año 2010, duplicando los valores de 2008 y 2009. Así, la producción de aluminio secundario alcanzó en 2010 casi 75.000 toneladas, lo que representa un 15% de la producción total de aluminio del país, incidencia relativamente baja respecto de la que se registra a nivel internacional: Unión Europea 40%, China 83% (Costa Vila y Ramón, 2017).

**CUADRO 9. EMPRESAS Y EMPLEO EN LA CADENA DE RECUPERACIÓN DE LOS RESIDUOS DE MATERIALES NO FERROSOS, TOTAL DE EMPRESAS REGISTRADAS EMPLEADORAS SEGÚN SU ACTIVIDAD PRINCIPAL Y TOTAL DE EMPLEO REGISTRADO PROMEDIO ANUAL. 2021**

| | Etapas 1 y 2 | Etapa 3 | Etapa 4 | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | Aluminio primario y fabricación de semielaborados | Elaboración de productos de metal, fabricación de maquinarias | Recuperadores de metales | Recuperadores de residuos no peligrosos | |
| Total empresas | 350 | 4.663 | 100 | 217 | 5.330 |
| Total empleo | 8.303 | 65.577 | 1.964 | 29.974 | 105.818 |

Fuente: elaboración propia con base en INDEC y AFIP. Ver el anexo 2 para un detalle de los CLAE considerados.

El aluminio en particular, pero los demás materiales no ferrosos en general, presenta en la actualidad un bajo nivel de reciclado. Esta situación se debe a varios factores, entre los que se pueden destacar:

1. **Dificultades relacionadas con la oferta**: el mayor porcentaje de aluminio recuperado proviene de envases de bebidas (gaseosas y cervezas) por lo que el volumen disponible no resulta significativo para los recuperadores (PAGE, 2021).

2. Al igual que como sucede con materiales ferrosos, existe una dependencia del **precio del material recuperado** al precio internacional del aluminio primario. La dificultad que imprime esta característica a la recuperación, está dada por la volatilidad en el precio del material recuperado dada la volatilidad del producto virgen.

3. **Tipos de productos que utilizan aluminio**. Existen una gran variedad de productos que se hacen mediante el uso de aluminio en sus diferentes tipos de aleaciones (aluminio 6061, 7075, 1100, 6063 y 2024). Las diferentes composiciones de aleaciones que presentan los distintos tipos de aluminio dificultan su proceso de reciclado ya que es preciso una correcta separación de los distintos tipos para garantizar un nivel de pureza de aluminio (98% a 99%) y así poder comercializarlo como aluminio de primera, en su defecto será considerado de segunda reduciendo su valor de mercado. Por otra parte, la presencia de aluminio en múltiples equipos y aparatos que a su vez, están compuestos por una amplia gama de otros

metales y materiales suman un nivel de complejidad adicional a la tarea de separación (por ejemplo el aluminio contenido en los *Tetra Pak*). En este sentido es preciso desarrollar estrategias que permitan innovar en nuevos procesos y mecanismos de separación como en nuevos productos que faciliten su proceso de reciclado y la mayor valorización en el proceso de recuperación. Por ejemplo, trazar la composición del aluminio virgen que facilite su separación, incorporación de nuevas tecnologías de separación automática.[60]

4. **Falta de fomento** a las industrias para la utilización del aluminio reciclado por sobre el aluminio primario. Por ejemplo, cambios impositivos que hagan más atractivo el precio del aluminio reciclado o el establecimiento de porcentajes mínimos de aluminio reciclado en la composición de los productos.

### Residuos postconsumo

En la actualidad una de las principales dificultades para cuantificar el volumen de material recuperado sobre esta corrientes de residuo es la falta de estadísticas que puedan dar cuenta de ello. Solo se dispone de estimaciones parciales y no completas sobre la realidad de recuperación de los metales no ferrosos y particularmente el aluminio. A pesar de esta situación, se puede suponer que, por la naturaleza del producto, el desecho industrial es recuperado en su totalidad, dado que es posible reutilizar el material desechado en el ciclo de fundición. La dificultad en este caso radica en los desechos derivados de aleaciones que contienen aluminio y otros metales que requieren de un tratamiento diferenciado, dependiendo en cada caso del proceso de producción y el producto final que se está fabricando. En este sentido, cobra especial atención generar mecanismos que permitan dar cuenta de la trazabilidad de los productos. Varios países están pensando en normativas en este sentido, como Chile en el marco de la Hoja de Ruta Nacional para la Economía Circular o la Unión Europea con el Pasaporte Digital Verde. Asimismo, es de suma importancia generar las instancias de intercambio adecuadas, como fueron las mesas de Economía Circular del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación con todos los actores de la cadena, para dar cuenta del nivel de desecho industrial recuperado, tomar dimensión de la situación actual y trabajar en los posibles desafíos, mecanismos y acuerdos para su solución.

Referido al desecho postconsumo, la situación sobre la falta de información es la misma que en el caso del desecho industrial, con la salvedad de que existen estimaciones parciales. Dichas estimaciones muestran que los productos con mayor nivel de recuperación son las latas de gaseosas y cervezas y marginalmente envases de alimentos y aerosoles. Los datos sobre estimaciones parciales sugieren que el recupero de aluminio se ubica en torno el 8% (PAGE, 2021). El bajo nivel de recupero muestra la dificultad de canalizar los desechos hacia canales de recupero efectivo. En este sentido, es central el trabajo con la comunidad en torno a la concientización y a lograr una separación en origen efectiva. Finalmente, es de suma

[60] Varias empresas líderes en el mundo, proveedoras de maquinarias para la industria alimenticia, minería e incorporadas a la industria del reciclado, han desarrollado tecnologías de sensores que permiten realizar separación de metales de acuerdo a su composición, garantizando altos niveles de eficacia.

importancia trabajar en conjunto con productores e instituciones de innovación para la promoción hacia nuevos modelos de producción y consumo circulares que permitan dejar de fabricar productos con aluminio que por su constitución impiden hacer un reciclado efectivo o que solo se logra a un alto costo de tratamiento.

## Plástico

La multiplicidad de usos que se le da a los plásticos, combinado con el modelo de producción y consumo vigente, hacen que el tratamiento de los desechos plásticos constituya uno de los principales desafíos de la humanidad a escala global. Se estima que aproximadamente un tercio de la producción anual de embalajes plásticos terminan en ambientes terrestres o marinos sin ningún tipo de tratamiento. A su vez, aun cuando son dispuestos en rellenos sanitarios controlados, dependiendo del tipo de polímero, tardan entre 100 y 1000 años en degradarse (Ellen MacArthur Foundation, 2016). Al mismo tiempo, su degradación libera micropartículas que se incorporan en las cadenas tróficas[61] y los ecosistemas (Bollaín Pastor y Angulló, 2019), alcanzando incluso al cuerpo humano. Si bien un foco principal de la problemática de los plásticos está puesto en aquéllos de un solo uso (envases y objetos descartables –luego de ser utilizados por única vez–), también los plásticos considerados como "durables" tienen una vida útil promedio de solo cuatro o cinco años (Geyer *et al.*, 2017). Estas consideraciones resaltan la importancia de aumentar el alcance de los procesos de reducción en la generación de productos plásticos, así como de aumentar la reciclabilidad de estos materiales, considerando que según el tipo de polímero involucrado es posible reutilizar estos materiales en la fabricación de una amplia gama de productos de uso cotidiano.

Las resinas termoplásticas son los materiales plásticos más producidos y utilizados en el país. Para la obtención de los polietilenos –polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD) y el policloruro de vinilo (PVC)– se utiliza gas natural y sales, mientras que para la producción de polipropileno (PP) y poliestireno (PS) se utilizan subproductos de la refinación de petróleo. El tereftalato de polietileno (PET) es el único de los materiales mencionados que requiere de insumos importados (ácido tereftálico y monoetilenglicol). Luego, la industria plástica somete los materiales a diversos procesos de transformación (extrusión, inyección, soplado, calandrado y termoformado) para producir diversos productos plásticos para consumo final o como insumo para otras industrias. Los productos plásticos obtenidos se pueden clasificar en cinco grupos: semiterminados; envases y embalajes; tuberías, sanitarios y otros materiales para la construcción; artículos de uso doméstico y otros. Las empresas más importantes por producto son PBB Polisur que produce polietileno, Solvay Indupa fabrica PVC, Petroken y Petroquímica Cuyo hacen polipropileno, Pampa Energía, poliestireno y DAK Americas, PET (Costa Vila y Ruggiero, 2016).

[61] Comúnmente conocidas como cadena alimenticia o cadena alimentaria: es la corriente de energía y nutrientes que se establece entre las distintas especies de un ecosistema en relación con su nutrición.

La versatilidad del plástico redunda en que sea utilizado en casi todas las ramas industriales (para la fabricación de envases, autopartes o tuberías, etc.) y que la generación de residuos plásticos está distribuida casi por todas las industrias desde la industria alimenticia, pasando por la automotriz, la eléctrica y electrónica, la textil, la construcción y la fabricación de muebles.

Dado que no se degradan con el calor, los termoplásticos son reciclables y cada uno de los tipos mencionados anteriormente se puede utilizar como insumo para diferentes productos. En todos los casos, la principal dificultad para su recuperación radica en la recolección del material, principalmente teniendo en cuenta el desecho de post consumo que no es correctamente separado en origen. En el cuadro 10 que se presenta a continuación se detallan los tipos de plástico y cuáles son los principales productos primarios fabricados, una breve descripción sobre el proceso productivo y finalmente los principales artículos producidos mediante la recuperación.

**CUADRO 10. TIPOS DE PLÁSTICOS Y SUS PRINCIPALES USOS EN UN ESQUEMA DE ECONOMÍA CIRCULAR**

| Tipo de plástico | Producto primario | Proceso de reciclado | Producto reciclado |
|---|---|---|---|
| PET | Botellas de agua y otras bebidas, bandejas para alimentos | Proceso de reciclado barato y sencillo.<br>Calidad de plástico buena.<br>Es uno de los plásticos más reciclados.<br>Dificultad en la separación del residuo. | Muebles, alfombras, fibras textiles, piezas de automóvil y –correctamente reciclado– nuevos envases de alimentos. |
| PEAD | Envases de lácteos y jugos, productos de belleza e higiene, detergentes, bidones, baldes, etc. | Proceso de reciclado barato y sencillo.<br>Calidad de plástico resultante buena.<br>Dificultad en la separación del residuo. | Caños, botellas de detergentes y limpiadores, muebles de jardín, etc. |
| PVC | Embalaje de elementos no alimenticios, caños para riego y construcción, muebles de jardín, pisos, protección para cables, aberturas, autopartes, etc. | Fácilmente reciclable.<br>Dificultad en la separación del residuo. | Paneles, tarimas, tapetes, etc. |
| PEBD | Bolsas de supermercado, papel film, envoltura de alimentos, mangueras, etc. | Proceso de reciclado sencillo.<br>Calidad de plástico resultante buena.<br>Dificultad en la separación del residuo.<br>Otra desventaja: requerimiento de maquinarias y equipos que en la actualidad se importan en su totalidad. | Bolsas de supermercado, papel film, tuberías, baldosas. |

*Continúa.*

*Continuación.*

| Tipo de plástico | Producto primario | Proceso de reciclado | Producto reciclado |
|---|---|---|---|
| PP | Utensilios de cocina, recipientes, platos para microondas, cubiertos, botellas para shampoo, muebles de jardín, autopartes. | Procesos de reciclado costosos (alto requerimiento de maquinarias y equipos importados). | Escobas, cepillos, rastrillos, baldes, pallets, bandejas, etc. |
| PS | Envases para comidas rápidas, bandejas para carnes, materiales aislantes, etc. | Se puede reciclar pero se trata de un proceso costoso. | Material para edificación, aislantes, etc. |

Fuente: elaboración propia con base en fuentes secundarias.

### CUADRO 11. EMPRESAS Y EMPLEO EN LA CADENA DE RECUPERACIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS, TOTAL DE EMPRESAS REGISTRADAS EMPLEADORAS SEGÚN SU ACTIVIDAD PRINCIPAL Y TOTAL DE EMPLEO ASALARIADO REGISTRADO PROMEDIO ANUAL (2021)

| | Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 | Etapa 4 | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Extracción de petróleo, gas y sales | Fabricación de resinas y materiales plásticos | Fabricación de productos plásticos | Recuperadores no metálicos | Recuperadores de residuos no peligrosos | |
| Total empresas | 96 | 193 | 3.709 | 156 | 217 | 4.371 |
| Total empleo | 23.880 | 8.929 | 94.619 | 1.968 | 29.974 | 159.370 |

Nota: en la etapa 2 en la cadena de recuperación intervienen tanto las empresas específicas en la fabricación de sustancias químicas (CLAE: 201401 y 201409) como así también muchas empresas dedicadas a la refinación del petróleo (CLAE 192000) –principalmente dedicadas a la fabricación de combustibles y lubricantes– pero que han venido diversificándose, en los últimos años, en la elaboración de sustancias químicas.
En el caso de la dimensión de los actores que conforman la etapa 4 de recuperación, solo se enumeran las empresas registradas, que informan la actividad de recuperación como actividad principal y que cuentan con al menos un empleo registrado, por lo tanto excluye al conjunto de trabajadores informales y asalariados no registrados que trabajan en esa etapa. En la tercera etapa, existe un conjunto de empresas que se encuentran registradas con la actividad principal fabricación de manufacturas, pero no clasificadas como manufacturas plásticas que en los hechos si lo hacen, en estos casos tampoco se toman en cuenta en la cadena. Por esta razón es que la magnitud de empresas y trabajadores intervinientes en la cadena de valor de la recuperación del plástico tiene que tomarse como un piso respecto de la dimensión real que la misma posee.

Fuente: elaboración propia con base en INDEC y AFIP. Lista de CLAE considerados: 61000, 62000, 89300, 201401, 201409, 222010, 222090, 293090, 324000, 381100, 382020.

Es importante señalar que las aplicaciones del plástico recuperado mencionadas en el cuadro 11 representan lo que en la actualidad se realiza en esta materia. No obstante, existe un gran potencial en materia de investigación, que se encuentra en crecimiento, sobre nuevas aplicaciones que puedan valorizar el desecho plástico (ver cuadro 11).

En relación con la cadena del valor conformada por esta corriente de residuos, se pueden identificar 4 etapas: el proceso se inicia con las actividades que generan las materias primas para la generación de resinas plásticas: principalmente, derivados del petróleo y gas y en menor medida minerales dependiendo del tipo de resina que se desea fabricar. En una segunda etapa intervienen las actividades vinculadas a la fabricación de resinas y materiales plásticos en forma primaria, empresas agrupadas dentro de la rama petroquímica y refinerías de petróleo. En la tercera etapa en la cadena intervienen las empresas dedicadas a la fabricación de productos, envases y otras manufacturas plásticas (juguetes, juegos, etc.). Finalmente como cuarta etapa se encuentran las actividades vinculadas a la recolección, traslado y tratamiento de los desechos.

Se estima que en la actualidad en el país unas 150 empresas realizan procesos de recuperación del plástico. En su mayoría son pymes ubicadas en el AMBA (PAGE, 2021), pero se destacan tres empresas grandes firmas: ECOPEK, RECICLAR S.A. y Fibras Argentinas. En 2019, un 13% del material plástico consumido fue recuperado, principalmente se utilizó para la producción de botellas y envases para el mercado interno (PAGE 2021).

**Residuos postconsumo**

Por ser los plásticos materiales altamente difundidos en el uso de envases y envoltorios, constituye una de las corrientes de desperdicios postconsumo de mayor relevancia después del cartón y el papel. Se estima que en la actualidad, para la Ciudad de Buenos Aires, cerca de un 12,6% del total de desperdicios generados por los hogares son plásticos de distintos tipos, siendo el más representativo el PEBD (5,2%) (CEAMSE, 2015). Esta situación refleja la importancia de una política integral que canalice los desechos post consumo a su recuperación. En este sentido, es fundamental el trabajo de concientización a la comunidad y brindar los medios adecuados para dar con una separación del residuo en origen para su recuperación. A su vez, desarrollar los mecanismos de tratamiento del desecho no separado para lograr una recuperación completa del material plástico.

En esta corriente de materiales, el sistema de recolección, separación y tratamiento de los residuos plásticos es fundamental para aumentar la proporción de material reciclado porque la basura doméstica contiene proporciones variables de los distintos plásticos que, además, pueden estar contaminados con aceite y productos químicos. Dado este escenario, la recuperación del desecho doméstico, requiere de un afinado proceso de recuperación en origen, en donde el rol de separación en los hogares es relevante y necesario.

**Recuadro 15. ¿A quién le venden las empresas de recolección de desechos y recuperación de materiales?**

De acuerdo a AFIP, en 2021 las ventas de las empresas registradas de recolección de desechos y recuperación de materiales totalizaron los $216.000 millones de pesos, equivalentes al 0,28% de la facturación de las empresas de la economía. Dentro del sector, la subrama que más explica la facturación es el de Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos, con un 72% (CLAE 381110), seguido por Recuperación de materiales y desechos metálicos, con un 11% (CLAE 382010), Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos con un 9% (CLAE 381200), y Recuperación de materiales y desechos no metálicos con un 8% (CLAE 382020). La distribución del empleo formal es relativamente similar, destacando con un 83% el de Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos.

Al observar el destino de las ventas de estas ramas, pueden destacarse diferentes patrones. Las empresas de Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos (CLAE 381110) se venden en buena medida entre sí, lo cual cobra sentido dado que la actividad incluye diferentes eslabones. Destacan también ramas como hipermercados y supermercados, empresas de transporte de cargas y empresas de recuperación de materiales. Las empresas industriales dan cuenta del 34% de la demanda directa, destacándose ramas diversas ligadas a la industria química, láctea, cervecera, siderurgia, aceitera o papel y cartón. Esta relativa diversificación de clientes se explica porque el propio CLAE es heterogéneo, al abarcar distintas etapas del proceso de post consumo y, a su vez, porque la diversidad de residuos no peligrosos es variada.

El perfil de ventas cambia considerablemente en el segmento de las empresas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos (CLAE 381200). Ganan peso particularmente empresas del sector salud (casi 20%), como obras sociales y hospitales, y también del complejo hidrocarburífero (17%). Dentro de la industria, también destaca la industria del cuero (4% incluyendo el eslabón de curtidos y el de curtientes, que forma parte de la industria química). No obstante, la demanda de empresas industriales en su conjunto es más baja que en el caso anterior, con un 21% del total.

El peso de las firmas industriales se agranda notoriamente en las firmas dedicadas a la recuperación de materiales. En el segmento de materiales metálicos (CLAE 382010), el 86% de la demanda es explicado por la industria, con prácticamente toda la demanda dada por el complejo siderúrgico-metalmecánico. En el segmento de materiales no metálicos (CLAE 382020) la demanda industrial también es muy relevante (70% del total), pero difundida entre muchos más sectores, entre los que destacan la industria del papel y cartón, la plástica, la de acumuladores, pilas y baterías o la de aluminio, entre otras.

*Continúa.*

*Continuación.*

**CUADRO 12. PRINCIPALES RAMAS DEMANDANTES DE LAS EMPRESAS DE RECOLECCIÓN DE DESPERDICIOS Y RECUPERACIÓN DE MATERIALES, 2019**

| CLAE vendedor | Descripción CLAE vendedor | Principales ramas demandantes (a 6 dígitos) | Participación de empresas industriales en la demanda |
|---|---|---|---|
| 381100 | Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos | Otros eslabones del mismo CLAE (21,7%), super e hipermercados (5,7%), otras empresas de recolección y recuperación (4,5%), industrias químicas n.c.p (3,8%), transporte de cargas n.c.p (3,3%), lácteos n.c.p (2,2%) | 34,4% |
| 381200 | Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos | Empresas de salud (19,7%), petróleo y gas (17,2%), otras empresas de recolección y recuperación (9,3%), otros eslabones del mismo CLAE (8,3%), cueros y curtientes (4,2%) | 20,8% |
| 382010 | Recuperación de materiales y desechos metálicos | Industrias básicas de hierro y acero (69,5%), fundición de hierro y acero (3,2%), fundición de metales no ferrosos (2,6%) | 85,8% |
| 382020 | Recuperación de materiales y desechos no metálicos | Fabricación de papel y cartón excepto envases (8,3%); productos plásticos primarios y artículos de plástico (6,6%); acumuladores, pilas y baterías (5,6%); cartón ondulado y envases de cartón (5%); envases de plástico (4,3%); aluminio primario y semielaborados de aluminio (4,2%); pinturas y barnices (3,3%); servicios de aeropuertos (2,3%) | 70,0% |

Fuente: elaboración propia con base en AFIP.

### El reciclado químico como oportunidad para la economía circular en plásticos

Todos los plásticos que se utilizan son potencialmente reciclables. Sin embargo, en la práctica solo se recicla una fracción. Esto se debe, principalmente, a tres cuestiones:

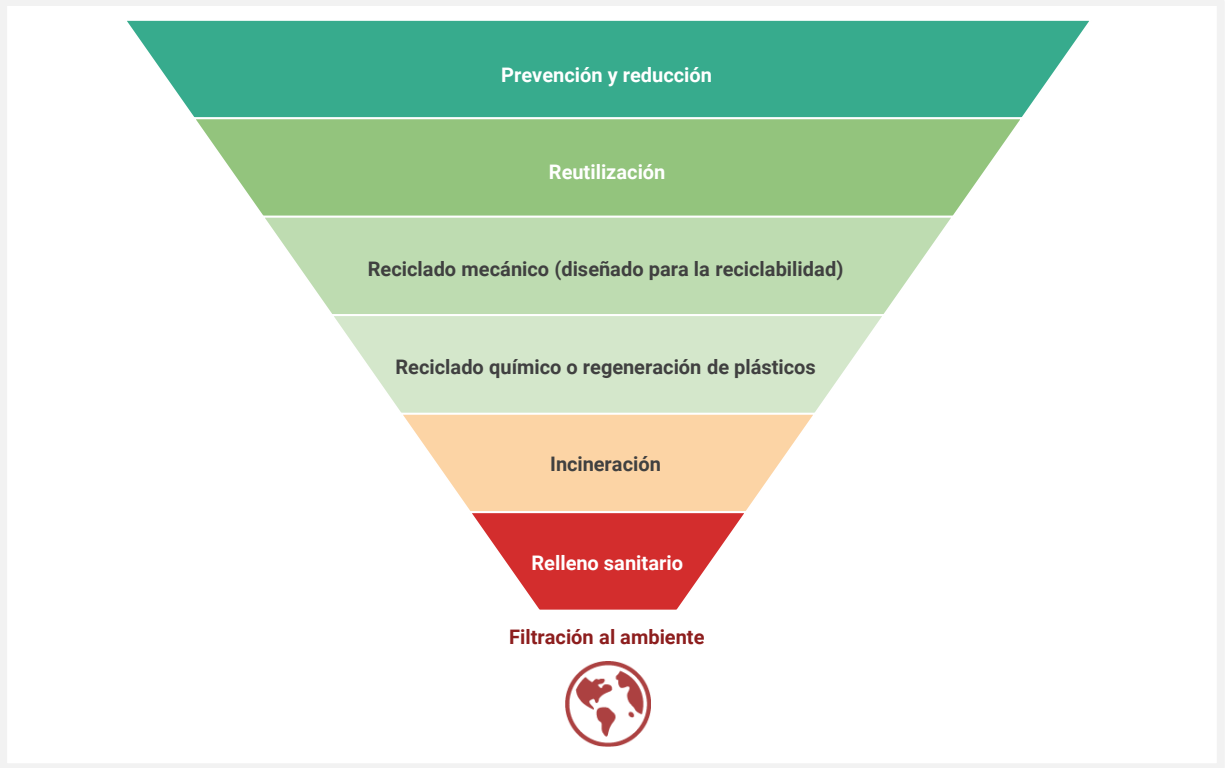
1. Muchos desechos plásticos se encuentran vertidos en basurales. Esto implica que para realizar un tratamiento de reciclado mecánico deben ser separados, clasificados y lavados a un elevado costo con magros resultados y productos de baja calidad.

2. En varias ocasiones los plásticos son utilizados con productos que requieren procesos de lavado y limpieza especializados.

3. Otros productos plásticos poseen una composición de múltiples tipos de plástico lo que genera dificultades para realizar un proceso de separación mecánico adecuado.

A partir de estas dificultades con las alternativas actuales, el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos de circularidad para este conjunto de desechos despierta un gran interés. Entre las alternativas exploradas, emerge el reciclado químico. Los desarrollos actuales en esta materia son múltiples y aún se encuentran en proceso de investigación y perfeccionamiento.

**FIGURA 14. PIRÁMIDE DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS**




Fuente: BCG, traducción propia.

Algunas de las grandes empresas mundiales como BASF, Dow, Chevron Phillips Chemical, Braskem y Sabic ya están apostando a algunas de estas tecnologías e invirtiendo en la puesta en marcha de plantas de reciclado químico y certificaciones de estas tecnologías y procesos, así como también –en conjunto con empresas desarrolladoras de tecnología– en el perfeccionamiento de los mismos.

Como principal antecedente del reciclado químico podemos enumerar el Waste to Energy (WtE) que consistía, por un lado, en tratar el plástico para obtener combustible, y con él generar energía eléctrica. Por otro lado, servía también para reducir el volumen del desecho ya que el residuo sólido resultante disminuye sustancialmente su volumen. Pero desde este paradigma no existe circularidad del desecho, ya que al ser utilizado como combustible para la generación de energía eléctrica, el desecho obtenido son gases de efecto invernadero liberados a la

atmósfera. En este sentido es que se busca que el resultado de la transformación de los desechos resulte en productos que puedan volver a ser reincorporados en la cadena de valor de la industria petroquímica como materia prima.

Existen múltiples procesos para realizar el reciclado químico: gasificación, despolimerización y métodos de agrietamiento (*cracking*) como la pirólisis, entre otros. Esta coexistencia de tecnologías se debe a las características diversas de los residuos tratados, del tipo de materia prima que se desea obtener y al hecho de que estas tecnologías aún están en proceso de maduración y no hay certeza absoluta acerca del sendero tecnológico que terminará prevaleciendo por sobre los demás.

La tecnología más madura en la actualidad y que mayor integración posee en la cadena de valor es la pirólisis. La misma consiste en un procedimiento por el cual se logra la descomposición química de materia orgánica y otros tipos, excepto metales y vidrios. El proceso consiste en calentar a altas temperaturas en completa ausencia de oxígeno. Al aplicar pirólisis a los residuos se obtienen tres productos: un sólido carbonoso, un licor (aceite) y un gas. Los tres productos generados por el proceso son capturados por lo que ningún residuo (dioxinas o furanos) son liberados a la atmósfera. La circularidad se obtiene al recircular el gas y el licor como insumos de la petroquímica y el carbón como un secuestrador de carbono.

A su vez, al descomponer el residuo plástico en materia prima es posible volver a producir plástico virgen sin pérdida de calidad, lo que da certeza a las industrias que lo utilizan como es el caso de las industrias alimenticias.

Desde este análisis, el reciclado químico permite cerrar el círculo con aquellos plásticos que en la actualidad no están siendo recuperados, ni reciclados, ni reutilizados y terminan en basurales o en el ambiente. En este sentido cabe resaltar que el reciclado mecánico es el método más eficiente en términos ambientales y económicos, por lo que el reciclado químico no constituye un sustituto, sino un complemento para alcanzar aquellos plásticos hoy no reciclables.

## Papel y cartón

La industria del papel y cartón tiene dos tipos de fibras como insumo principal: las primarias, que se obtienen directamente de los productos vegetales y las secundarias, que provienen de la reutilización del papel y el cartón. La reciclabilidad de este material alcanza cuatro o seis veces antes de degradarse. Por esa gradual pérdida de consistencia, las fibras secundarias suelen utilizarse para la producción de cartones primero y papeles absorbentes en los ciclos finales. Otros usos de las fibras secundarias son los papeles de diario y la fabricación artesanal de papeles decorativos y cartulinas (PAGE, 2021).

Algo más de un tercio (33%) de la recuperación de papel y cartón se deriva directamente de los procesos productivos. Los “recorteros” retiran los residuos de los lugares de producción para luego comercializarlos a intermediarios o directamente a las industrias (PAGE, 2021). El resto (67%) de la recuperación de los desechos de papel y cartón proviene del post consumo

(Lacabana *et al.*, 2015), siendo los grandes generadores principalmente los supermercados (Mesas de Economía Circular, 2020) y los hogares. A diferencia del circuito industrial, en este caso la recolección, clasificación, acondicionamiento y comercialización es realizada principalmente por los recuperadores urbanos.

La corriente de papel y cartón es de alta relevancia para los recuperadores urbanos dado que pueden recolectar cantidades grandes de los residuos domésticos y comerciales, la logística y el tratamiento es viable y los mercados son accesibles. La rentabilidad de las organizaciones de recuperadores depende de su escala, equipamiento, estructura y la posibilidad de vender directamente a las industrias o indirectamente a través de agentes acopiadores (PAGE, 2021).

El sector que utiliza el papel y cartón recuperado como insumo son las grandes empresas de la industria fabricante de papel y cartón, como Arauco Argentina, Tetra Pack, Celulosa Argentina, Papel Prensa, Egger Argentina Papelera Andina - Zucamor Cuyo, Smurfit Kappa Argentina, Papelera Entre Ríos SA, Cartocor SA, Zucamor, Interpack SA, Rainap, Papelera del Plata y Papelera Tucumán, entre otras. Principalmente, el material reciclado se utiliza como insumo para la producción de productos de menor calidad y abastece al consumo interno, que en un 47% es abastecido con insumos reciclados (PAGE, 2021). Los residuos utilizados por la industria provienen de los grandes generadores como supermercados (15%), automotrices y otros (10%), intermediarios (60%) y cooperativas (15%) (Mesas de Economía Circular, 2020). Al observar la cadena de valor de recuperación a nivel industrial se pueden diferenciar tres etapas:

- **Primera etapa:**[62] se compone de las empresas fabricantes de pasta celulósica, elaborada mediante la transformación de material forestal implantado.
- **Segunda etapa**: la pasta celulósica es el principal insumo con el cual se procede a la fabricación de distintos artículos a base de papel y cartón que son utilizados por prácticamente todas las ramas industriales como envases para los productos que comercializan, entre otros usos.
- **Tercera etapa**: finalmente la cadena de valorización continua con la recolección del papel y cartón desechado a nivel del proceso industrial, comercial y de post consumo realizado por los recolectores urbanos.

En el cuadro 13 que se presenta a continuación se enumeran las empresas y cantidad de trabajadores involucrados en cada etapa de las mencionadas.

El material recuperado no alcanza para abastecer a la industria del papel, por lo cual los insumos son complementados con importaciones de recortes de papel y cartón. Las importaciones provienen principalmente de Estados Unidos, Chile y Uruguay. El cuadro 13 refleja la evolución de la importación de residuos en toneladas desde 2014 hasta 2019. Si bien menos de un 10%

[62] En rigor, el primer eslabón de la cadena lo componen, en una primera etapa, las empresas productoras de bosque implantado para la obtención de rollizos, principal insumo con el que en la etapa siguiente se obtiene la pasta celulósica.

del recorte utilizado como insumo proviene del exterior, se percibe una fluctuación relevante en las cantidades importadas.[63] El resto es adquirido a partir de la recuperación local.

**CUADRO 13. EMPRESAS Y EMPLEO EN LA CADENA DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS DE PAPEL Y CARTÓN. TOTAL DE EMPRESAS REGISTRADAS EMPLEADORAS, SEGÚN SU ACTIVIDAD PRINCIPAL Y TOTAL DE EMPLEO REGISTRADO PROMEDIO ANUAL. 2021**

| | Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fabricación de pasta celulósica | Fabricación de papel, cartón, envases y otros artículos | Recuperadores no metálicos | Recuperadores de residuos no peligrosos | |
| Total empresas | 4 | 975 | 156 | 217 | 1.352 |
| Total empleo | 1.782 | 33.660 | 1.968 | 29.974 | 67.384 |

Nota: en el cuadro anterior se omite a las actividades que utilizan papel y cartón como insumo ya sea para impresiones, etiquetas, envases, envoltorios, etc. Esto es por el hecho de que prácticamente todas las actividades económicas en la actualidad hacen uso en mayor o menor medida del papel y cartón. De esta forma, esta corriente debe ser contemplada a nivel transversal a los sectores de actividad. Los actores mencionados son los que intervienen de forma directa en la generación del material que luego busca ser recuperado.

Fuente: elaboración propia con base en INDEC y AFIP. Lista de CLAE considerados: 170101, 170102, 170201, 170202, 170910, 170990, 381100, 382020

**CUADRO 14. IMPORTACIÓN DE RECORTES DE PAPEL Y CARTÓN EN TONELADAS**

| Años | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Toneladas de papel y cartón | 37.465 | 41.835 | 40.465 | 12.576 | 45.137 | 92.978 |

Fuente: Unidad de Movimientos Transfronterizos - UMT - Mesas de Economía Circular, 2020.

### Residuos postconsumo

Tal como fue mencionado anteriormente, el grueso del papel y cartón se recupera en la fase de post consumo. En gran medida esto es así por el hecho de que la gran cantidad de artículos de consumo masivo que se fabrican son transportados hacia su destino en envases de cartón (electrodomésticos, juguetes, productos electrónicos, repuestos, etc.). A su vez, en este caso del papel y el cartón cobra un rol relevante la actividad relacionada al comercio minorista, que es quien compra artículos de consumo masivo a granel y dispone luego a los consumidores la posibilidad de consumir en unidades individuales. Por esta razón los comercios se constituyen como un actor clave para la separación del material de papel y cartón para su recolección y posterior tratamiento. Otro dato que refuerza el argumento de la relevancia en la fase de post

[63] Esta fluctuación se explica más por la decisión política de la apertura a la importación que por cambios en la producción.

consumo es que el papel y cartón es el segundo grupo de residuos de mayor volumen en los hogares, ocupando el 14,4% del total (CEAMSE, 2015), por lo que es posible estimar que anualmente se desechan unos 2,8 millones de toneladas de papel y cartón en el país. Esta situación cobra especial relevancia teniendo en cuenta que a nivel municipal existe un bajo nivel de separación en origen del material desechado por los hogares, lo que deja entrever una fuerte potencialidad de estas corrientes de desperdicio para incrementar su volumen de recuperación.

Gran parte de la industria tiene capacidad de producción a partir de papel y cartón 100% reciclado; de hecho, algunas solo están preparadas para trabajar a partir de residuos. Sin embargo, se encuentran con dos grandes faltantes a nivel nacional: papel de diario y revista (Mesa de Economía Circular de Papel y Cartón, 2020).

La corriente de desperdicio exige para su recuperación un gran volumen de material para ser comercializado a las papeleras, por lo que demanda grandes esfuerzos para acopiar material e imponen un paso intermedio entre los recolectores y la industria transformadora. Cobran especial relevancia aquellos recolectores que se encuentran organizados en cooperativas o federaciones que logran contar con la infraestructura adecuada para acopiar y mejorar las condiciones de intercambio. Esto contrasta con lo que ocurre con aquellos recolectores individuales –por lo general informales– que deben vender el material recolectado a acopiadores o "galponeros" que reducen hasta un 40% el precio del material (PAGE, 2021).

**Recuadro 16. ¿Qué características tienen las empresas industriales que utilizan residuos para generar valor agregado?**

La Encuesta Nacional de Empleo e Innovación (ENDEI) de 2014-16 se realizó a casi 4.000 firmas industriales de más de 10 trabajadores y cuenta con un módulo específico sobre prácticas ambientales. En dicho módulo, se pregunta a la firma acerca de si implementa prácticas como por ejemplo utilizar residuos para generar subproductos con valor agregado.

El 11% de las firmas industriales realizó esta práctica, aunque con grandes diferencias sectoriales. Las ramas en donde es más frecuente es la automotriz (53,9% de las firmas), madera (24,6%), tabaco (20%), caucho y plástico (17,4%) y vinos y otras bebidas fermentadas (17,0%). En el otro extremo se encuentran firmas de equipamiento de transporte no automotriz (2%), refinación de petróleo (2,3%) e instrumentos médicos (3,5%).

El 68% de las firmas que implementaron esta práctica lo hizo buscando mejorar la reputación de la empresa. Además, un 48% mencionó que lo hizo para adaptarse a regulaciones ambientales, un 20% para adaptarse a exigencias del mercado, un 17% para satisfacer reclamos medioambientales de la comunidad local y un 3% para conseguir financiamiento. Esta última cifra solo superó el 20% en ramas como la tabacalera o la farmacéutica.

Al mirar más en detalle factores que correlacionan con la implementación de estas prácticas, puede verse que en general las firmas de mayor productividad (que suelen ser las de mayor escala, las de mayor innovación y las de mayor salida exportadora) son las que más las aplican. En efecto, controlando por tamaño de empresa, orientación exportadora de la producción, intensidad de innovación, origen del capital, ubicación y antigüedad de la firma y rama:

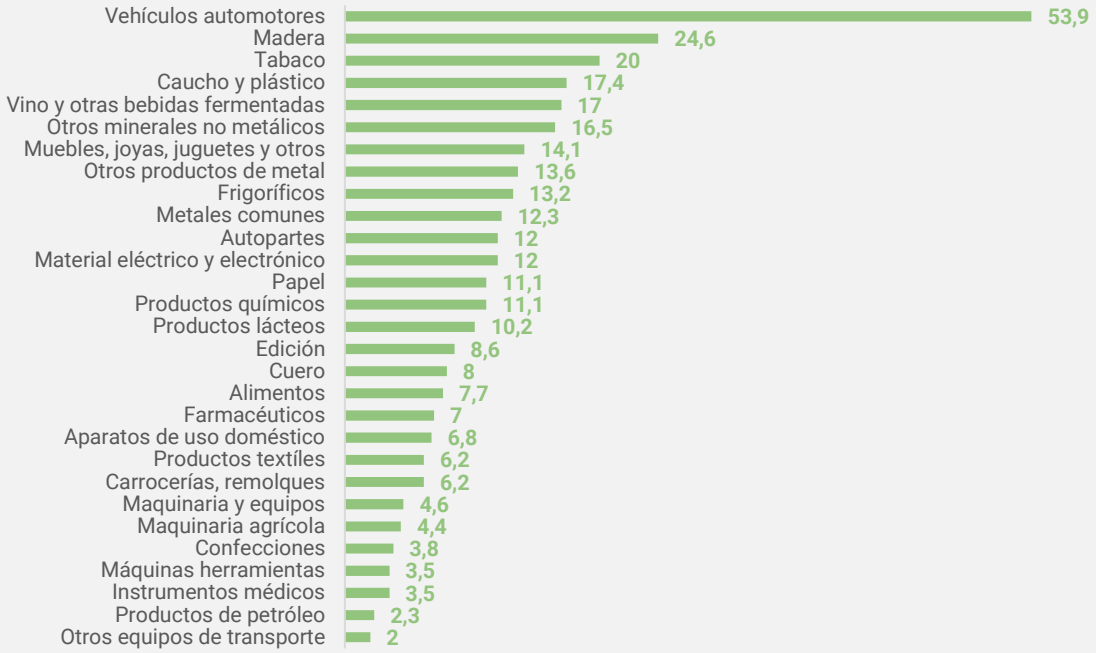
*Continúa.*

*Continuación.*

- A mayor tamaño de empresa, mayor probabilidad de aplicar esta práctica. Las firmas de 500 o más trabajadores tienen 27 puntos porcentuales más de probabilidades de implementar estas prácticas que las de entre 10 y 25.
- Las firmas más orientadas a la exportación tienen mayor probabilidad de aplicarla. Aquellas que exportan más del 50% de la producción tienen 8 puntos porcentuales más de probabilidad de implementar estas prácticas que las que no exportan.
- Las firmas que realizan actividades de innovación tienen 5 puntos porcentuales más de probabilidad de implementar estas prácticas que las que no innovan.
- Las firmas del Norte Grande tienen 13 puntos porcentuales más de probabilidad de implementar estas prácticas que las del AMBA.
- No hay correlación entre la probabilidad de implementar esta práctica y el origen del capital ni la antigüedad de la empresa.

Los datos surgen de una estimación econométrica, cuyo resultado detallado puede verse en el anexo 3.

**GRÁFICO 37. PORCENTAJE DE FIRMAS INDUSTRIALES DE MÁS DE 10 TRABAJADORES QUE UTILIZARON RESIDUOS PARA GENERAR SUBPRODUCTOS CON VALOR AGREGADO POR RAMA, 2014-16**




Fuente: elaboración propia en base a la ENDEI II del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

## Vidrio

El vidrio es un material compuesto por arena de sílice, carbonato de sodio y caliza fundidos a altas temperaturas que se caracteriza por ser translúcido y versátil, aunque de poca resistencia mecánica.

Dado que el vidrio se puede volver a fundir sin perder calidad, las industrias de fabricación de envases de vidrio incorporan insumos reciclados para la producción, ahorrando materia prima y energía. Además de la industria de envases para alimentos y bebidas, el vidrio tiene otros usos como la fabricación de ladrillos, de productos cerámicos, superficies aislantes y decorativas, sistemas de filtración de agua, entre otros (PAGE, 2021).

Los principales generadores de este residuo son las empresas fabricantes de vidrio y productos de vidrio, la industria alimentaria y el sector de la construcción (PAGE, 2021). Respecto a las empresas fabricantes de envases de vidrio, elaboración de vidrio plano y fabricantes de otros productos de vidrio en 2021 hubo 186 empresas empleadoras registradas que emplearon a un total de 7.684 trabajadores registrados, ubicados mayormente en la provincia de Buenos Aires (63%, destacando Quilmes, Berazategui, Lomas de Zamora y Vicente López), Mendoza (9%) y Santa Fe (8%). Con una tasa de empleo registrado del 75% (con un 25% distribuido en partes similares en empleo informal y no asalariado), aproximadamente la industria tiene un total de unos 10.000 empleos directos.[64]

Hay dos subcorrientes de vidrio: el cristal que se utiliza para la fabricación de ventanas y cristalería y el vidrio común. Estas subcorrientes no pueden mezclarse porque precisan procesos de reciclado diferenciados.

Las empresas que utilizan vidrio reciclado son Owen Illinois, Glass Beads, Cattorini S.A., Veralia S.A. y algunas PyME, el sector de la construcción y fabricantes de envases de la industria alimenticia/bebida (PAGE, 2021).

En cuanto a la importación, la empresa Cattorini Hnos. importa vidrio roto post consumo y post industrial libre de contaminantes. La empresa Owen Illinois Argentina importa scrap de vidrio triturado, limpio y lavado. Glass Beads importa recortes de vidrierías o scrap de vidrio post industrial y post consumo. Por último, hace algunos años Nuevas Cristalerías Avellaneda realizó una importación, pero no ha vuelto a solicitar autorización desde el año 2016.

El siguiente cuadro muestra las cantidades importadas por empresa y por año.

[64] Datos proyectados a partir de la EPH del INDEC, tomando tasas del período 2016-2021.

**CUADRO 15. IMPORTACIÓN DE VIDRIO EN TONELADAS ANUALES**

| Empresas \| Años | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Glass Beads | 1.674 | 2.977 | 1.921 | 2.166 | 1.326 | 1.358 |
| Owens Illinois Argentina | 2.997 | | 702 | 869 | 216 | |
| Cattorini Hnos. | | | | 162 | 675 | 364 |
| Nuevas Cristalerías Avellaneda | | | 864 | | | |
| **Totales** | **4.671** | **2.977** | **3.487** | **3.197** | **2.217** | **1.722** |

Fuente: Mesas de Economía Circular, 2020.

### Residuos postconsumo

Según se pudo recabar en las Mesas de Economía Circular, y otras fuentes, el sector de recuperadores urbanos atraviesa diversas dificultades para realizar una recolección del vidrio adecuadamente. Entre los principales elementos a resaltar se destaca:

- Existen complicaciones para el transporte y logística generando dependencia con intermediarios para acopio como para transporte.
- Los precios que se pagan por el material son bajos (aún separando por color). Esto es producto de las condiciones estructurales de la cadena en donde dos grandes empresas concentran el mercado e influyen fuertemente en la determinación del precio del material recolectado.
- La separación por color -que al brindar una oferta más específica según los requerimientos de producción podría aumentar el precio- requiere mayores espacios de acopio que no compensan la diferencia en la ganancia.

Los aspectos antes mencionados generan desincentivos a los recuperadores para trabajar en la recuperación de estas corrientes de desperdicio. Se agrega que en la actualidad no existe una normativa que genere mayores incentivos o responsabilidades que dinamice esta corriente de recuperación.

## Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

A nivel nacional no existe una ley específica que regule el tratamiento de los RAEE. Pero dado que contienen sustancias y componentes peligrosos, en la mayoría de los casos se les aplica la ley 24.051 de Residuos Peligrosos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Por otro lado, la Constitución Nacional establece que algunas competencias son propias de las jurisdicciones provinciales y otras son compartidas entre el estado nacional y los provinciales. Por esta razón muchas constituciones provinciales prohíben el ingreso de residuos peligrosos a sus

territorios, lo cual complica el traslado de los RAEE o sus partes a lo largo de todo el país. Sin embargo, mientras los equipos se mantengan enteros, los RAEE o sus componentes no deberían considerarse residuos peligrosos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Otras dos leyes nacionales enmarcan el tratamiento de estos materiales: la 25.675 General del Ambiente y la 25.916 de Presupuestos Mínimos para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios

Además, los RAEE son alcanzados por los siguientes convenios internacionales: Convenio de Basilea, sobre Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación; Convenio de Estocolmo, sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes; Convenio de Rotterdam, sobre Comercio de Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos; Convenio de Viena y Protocolo de Montreal, para la Protección de la Capa de Ozono; y Convenio de Minamata sobre el Mercurio.

Si bien a nivel provincial existen algunas leyes que aplican el principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) en sus jurisdicciones, son de difícil aplicación al no tener alcance a nivel nacional (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Estos residuos presentan la dificultad de encontrarse en gran volumen, en poder de los hogares por lo que su tratamiento post consumo debe articularse mediante un trabajo de separación en origen bajo injerencia municipal lo que dificulta aún más el cumplimiento de las normativas vigentes.

Argentina es el tercer generador de RAEE en América Latina –por detrás de Brasil y México– y sólo recupera alrededor del 3%. A su vez los RAEE contienen metales que no pueden ser recuperados en Argentina –por ejemplo: los circuitos impresos (placas electrónicas)– y se exportan. La cadena de recuperación está compuesta principalmente por empresas privadas que generan unos 200 empleos aproximadamente, cooperativas que recolectan estos materiales y recuperadores informales -alrededor de 2.000- (PAGE, 2021; Maffei *et al.*, 2020).

La cadena de los RAEE se compone de las siguientes etapas:

- **Primera etapa**: en la parte inicial de la cadena de generación de estos desperdicios se encuentran todos los fabricantes de componentes, equipos, instrumentos, aparatos, equipamiento eléctricos o electrónicos y aquellas empresas dedicadas a la reparación.
- **Segunda etapa**: consiste en los hogares, las empresas y las instituciones, que descartan los equipos una vez utilizados. También se encuentran aquí los recuperadores urbanos.
- **Tercera etapa**: las empresas dedicadas al reciclado de RAEEs.

En el cuadro 16 se enumeran la cantidad de empresas fabricantes de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), el volumen de empleo que estas empresas generan y las empresas recuperadoras de residuos peligrosos. Se excluye la dimensionalidad en la etapa dos, de la cadena de recuperación, por involucrar a prácticamente toda la población, empresas de todos los sectores y las múltiples instituciones que se encuentran en funcionamiento.

**CUADRO 16. EMPRESAS Y EMPLEO EN LA CADENA DE RECUPERACIÓN DE RAEES. TOTAL DE EMPRESAS REGISTRADAS EMPLEADORAS, SEGÚN SU ACTIVIDAD PRINCIPAL Y TOTAL DE EMPLEO REGISTRADO PROMEDIO ANUAL, 2021**

| | Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 | Total |
|---|---|---|---|---|
| | Fabricantes de AEE y empresas dedicadas a la reparación | Generadores del residuo (Hogares, empresas, instituciones) | Recuperadores de residuos peligrosos | |
| Total empresas | 2.958 | - | 88 | 3.046 |
| Total empleo | 69.459 | - | 2.373 | 71.832 |

Fuente: elaboración propia con base en INDEC y AFIP. Lista de CLAE considerados: 261000, 262000, 263000, 264000, 265101, 265102, 265200, 266010, 266090, 267001, 267002, 268000, 271010, 271020, 272000, 273110, 273190, 274000, 275010, 275020, 275091, 275092, 275099, 279000, 281201, 281301.

**Recuadro 17. Casos ejemplo de empresas que procesan los RAEE**

El Laboratorio de Metalurgia Extractiva (LME) de San Luis trabaja en la recuperación de metales preciosos para su reutilización, mediante procesos alternativos y beneficiosos para el ambiente. Realizan extracción de metales de minerales con métodos pirometalúrgicos (extracción mediante exposición a altas temperaturas). Investigan y estudian las posibilidades de extracción de litio y otros metales preciosos de baterías agotadas de celulares. Mediante la pirometalurgia, se consigue recuperar material de un desecho, que puede ser reciclado y reutilizado sin dañar al ecosistema en el proceso.

La empresa Reciclarg se ubica en Mendoza y desarrolla procedimientos para convertir los residuos eléctricos y electrónicos en un recurso. Brindan servicios de transporte; gestionan puntos limpios para empresas y organismos públicos; ofrecen tecnología realizada a partir de material recuperado.

## Residuos postconsumo

En la corriente de los RAEE –al igual que en plástico, papel y cartón–, los residuos domésticos son muy representativos. La diferencia respecto a las antes mencionadas radica en el bajo nivel de concientización y/o el desconocimiento de los hogares sobre cómo realizar un correcto tratamiento para su recuperación. A su vez, al ser en general aparatos durables y que en muchos casos son descartados aun cuando partes del equipos se encuentran en funcionamiento, existen canales de reutilización de las partes y componentes de estos aparatos, por lo general informales. En este sentido cobran especial relevancia los mecanismos de control que pudieran ser implementados por las autoridades para lograr una correcta canalización del desecho para su recuperación, por un lado y, por el otro, sería importante articular con los hogares mecanismos eficientes para su descarte y minimizando la cantidad de RAEE que termina en el desecho sanitario.

Actualmente, se trabajan diversas propuestas normativas para promover la gestión adecuada de los RAEE. Asimismo, el análisis de la capacidad instalada disponible para la gestión de estos residuos permitirá conocer cuál es la situación actual e identificar oportunidades de mejora.

A modo de referencia, se menciona el funcionamiento de este sector en la Unión Europea. En el bloque, los productores, distribuidores y comercializadores de RAEE deben contribuir a garantizar su correcta eliminación y tratamiento. Esto los obliga a:

- Inscribirse en los registros de las autoridades nacionales competentes de cada país donde distribuyan o vendan tales equipos
- Presentar un informe periódico sobre la cantidad de aparatos eléctricos y electrónicos vendidos
- Organizar o financiar la recogida, tratamiento, reciclado y valorización de sus productos.

## Neumáticos fuera de uso (NFU)

Los neumáticos fuera de uso se componen principalmente de caucho (80%) aunque intervienen también otros materiales como textiles y acero (en menor porcentaje). La problemática de su gestión se debe al gran volumen que ocupan y su bajo nivel de biodegradabilidad.

Algunos tipos de neumáticos pueden ser reacondicionados, pero solo de manera limitada. Las opciones de reutilización al final de la vida útil de los neumáticos son: i) la incineración en hornos cementeros, ii) la trituración mecánica y la posterior incorporación en mezclas asfálticas, cubiertas de canchas deportivas, etc., iii) la disposición final en rellenos sanitarios o basurales a cielo abierto. En Argentina, con los NFU que son tratados se elaboran productos de goma, insumo para asfaltos y combustible alternativo en los hornos de las cementeras.

La cadena de valor de esta corriente de desperdicio se divide en las siguientes etapas:

- **Primera etapa:** se inicia con las empresas fabricantes de cubiertas y cámaras, autopartes a base de caucho y fabricación de otros productos de caucho. A su vez existe un conjunto de empresas dedicadas al recauchutado, renovación y reparación de cámaras y cubiertas.

- **Segunda etapa:** Los fabricantes generan desperdicio que es canalizado hacia los centros de tratamiento o disposición final. Por otra parte, son las empresas, hogares e instituciones quienes utilizan estos productos que una vez usados son desechados.

- **Tercera etapa:** tanto en el caso del desecho por la vía del *scrap* industrial como por la vía del desecho post consumo intervienen para su recuperación los recolectores urbanos como las empresas de recolección y recuperación de desechos sólidos no peligrosos.

En el cuadro 17 que se presenta a continuación se indican la cantidad de empresas empleadoras registradas y la cantidad de trabajadores empleados para cada una de las etapas mencionadas. Al igual que como sucede con los RAEE los NFU son residuos de generación universal lo que implica que los generadores del residuo son prácticamente todas las personas, empresas e instituciones.

**CUADRO 17. EMPRESAS Y EMPLEO EN LA CADENA DE RECUPERACIÓN DE NFU, TOTAL DE EMPRESAS REGISTRADAS EMPLEADORAS, SEGÚN SU ACTIVIDAD PRINCIPAL Y TOTAL DE EMPLEO REGISTRADO PROMEDIO ANUAL (2021)**

| | Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 | | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fabricantes de cámaras, cubiertas y otros productos de caucho. Recauchutado, renovación y reparación de cámaras y cubiertas | Generadores del residuo (Hogares, empresas, instituciones) | Recupera-dores de residuos no metálicos | Recupera-dores de residuos no peligrosos | |
| Total empresas | 822 | - | 156 | 217 | 1.195 |
| Total empleo | 13.969 | - | 1.968 | 29.974 | 45.911 |

Fuente: elaboración propia con base en INDEC y AFIP. Lista de CLAE considerados: 221110, 221120, 221901, 221909, 381100, 382020, 452210.

En Argentina se generan aproximadamente entre 130.000 y 150.000 toneladas de neumáticos fuera de uso (NFU) por año (Mesas de Economía Circular, 2020). El 95% de los NFU proviene de autos y camionetas, el 3,9% de camiones y el 1,1% de uso agrícola e industrial (PAGE, 2021). Adicionalmente, existe una generación de aproximadamente 2.000 toneladas. anuales procedentes de la minería dado el uso de grandes equipos rodantes que utilizan cubiertas. Con la apertura de nuevos proyectos mineros, se estima que la cifra se podría duplicar. Actualmente se estima que existe un pasivo (neumáticos que ya fueron descartados y aún no reciclados) de aproximadamente 40.000 a 60.000 toneladas (PAGE, 2021).

De las empresas productoras en el país, se calcula que aproximadamente el 40% de los neumáticos son producidos por FATE, el 30% por Bridgestone y el otro 30% Pirelli. Se estima que el promedio anual de los neumáticos puestos en el mercado es de entre 8 y 10 millones de neumáticos (Mesas de Economía Circular, 2020).

Los neumáticos para la minería son importados directamente por las empresas mineras y son de las marcas Good Year y Michelin. Por su parte, los neumáticos para motos también son importados, salvo una porción que es producida por IMPERIAL CORD, que es fabricante de neumáticos de bicicletas y motos.

La producción de cubiertas y recámaras se concentra casi íntegramente en la provincia de Buenos Aires, que explica el 95% del empleo, particularmente en los partidos de San Fernando, Lomas de Zamora y Merlo que es donde se radican las tres grandes empresas del sector.

**CUADRO 18. INDUSTRIAS PRODUCTORAS E IMPORTADORAS DE NEUMÁTICOS**

| | Tipos de neumáticos | |
|---|---|---|
| **Empresa** | **Produce** | **Importa** |
| Fate | Auto / camión / autobús / agro / vial / tractor | |
| Bridgestone | Auto / camioneta / agro / tractor | Auto / camión / fuera de rueda |
| Pirelli | Auto / camioneta | Auto / camión |
| Good Year | - | Auto / camioneta / camión / autobús / fuera de ruta / viales |
| Michelin | - | Auto / camioneta / camión / autobús / agro / construcción / viales / industriales /portuarios |
| Prometeo | - | Camión |
| Dunlop | - | Auto / camioneta / camión / autobús |
| Continental | - | Auto / camioneta / camión |
| Titan | - | Agro / tractor |

Fuente: Mesas de Economía Circular.

Según lo relevado en las Mesas de Economía Circular (2020), las empresas que procesan los neumáticos en el país son:

- Regomax (AMBA). Se ubica en el predio de CEAMSE en la provincia de Buenos Aires y en 2020 procesaban entre 800 y 1.000 toneladas mensuales. En 2019 produjeron un promedio de 500 toneladas por mes de caucho granulado.
- Diego Remorini. Recibe aproximadamente 1000/1200 NFU por mes provenientes de recapadoras, comunas y municipios. Actualmente funciona a un 20% de su capacidad instalada.
- Kumen Co (Santa Fe). En 2020 producía aproximadamente 60 toneladas de caucho granulado por mes, un uso del 40% de su capacidad instalada.
- Eco-Cuyum (Mendoza). Produce aproximadamente 70 tn por mes de caucho procesado en distintas granulometrías. Además, tiene producción propia de moldeados pisos in situ, pisos eco drenantes, reductores de velocidad, divisiones de ciclo vías, entre otros.
- Worms (Santa Fe). Tiene una capacidad de producción de caucho granulado 1.460 tn mensuales.
- Otras empresas son Indram S.A. (San Juan), Tricaucho (AMBA), Ecovalor (Córdoba)..

Por su parte, las empresas en condiciones de elaborar asfalto son YPF, Shell, Pan American Energy y Trafigura Argentina (Pampa y Puma). En tanto, las cementeras que incorporan NFU son: Holcim y Loma Negra, Petroquímica Comodoro Rivadavia y Cementos Avellaneda.

Además de los mencionados, otros actores relevantes son:

- Asociación de Fabricantes de Autos (ADEFA).
- Cámaras de Importadores y Fabricantes de Motos.
- Federación Argentina de Neumáticos (FAN).
- Cámaras de empresas del Transporte de Carga y de Pasajeros (FADEEAC / CATAC / CEPUBA /AETA/CELADI).
- Federación Argentina de Reconstructores (FAR).
- Cámara Argentina de Empresas Mineras (CAEM)
- Municipios.

La cadena de recuperación de los NFU presenta tres grandes desafíos:

- La gestión de la logística inversa, es decir, cómo llegan los neumáticos desde el consumidor hasta el centro de procesamiento y quién carga con ese costo.

- La capacidad tecnológica del procesamiento, sobre todo para los NFU de vehículos de mayor porte.

- La articulación y adecuación normativa con los usuarios del material procesado.

## Caracterización del sector de recuperadores y recicladores

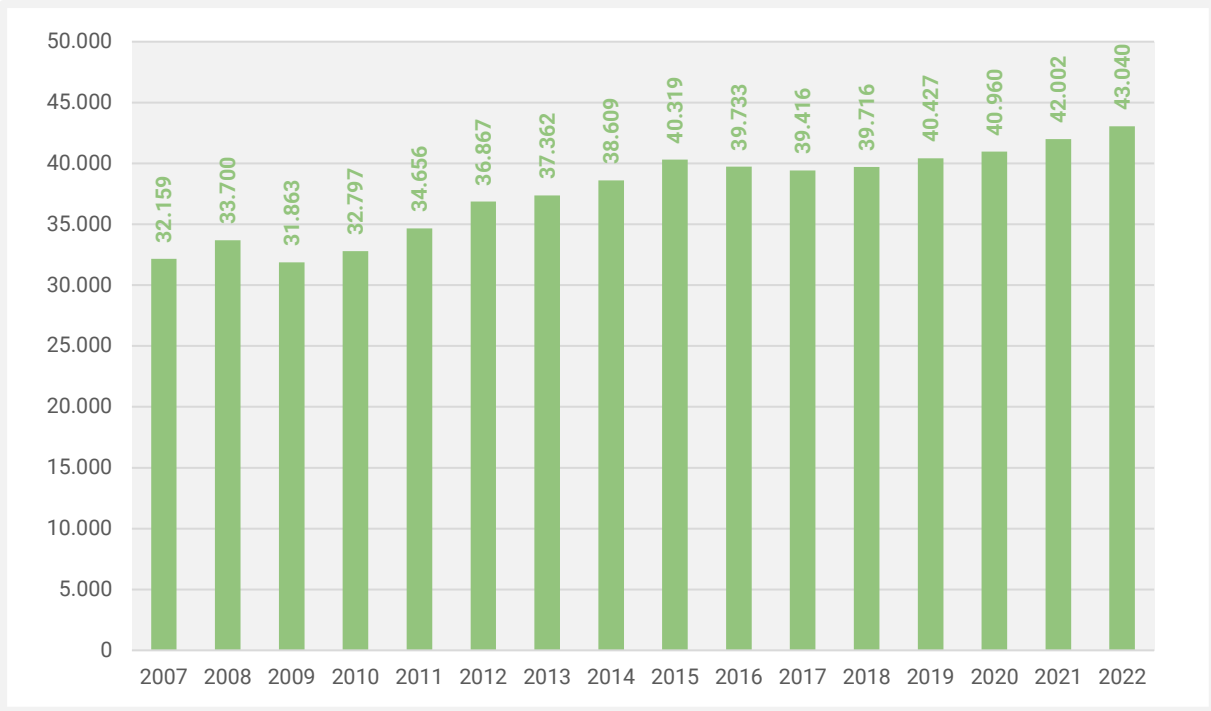
Como se mencionó, el sector de los recuperadores y recicladores urbanos es un actor indispensable para comprender la actualidad de la economía circular en Argentina.

De acuerdo a datos de AFIP, el sector de recolección de desechos y recuperación de materiales de distinto tipo –no solo chatarra– (todos los CLAE iniciados con 38) tuvo en 2021 aproximadamente 38.000 puestos de trabajo asalariados formales. Asimismo, si se suma el segmento de comercio mayorista de bienes intermedios en base a desechos (como textiles, metálicos, de papel, cartón, etc.), se tiene un total de 42.000 puestos de trabajo asalariados registrados en 2021. Esta cifra viene creciendo en los últimos 15 años: en efecto, desde 2007 se crearon alrededor de 10.000 nuevos puestos de trabajo asalariados formales en el sector. Alrededor del 75% del empleo formal del sector lo explica el segmento de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos (CLAE 381100). Aquí tienen peso relevante empresas de recolección de basura tales como Covelia, Solbayres o Cliba, y también se contabiliza el empleo en el CEAMSE.

Las características del empleo son bastante diferentes según se trate de la actividad propiamente dicha de recolección de desechos y recuperación de materiales (CLAEs iniciados con 38) que de comercio mayorista de bienes intermedios a partir de desechos, en donde la

Encuesta Permanente de Hogares de INDEC (EPH-INDEC) computa buena parte del empleo de cartoneros y otros recuperadores urbanos.

**GRÁFICO 38. PUESTOS DE TRABAJO ASALARIADOS REGISTRADOS EN RECOLECCIÓN DE DESPERDICIOS, RECUPERACIÓN DE MATERIALES Y COMERCIO MAYORISTA DE BIENES INTERMEDIOS PROVENIENTES DE DESECHOS, 2007-2012**




Fuente: elaboración propia en base a AFIP.

Según la EPH, la composición del empleo en el sector de recolección de desechos y recuperación de materiales[65] muestra un 62% de asalariados registrados, un 23% de asalariados no registrados y un 15% de empleo no asalariado. De este modo, proyectando los datos de empleo registrado se estima alrededor de 61.000 puestos de trabajo en el sector. La relativamente alta formalidad de este segmento se explica en buena medida por la presencia de empresas grandes dedicadas a la recolección de basura, algunas de las cuales fueron mencionadas anteriormente.

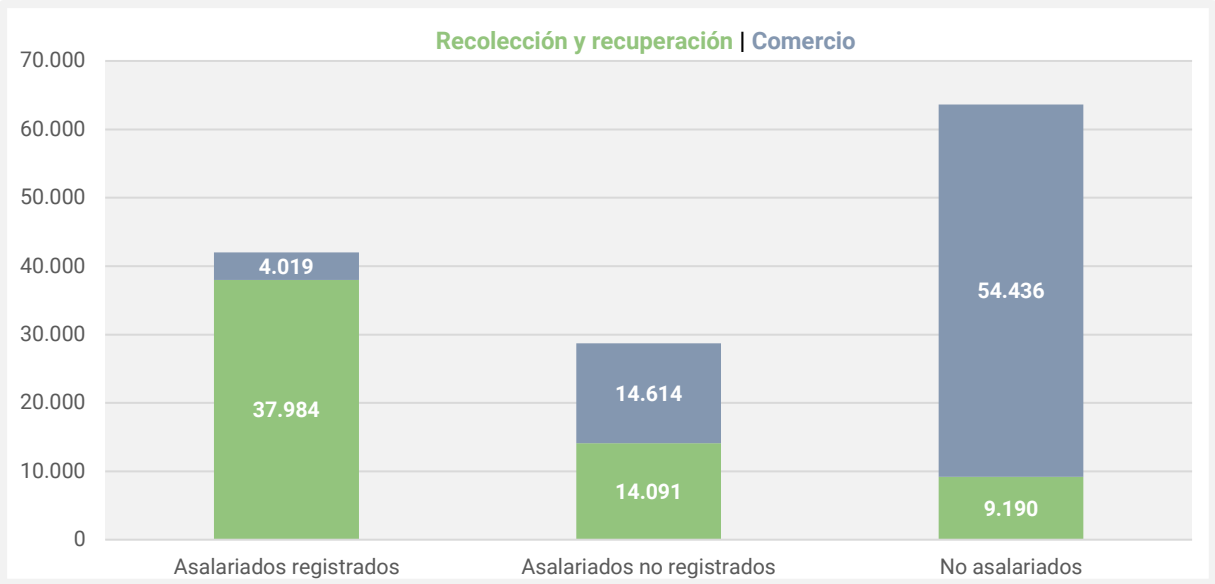
En el eslabón de recuperadores que se dedican al comercio de bienes intermedios a base a desechos,[66] la tasa de formalidad es bajísima: apenas un 5,5%. Un 20% del empleo es asalariado informal y el 74,5% restante es no asalariado, mayormente cuentapropista. Proyectando los datos de empleo formal que surgen del SIPA, se estiman en total 73.000 puestos de trabajo en

[65] CAES Mercosur 3800.

[66] A partir de consultas con INDEC, se estimó en la EPH a partir del CAES Mercosur 4807 (Comercio de mercaderías n.c.p. incluso mercaderías usadas), filtrando únicamente a quienes trabajan mayormente en la calle.

este segmento. De esta manera, sumando lo anterior **puede estimarse que existen 134.000 puestos de trabajo,** de los cuales casi la mitad son no asalariados, casi un tercio asalariados registrados y poco más de un 20% asalariados informales. Otras estimaciones calculan cifras un tanto mayores, entre 150.000 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Desarrollo Social, 2022) y 200.000 personas, con un 10% organizado en cooperativas (PAGE, 2021).

**GRÁFICO 39. COMPOSICIÓN DEL EMPLEO EN RECOLECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE DESECHOS Y COMERCIO MAYORISTA DE BIENES INTERMEDIOS EN BASE A DESECHOS POR CATEGORÍA OCUPACIONAL (ESTIMACIÓN 2021)**




Fuente: elaboración propia en base a AFIP y EPH-INDEC. Para el segmento formal se tomaron los CLAE 381100, 381200, 382010, 382020, 466910, 466920, 466939, 466940 y 466990. Para estimar la informalidad y el empleo no asalariado se recurrió a la EPH del INDEC. Se tomaron las tasas de empleo no registrado y no asalariado del promedio 2016-2021 para el CAES 3800 y el CAES 4807 (solo en aquellas personas que trabajan en la calle).

Hay otras características relevantes en el empleo del sector. En primer lugar, de acuerdo a la EPH, los ingresos laborales son muy inferiores al promedio de la economía, y por tal razón, la tasa de pobreza en los ocupados es notoriamente superior a la media de los ocupados (24% en el período 2016-2021), con un 44% en los trabajadores de recolección/recuperación y un 62% en el segmento de comercio, que como se dijo incluye a buena parte de recuperadores.

En segundo orden, se trata de un empleo compuesto mayormente por personas de bajo nivel educativo: en el segmento de recolección/recuperación el 64% de los ocupados no terminó la secundaria, 30 puntos por encima de la media de los ocupados. Dicha cifra se eleva al 72% en el segmento de comercio de bienes intermedios a partir de desechos.

En tercer orden, es altamente masculinizado, con un 81% de varones y un 19% de mujeres. La cantidad de horas trabajadas a la semana es algo superior al promedio de la economía en quienes recolectan/recuperan (38 horas contra 36 tomando el promedio 2016-2021) y un tanto

inferior en el segmento de comercio (33 horas). El 95% del empleo del sector es no calificado o semicalificado, con solo un 5% con calificación técnica u operativa.

A nivel geográfico, se observa una gran concentración en la provincia de Buenos Aires (64% del total del empleo asalariado registrado, principalmente explicado por partidos del conurbano bonaerense) y en menor medida CABA (7%), Santa Fe (7%) y Córdoba (5%). Contando el empleo total y no sólo el formal se observa que dentro del Gran Buenos Aires, el 94% vive en el conurbano y el 6% en CABA.

De acuerdo a la EPH, en el caso de los recolectores/recuperadores hay heterogeneidad interna. En este segmento, el 46% de los ocupados del sector trabaja en la calle, y es el de menor calificación (75% del empleo es no calificado) y de mayor pobreza (51% promedio 2016-2021). Un 32% adicional trabaja en un establecimiento productivo: allí la pobreza es un tanto menor (34%) y el empleo es mayormente de calificación operativa –semicalificado–, ligado a la operación de máquinas y herramientas para recuperación de materiales.

Uno de los datos más preocupantes –y poco conocidos del sector– es su altísima accidentabilidad laboral, particularmente en el segmento de recolección de desperdicios y recuperación de materiales. De acuerdo a estadísticas de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo, el índice de incidencia (cantidad de casos notificados con días de baja laboral o secuela incapacitante, cada mil trabajadores cubiertos) en las subramas de este sector es el más alto de la economía, siendo aproximadamente entre 2,5 y 3,7 veces más alto que el promedio de las unidades productivas (gráfico 40).

**GRÁFICO 40. ÍNDICE DE INCIDENCIA DE ACCIDENTES LABORALES POR SECTOR PRODUCTIVO, 2019**

Fuente: elaboración propia en base a datos de la SRT. El índice de incidencia muestra la cantidad de casos notificados con días de baja laboral o secuela incapacitante, cada mil trabajadores cubiertos.

**Recuadro 18. Nuevos modelos de producción y consumo circular**

Como se mencionó en la introducción, uno de los pilares de la economía circular –tal vez el más transformador– tiene que ver con el desarrollo de nuevos modelos de producción y consumo circular: incrementar la cantidad de tiempo que se usa un bien (aumento de su vida útil, para optimizar la energía invertida en su desarrollo), aumentar la intensidad de uso de los bienes a través de un cambio de enfoque de los bienes a los servicios (alquiler, préstamo, servicios compartidos), la economía colaborativa (*sharing economy*) o la agrupación de actividades industriales para facilitar la reinserción de subproductos o residuos, entre otros.

Algunas de las herramientas para avanzar en esta dirección son:

- Ecodiseño y ecoinnovación
- *Refurbishing* (re-fabricación)
- Economía colaborativa
- Nuevos materiales
- Ecoetiquetado

El **ecodiseño y la ecoinnovación** son estrategias que consideran no solo aspectos técnicos, funcionales y estéticos a la hora de diseñar un producto, un proceso productivo, las estrategias de logística y la comercialización, sino también incorporar la dimensión ambiental con el objetivo de reducir el impacto ambiental de todo el ciclo de vida del producto o servicio en cuestión. Respecto del diseño de un producto, por ejemplo, se considera los materiales a emplear para la fabricación, el proceso productivo y la eficiencia del uso de recursos en él, el embalaje, el potencial de reparabilidad, y la facilidad para que al final de la vida útil los diferentes materiales que lo componen sean separados y aptos para el reciclaje, entre otros. Un ejemplo en este sentido puede ser la introducción de la copa menstrual como reemplazo de los artículos tradicionales de gestión menstrual, los cuales tienen un elevado impacto ambiental en materia de generación de residuos y eficiencia de uso. De esta manera, no solo se logra reducir el impacto ambiental de la producción, sino también disminuir costos y aumentar la productividad y la competitividad frente a un mercado cada vez más exigente.

En tanto, el ***refurbishing*** se refiere a la restauración o re-fabricación de productos o materiales descartados o que finalizaron su ciclo de vida para que puedan seguir cumpliendo sus funciones originales. Generalmente, los productos no vuelven a adquirir el aspecto de algo nuevo, sino que su atractivo radica justamente en la estética y el concepto de la economía circular. Un ejemplo de esto son los muebles restaurados.

La **economía colaborativa y los nuevos modelos de negocios** tienen más amplitud de funcionamiento. Por un lado, existen los proyectos nacidos circularmente, donde la idea misma del negocio es la solución a un problema de la economía lineal, como puede ser una empresa dedicada al tratamiento de neumáticos fuera de uso, una empresa que desarrolla vasos de plástico no descartable para eventos o un mercado que solo vende productos a granel. Luego, las plataformas que permiten el uso colaborativo o compartido de bienes y así fomentan la maximización de los activos inactivos (bienes que no se encuentran siendo usados para lo que se los produjo, desde automóviles, pasando por montacargas hasta lugares de almacenamiento) entran en esta categoría. Por último, está el concepto del producto como servicio, donde el cliente contrata un servicio por determinado tiempo mientras que el proveedor sigue siendo el dueño y el responsable por su performance (ejemplo: pagar una suma de dinero periódica a la compañía de celulares que incluya tanto el servicio de telefonía como el alquiler del equipo, como sucede con las compañías de servicio de internet, que además de dar internet brindan el modem y el cableado necesarios para conectarse).

*Continúa.*

*Continuación.*

Otra herramienta para un mejor abordaje de los residuos sólidos urbanos es el desarrollo de **nuevos materiales** que puedan biodegradarse. Una rama fuerte en esta línea son los bioplásticos, materiales constituidos a partir de fibras vegetales. De todas formas, en este punto es relevante resaltar que todo material tiene su impacto ambiental y que la prioridad debe ser la reducción de residuos. Por ejemplo, en el caso de los plásticos de un solo uso, el objetivo final no es reemplazarlos por materiales menos contaminantes, sino reducirlos al mínimo indispensable, minimizando así la lógica de producción-consumo-descarte.

Por su parte, el **ecoetiquetado** consiste en esquemas de estandarización, visibilización, fomento a la producción e impulso al consumo a través de sellos oficiales o privados que garanticen el desempeño ambiental de los productos. Esto ya existe como etiquetado de eficiencia energética para electrodomésticos, pero aún no con ese grado de institucionalización para otro tipo de productos ni para otros indicadores ambientales como la eficiencia del uso de materiales, la reciclabilidad, etc.

Todas estas estrategias son a la vez formas de encarar la transición a la sostenibilidad y una respuesta a la demanda por la reducción del impacto ambiental, pero también constituyen grandes oportunidades de nuevos nichos de negocios y sectores productivos con potencial para crecer, agregar valor y para exportar bienes y servicios vinculados.

En Argentina, se pueden mencionar ejemplos de iniciativas circulares:

- Pulpak: produce embalajes compostables a base de cartón 100% reciclado.
- Mutan: produce gafas de sol y objetos de decoración a partir de tapitas de botellas.
- Daraví: produce objetos de diseño y accesorios de moda a partir de botones desechados por la industria textil.

La alta accidentabilidad laboral refleja que las condiciones laborales en la que los recuperadores desarrollan sus tareas suelen ser precarias, con falta de condiciones básicas de infraestructura, maquinaria, seguridad y protección personal. A su vez, el sector se encuentra expuesto a la variabilidad de los volúmenes de material que se logra recolectar, las fluctuaciones de los precios y la dificultad de poder venderle directo a la industria para evitar la pérdida de ingresos a través de los actores intermediarios que pueden afrontar los ciclos de pagos extensos y los requisitos de volumen y regularidad. En estas condiciones, los recuperadores urbanos recolectan hasta 10.000 toneladas diarias de material (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Desarrollo Social, 2022), principalmente, papel, cartón y plásticos.

Las estrategias de inclusión de estos actores en general tienen que ver con la incorporación de los trabajadores en las plantas de clasificación y acondicionamiento de materiales ubicadas en las cercanías de los basurales (Carenzo *et al.*, 2010). En un intento de dar respuesta tanto a la integración como a la mejora de la gestión de residuos, los gobiernos locales de todo el país comenzaron a implementar modelos de cogestión de la gestión de los residuos sólidos urbanos entre los municipios y las cooperativas.

En el año 2021, el Ministerio de Desarrollo Productivo lanzó un Programa de Economía Circular que apuntaba al fortalecimiento de las cooperativas y empresas de recuperación de residuos.

## Desafíos sectoriales y transversales

A partir del análisis de lo anterior, las mesas de trabajo sectoriales y entrevistas con los actores relevantes, se identifican los siguientes desafíos transversales:

- **Informalidad del sector recuperador.** El elevado nivel de informalidad y cuentapropismo presenta varios desafíos. El más relevante tiene que ver con la alta exposición a malas condiciones de seguridad e higiene de los recuperadores y la inestabilidad de sus ingresos. Luego, esto repercute sobre la eficiencia de la gestión de los residuos sólidos urbanos, dado que la recolección y el tratamiento es a baja escala y solo se recuperan los materiales que los recuperadores pueden procesar. A su vez, la informalidad de las actividades de recupero provoca un predominio del establecimiento de precios arbitrarios del material recuperado, aumentando así la vulnerabilidad del sector recuperador.

- **Estatus legal de los residuos.** Otro factor que dificulta la formalización de la actividad de recuperación de residuos es la definición legal e impositiva de los residuos como bien mostrenco, es decir, como un bien perdido, abandonado del que no se sabe su dueño sobre el cual no se pueden aplicar impuestos. Esto complica la rendición impositiva, generando costos extras que en otras estructuras podrían deducirse. De hecho, pasar de tratar a los residuos como basura para comenzar a considerarlos como materia prima es uno de los pasos fundamentales para el avance de la economía circular.

- **Falta de conciencia y hábitos**. La falta de conciencia y hábitos ciudadanos respecto de la importancia y la técnica de la separación en origen de los residuos domiciliarios conlleva a que ya desde el origen mismo de la generación de residuos el circuito inicie de manera defectuosa. Luego, la combinación entre las mencionadas condiciones de informalidad y vulnerabilidad y las capacidades limitadas de muchos municipios, la escasa infraestructura y capacidad logística refuerza estos problemas y limita así la reincorporación efectiva de una porción sustantiva de los residuos al circuito productivo.

- **Concentración territorial.** A su vez, la industria recicladora repite el patrón de concentración territorial de la economía argentina, ubicándose principalmente en el AMBA y aumentando así las dificultades logísticas para avanzar en esquemas de economía circular en el interior del país.

- **Capacidad ociosa e importación de material.** Las falencias mencionadas arriba respecto de la infraestructura y la logística conlleva a que la industria recicladora se encuentre con capacidad ociosa y que haya falta de oferta de material recuperado en algunas corrientes. Esto último deriva en la importación de material afectando la balanza comercial y generando conflictividad con el sector de recuperadores tanto por la cuestión en sí misma de la importación como competencia de la actividad de recuperación local, como porque el material importado suele generar una baja del precio en el mercado.

- **Responsabilidades difusas.** Otro desafío lo presenta la falta de una normativa y un consenso claro respecto de las responsabilidades extendidas de los productos post consumo. Al carecer de una delimitación clara de las responsabilidades de cada actor, hay varias corrientes de residuos que acaban en un limbo por una combinación de desentendimiento de los productores o comercializadores y la dificultad económica y/o logística de los municipios de resolver la gestión por sí solos.

- **Normativa dispersa.** La falta de una normativa nacional unificada respecto de la responsabilidad extendida, pero también de otros temas que competen a la economía circular, como puede ser la eliminación progresiva de los plásticos de un solo uso, redunda en que los actores más presionados por la gestión de los residuos –los municipios– avancen con regulaciones municipales generando una descoordinación normativa importante.

- **Escasa articulación entre actores.** Por último, se considera que uno de los mayores desafíos y dimensiones con potencialidad de intervención es la escasa articulación entre los distintos actores intervinientes en el proceso de generación, recuperación y reciclado de las diferentes corrientes de materiales.

## Análisis de las políticas locales e internacionales

### Políticas nacionales para el fomento de la economía circular

En el siguiente apartado se listan algunas de las iniciativas relevantes que existen en Argentina. No se menciona normativa ligada estrictamente a la gestión de los residuos dado que, si bien está muy vinculado con la temática de este proyecto y es un aspecto fundamental del mismo, excede el foco aquí planteado.

**Regulaciones de uso de plástico**

Según el informe "Estado actual de regulaciones desplastificantes en Argentina" de la organización Unplastify, existen 80 regulaciones municipales y 10 regulaciones provinciales vigentes en Argentina que abordan la reducción de los plásticos. De las 80 regulaciones municipales, más de un cuarto corresponden a la provincia de Buenos Aires. Le sigue en cantidad la provincia de Córdoba con nueve regulaciones y algunas provincias del sur como Chubut, Río Negro y Tierra del Fuego con seis cada una. Por su parte, provincias como Tucumán, Santiago del Estero, Formosa, Chaco, San Juan, La Rioja y La Pampa aún no tienen regulaciones de plásticos de un solo uso a nivel municipal. Estas normas regulan la distribución de los productos plásticos. El 70% de ellas tiende a la prohibición de productos plásticos de un solo uso como bolsas, sorbetes, vajilla e hisopos, mientras que el 27,6% hace referencia a la reducción y casi el 3% hablan de sustitución. Solo algunas de estas normas asocian la prohibición a medidas de reducción o sustitución en etapas que permitan a los diferentes sectores productores y usuarios adaptarse progresivamente a la regulación.

Por otro lado, Unplastify encontró normas que apuntan a la reducción de plásticos descartables

en 10 provincias. Todas son sobre la distribución de determinados productos, particularmente la prohibición del uso de bolsas plásticas.

Esto muestra que, a falta de regulaciones nacionales, van a aparecer las normas provinciales y, sobre todo, municipales porque son los actores que enfrentan el problema de los residuos en la gestión diaria. En este sentido, parece mejor una reglamentación nacional que imponga criterios unificados en todo el territorio y de señales, direcciones e incentivos claros a productores y usuarios.

**Políticas de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos**

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible coejecuta el proyecto "Fortalecimiento de iniciativas nacionales y mejora de la cooperación regional para la gestión ambientalmente racional de los Compuestos Orgánicos Persistentes (COP) en Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)". A través de este proyecto se busca fortalecer las políticas públicas en relación con la gestión de RAEE, mejorando y/o ampliando la capacidad nacional de las instalaciones/infraestructura de desmantelamiento y reciclaje de residuos electrónicos. Asimismo, promueve políticas que permitan el reciclaje y el aprovechamiento de los materiales. El proyecto también busca brindar asesoramiento a los sectores relevantes y partes interesadas, además de poder ampliar los conocimientos sobre el tema y difundir los resultados obtenidos por medio de capacitaciones destinadas a funcionarios, sector privado, sociedad en general y medios de comunicación. De esta manera, el proyecto busca encaminar a nuestro país hacia la correcta gestión de los RAEE en el marco de la economía circular y con miras a introducir el principio de responsabilidad extendida del productor. A tal efecto, constituye un eslabón central fomentar la sostenibilidad a largo plazo de los modelos empresariales dedicados a esta tarea, en la promoción del reuso, la valorización y en última instancia la disposición final de esta tipología de residuos.

En lo que respecta específicamente a iniciativas de economía circular pueden mencionarse:

**Programa para el Desarrollo de la Economía Circular, Ministerio de Desarrollo Productivo Nacional, 2021**

En 2021, el Ministerio de Desarrollo Productivo lanzó el Programa para el Desarrollo de la Economía Circular que apunta a fortalecer la capacidad productiva y de agregado de valor de las cooperativas y de las pymes dedicadas a la gestión integral de los materiales en desuso en el marco de una economía circular, abocada a optimizar el flujo de materiales y energías disponibles como mecanismo reductor de la extracción de recursos naturales vírgenes y de las consecuencias de una cultura de consumo y descarte. El plan tiene los siguientes objetivos: i) fortalecer la capacidad productiva y de agregado de valor de las cooperativas y pymes dedicadas a la recuperación de materiales en desuso, ii) fomentar iniciativas de economía circular entre los actores de distintos sectores productivos; iii) generar información de calidad tanto de las condiciones particulares y generales de las empresas, sean cooperativas o de

capital, dedicadas a la economía circular a nivel federal como de los materiales que se recuperan y su procesamiento. Pretende alcanzarlos a través de las siguientes acciones: i) capacitación, asistencia técnica, aportes no reembolsables y transferencia tecnológica; ii) fomento de la articulación y la eficiencia logística entre el sector cooperativista y asociativista con socios estratégicos de las cadenas de valor de los materiales recuperados, así como entre los diferentes sectores productivos; iii) promoción y acompañamiento del desarrollo de proyectos productivos, enmarcados en la economía circular, de actores de la economía social y solidaria, de pequeñas y medianas empresas y de organizaciones de la sociedad civil en diferentes localidades del territorio argentino, mediante asistencia técnica y orientación para el acceso al financiamiento necesario; iv) promoción del diseño y desarrollo de tecnologías innovadoras para el reciclado y reutilización de materiales, mediante la promoción de actividades de investigación y desarrollo, en articulación con organismos del sistema científico tecnológico y con programas de apoyo financiero.

**Ley de Economía Circular, Ciudad de Buenos Aires, 2021**

También en el año 2021, la Ciudad de Buenos Aires aprobó una Ley de Economía Circular que consta de los siguientes objetivos: i) la adaptación del diseño industrial a la economía circular, eliminar el desperdicio y la contaminación, y conducir a la circulación social y económicamente sostenible de los productos y materiales en el mercado; ii) promover el desarrollo de modelos productivos, comerciales y sistemas de gestión que preserven el capital natural, optimicen el uso de los recursos, cierren el ciclo de vida de los productos e internalicen el impacto ambiental, maximizando la eficiencia de la toma de decisiones y fomentando la eficacia del sistema; iii) generar herramientas, incentivos y marcos regulatorios que permitan que los sistemas de la economía circular puedan ser aplicados en los distintos sectores de la economía; iv) propiciar el desarrollo de la inversión pública, diseñar e implementar compromisos público-privados, y estimular la inversión del sector privado en desarrollar las competencias necesarias para crear oportunidades de economía circular y garantizar una transición inclusiva que se sostenga en la innovación, la creación de trabajo, la descarbonización de la economía y en desarrollar la infraestructura necesaria para escalar la transición; v) fomentar la colaboración público-privada en todas las cadenas de valor para eliminar barreras, desarrollar nuevas políticas y alinear las existentes; vi) trabajar en forma transversal dentro de la administración pública y con otras jurisdicciones para construir el alineamiento de políticas y cambios duraderos; y vii) medir el progreso hacia la incorporación de un enfoque de economía circular en toda la economía.

**Programa Buenos Aires Produce más Limpio (P+L), Ciudad de Buenos Aires, 2011**

En 2011 la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires lanzó el programa Produce más Limpio. Tuvo el objetivo de aumentar la eficiencia de la utilización de las materias primas, a la vez que se reduce la generación de residuos. Funcionaba a partir de la cooperación entre las autoridades del gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y las empresas, cámaras empresarias y organizaciones civiles vinculadas al cuidado del ambiente, promoviendo la adopción de tecnologías, procesos, productos y servicios que permitan armonizar la protección ambiental con el desarrollo económico y social.

También se encuentran en discusión varios proyectos normativos, entre los cuales son de particular relevancia los siguientes dos:

**Ley de Envases con Inclusión Social**

Este proyecto, presentado en julio de 2021 ante el Congreso Nacional, plantea una especie de esquema de responsabilidad extendida del productor respecto de los envases. El objetivo del proyecto es reducir el impacto ambiental de los envases y mejorar su gestión. Más específicamente, reducir la cantidad de envases que se introducen en el mercado, que no sean reutilizables o reciclables, minimizar la disposición final de envases post consumo y priorizar la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización. A este fin las empresas pueden optar por: a) diseñar sus propios sistemas de recuperación y reutilización o reciclado, o b) pagar una tasa para externalizar esa gestión. La tasa se calcula en función del tipo de material (reciclabilidad e impacto ambiental) y el tipo de envase (diseño y material reciclado), cuya lógica es que a menor impacto ambiental del envase, menor tasa y entonces así incentivar la progresiva reducción del impacto ambiental de los envases utilizados en nuestro país. La tasa tiene un tope del 3% del precio mayorista del producto. El 85% de lo recaudado por la tasa tendría como destino financiar los sistemas de gestión de residuos locales y regionales en todo el país. Lo recaudado sería administrado a través de un fondo por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que repartiría los recursos a los municipios que presenten un plan de gestión de residuos y recolección diferenciada con incorporación de los recuperadores urbanos. A su vez, otro 10% de lo recaudado iría a financiar políticas para fortalecer las capacidades productivas de valorización y reciclado, y a fomentar el desarrollo del ecodiseño de los productos alcanzados por el proyecto. El 5% restante se destinaría para que el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) brinde servicios de capacitación, asistencia técnica y transferencia tecnológica en cuestiones de reciclaje, valorización y desarrollo de nuevos materiales para envases.

**Regulación de los plásticos de un solo uso**

Este proyecto define los plásticos a ser gradualmente eliminados, establece plazos y diseña apuntando a su gradual eliminación.

## Políticas internacionales para el fomento de la economía circular

A continuación se presentan una serie de experiencias internacionales relevantes en la temática.

### Unión Europea

En 2015 la Unión Europea (UE) presentó el Plan de Acción para una Economía Circular en el continente. El mismo incluía 54 medidas para avanzar hacia un modelo circular. Las acciones

proyectadas para los siguientes cinco años buscaban "cerrar el círculo" a través del aumento del reciclado, la disminución de la generación de residuos, la implementación de diseños ecológicos, la reutilización de materiales y otras medidas similares. A partir de estas acciones se estimaba que se crearían 580.000 nuevos puestos de trabajo y un ahorro neto de 600.000 millones de euros, equivalente al 8% del volumen de negocios anual. Como áreas prioritarias se consideraron: a) los plásticos, b) el desperdicio alimentario, c) las materias primas críticas, d) la construcción, e) la demolición, f) la biomasa y g) los productos con base biológica.

En 2017 se presentó un Reporte de Implementación y un Anexo de Resumen de Acciones, con el objetivo de revisar los progresos que se habían logrado hasta ese momento y plantear una serie de iniciativas para continuar avanzando hacia el modelo circular.

Desde entonces se han lanzado múltiples programas sectoriales y paquetes de medidas de variada índole, entre los cuales se destacan el Paquete de Energía Limpia para todos los Europeos, el Plan de Trabajo del Ecodiseño, la Guía para la Transición hacia una Economía Circular en referencia a las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para varios sectores industriales, la plataforma europea de financiación de economía circular, coordinada por la Comisión Europea y el Banco Europeo de Inversión, la plataforma de la industria de la economía circular europea, la plataforma de contratación sostenible y la plataforma europea de grupos de interés en economía circular, que tiene como pilares compartir mejores prácticas, intercambiar información entre los principales grupos de interés y mejorar el diálogo institucional.

A ello se sumó el desarrollo de indicadores que se publican periódicamente en Eurostat, con el objetivo de medir los progresos de manera acertada y realizar correcciones al Plan de acuerdo a los desvíos que se detecten. Estos indicadores se agrupan en cuatro sectores de la siguiente forma:

1. **Producción y consumo.** (a) Autosuficiencia de materias primas para la producción en la Unión Europea (porcentaje sobre el consumo total); (b) compras públicas verdes (como indicador de aspectos financieros); (c) generación de residuos (kg *per cápita*, como indicador de aspectos de consumo); (d) desechos alimentarios (absolutos).

2. **Gestión de residuos.** (a) Tasas de reciclaje (la proporción de residuos que se recicla); (b) Flujos de residuos específicos (residuos de envases, residuos biológicos, residuos electrónicos, etc.).

3. **Materias primas secundarias.** (a) Contribución de los materiales reciclados a la demanda de materias primas; (b) Comercio de materias primas reciclables entre los Estados miembros de la UE y con el resto del mundo.

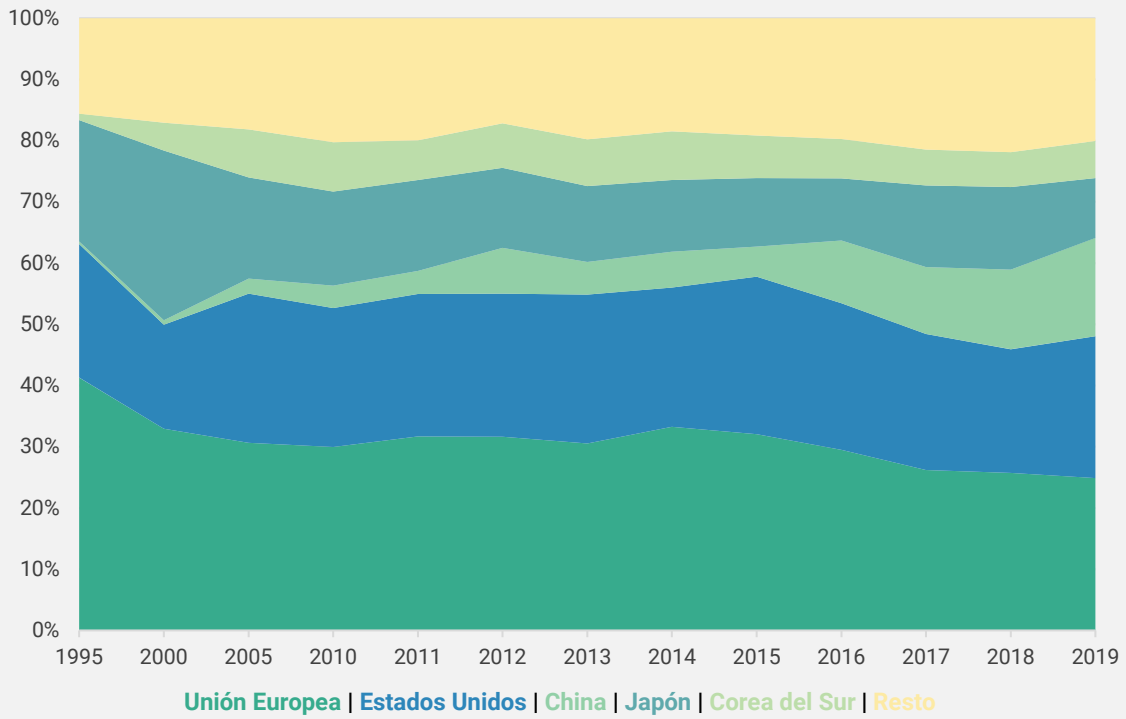
4. **Competitividad e innovación.** (a) Inversiones privadas, empleos y valor agregado bruto; (b) Patentes relacionadas con el reciclaje y materias primas secundarias como proxy de innovación.

**Recuadro 19. ¿Cuáles son los países que más innovan en economía circular?**

Entre 1995 y 2019 hubo un promedio de casi 2.000 patentes anuales en tecnologías ligadas a la gestión de residuos, incluyendo aquí la recolección de residuos sólidos, el recupero de materiales, la generación de fertilizantes a partir de residuos y la recuperación de energía.[67] En el gráfico 41 se muestra el origen de tales invenciones. En 2019, el 25% provino de la Unión Europea, el 23% de Estados Unidos, el 16% de China, el 10% de Japón y el 6% de Corea del Sur. Tal como viene ocurriendo en la gran mayoría de las tecnologías, China viene ganando peso relativo en el total de las patentes.

En tanto, al analizar las patentes en tecnologías ligadas a economía circular por millón de habitantes, destacan Finlandia, Austria, Suiza, Países Bajos y Corea del Sur.

**GRÁFICO 41. DISTRIBUCIÓN DE LAS PATENTES LIGADAS A ECONOMÍA CIRCULAR POR REGIÓN/PAÍS, 1995-2019**




Fuente: elaboración propia en base a OCDEStat.

A partir de 2020, en el marco del Pacto Verde Europeo, se actualizó el Plan de Acción para la Economía Circular donde se impulsan objetivos sobre Contratación Pública Ecológica y el desarrollo de nuevos y mejores indicadores de consumo y huella material.

[67] Datos de OCDEStat. Se tomaron solicitudes de patentes en al menos dos jurisdicciones diferentes a nivel internacional (una métrica más exigente que solo en una jurisdicción, que suele coincidir con el país de origen de la firma patentadora).

Hacia dentro de la Unión Europea, cada país desarrolló su propio conjunto de planes específicos y en varios también cuentan con estadísticas nacionales más detalladas e indicadores adaptados a las necesidades de cada región.

Los planes europeos se destacan por su alto nivel de armonización de políticas y por haber logrado importantes avances en el ejercicio de su aplicación, con lo cual se convierten en una experiencia muy consultada para el resto de los países que comienzan a diseñar sus planes.

**Recuadro 20. Innovación circular en Alemania. El Circular Valley de Wuppertal y los institutos Fraunhofer**

Circular Valley es la primera aceleradora de economía circular del mundo. Se desarrolló entendiendo que faltaba un lugar geográfico donde las personas puedan reunirse a trabajar sobre el tema de la economía circular –en una dinámica asimilable a Silicon Valley en California–. Los fundadores eligieron la ciudad de Wuppertal, ubicada en el área metropolitana del Gran Rin-Ruhr, en el epicentro de lo que fue la primera Revolución Industrial en Alemania. Actualmente, es una región empresarial muy dinámica y próxima a ciudades como Colonia, Dusseldorf, Bonn y Dortmund, en un cuasi continuo urbano en el que viven 14 millones de personas.

La dinámica que propone la aceleradora son ciclos de cohortes con encuentros intensivos de una serie de proyectos seleccionados que son capacitados y vinculados con empresas alemanas e internacionales de diversos sectores. El foco está puesto en "la colaboración entre sectores y tecnologías para cerrar los ciclos de materiales a lo largo de las cadenas de valor existentes, desarrollar recomendaciones de políticas y marcos políticos e informar al público sobre el tema de la economía circular".

Entre las *startups* que pasaron por el proceso del Circular Valley se encuentran:

- **Poliverde**, una empresa brasileña que transforma los residuos de tejidos en pellets que pueden ser utilizados como materia prima para producir nuevos tejidos.
- **Seginus**, un proyecto ecuatoriano que consiste en "un sistema colectivo sin fines de lucro, que articula la cadena de reciclaje de neumáticos usados, comprometidos para que el ciclo de las llantas no termine, transformándolas en energía, pisos, material para artesanos, entre otros".
- **Kagzi,** empresa india que produce botellas para empacar artículos de tocador como jabón líquido, champú, lociones, etc. a partir de pulpa de papel usado convirtiéndolas en un producto 100% compostable.

*Los institutos Fraunhofer*

La alemana Fraunhofer-Gesellschaft es de las organizaciones de investigación aplicada más importantes del mundo. La organización fue fundada en 1949 y cuenta en la actualidad con 76 institutos de investigación en todo el país. Tienen más de 30.000 empleados, la mayoría científicos e ingenieros que trabajan con un presupuesto anual de investigación de 2.900 millones de euros. A partir de la comercialización de sus innovaciones al sector privado, generan unos 2.500 millones de euros.

Entre la amplia variedad de temáticas de trabajo se encuentra también la economía circular, abordada de diversas formas. Por ejemplo:

*Continúa.*

*Continuación.*

**Clúster de Excelencia en Economía Circular de Plásticos**. Aquí entre varios institutos brindan servicios de investigación al sector privado y acompañan en el proceso de hacer que los productos sean circulares y a convertir los desechos plásticos en recursos valiosos a lo largo de toda la cadena de valor. Esto es en cuatro focos principales:

- Materiales plásticos sostenibles (plásticos de base biológica, polímeros biodegradables, plásticos reciclables).
- Innovaciones del sistema (tecnologías de clasificación inteligente, reciclaje de materiales, reciclaje químico y evaluación de la circularidad).
- Modelos de negocio circulares y diseño holístico de productos.
- Transformación, codiseño y trabajo en comité.

**Instituto Fraunhofer de Ingeniería de Fabricación y Automatización**. En este instituto buscan cerrar los ciclos de materiales en entornos de fabricación industrial. Para ello realizan diversos análisis como:

- Análisis de criticidad de materias primas
- Identificación y evaluación de los aspectos ambientales de las estrategias de economía circular
- Evaluación de modelos de negocio en el contexto de cadenas de valor circulares

Análisis y evaluación de procesos de economía circular en empresas procesadoras.

### España

En el año 2020 se aprobó la Estrategia Española de Economía Circular. La misma sienta las bases de promoción de un nuevo modelo de producción y consumo en el que el valor de los productos, los materiales y recursos se mantengan en el circuito económico durante el mayor tiempo posible, se minimice la generación de residuos. La Estrategia tiene una visión a largo plazo, y se implementa a través de sucesivos planes de acción trienales por desarrollar.

En este contexto, marca una serie de objetivos a alcanzar para el año 2030:

- Reducir en un 30% el consumo nacional de materiales en relación con el PIB, tomando como año de referencia el 2010.
- Reducir la generación de residuos un 15% respecto de lo generado en 2010.
- Reducir la generación de residuos de alimentos en toda cadena alimentaria: 50% de reducción per cápita a nivel de hogar y consumo minorista y un 20% en las cadenas de producción y suministro a partir del año 2020.
- Incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10% de los residuos municipales generados.

- Mejorar un 10% la eficiencia en el uso del agua.
- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de $CO_2$ equivalente.

Particularmente, la estrategia trabaja con seis sectores prioritarios: sector de la construcción, agroalimentario, pesquero y forestal, industrial, bienes de consumo, turismo y textil y confección.

Luego, en marzo de 2022 se presentó el Proyecto estratégicos para la recuperación y transformación económica (PERTE) de economía circular para acelerar la transición "hacia un sistema productivo más eficiente y sostenible en el uso de materias primas".

Según el gobierno español, "la economía circular tiene potencial para crear unos 700.000 puestos de trabajo en Europa, de los que al menos un 10% podría generarse en España. Además de favorecer esos nichos de empleo, esta estrategia aportará resiliencia al aliviar la dependencia de la economía española del exterior, especialmente en momentos de incertidumbre sobre la disponibilidad de materias primas".

El gobierno prevé inversiones por 492 millones de euros y espera movilizar recursos superiores a los 1.200 millones hasta el año 2026. La mayor parte de este momento será destinado a sectores específicos como el textil, el del plástico y el de los bienes para las energías renovables. A su vez, pretende impulsar el ecodiseño, la reutilización y gestión de residuos y la digitalización de las empresas para mejorar la competitividad y la innovación.

**China**

Desde comienzos de siglo, China ha llevado adelante una serie de políticas tendientes a promover la economía circular en los diferentes niveles de gestión. En el año 2005 el Consejo de Estado publicó el documento "Opiniones sobre la aceleración del desarrollo de la economía circular". Allí, propone un marco de política, principios básicos, objetivos y medidas de política para promover una economía circular (Bleischwitz *et al.*, 2022). Desde entonces, se incorporó la lógica circular dentro de los planes quinquenales subsiguientes. Luego, en 2009 entró en vigencia la Ley de Promoción de la Economía Circular. La misma tenía un enfoque basado en las estrategias 3R (reducir, reutilizar, reciclar). Esta ley brinda una definición más precisa de cada una de las 3R a la vez que asigna al gobierno y el mercado la responsabilidad de desarrollar este modelo económico y crea el Departamento de Desarrollo de Economía Circular bajo el Consejo de Estado (Martínez y Porcelli, 2019). Fue considerado como una directriz nacional influyente sobre la implementación de Economía Circular en China (Geng *et al.*, 2012). Estos esfuerzos permitieron duplicar la productividad de los recursos, es decir, la relación entre el PIB y el uso de recursos, desde la década de 1990 (Bleischwitz *et al.*, 2022).

En este marco, el XIV Plan Quinquenal (2021-2025) profundiza la promoción de la economía circular china para garantizar la seguridad de los recursos nacionales a la vez que aporta al

abordaje del cambio climático y lograr la neutralidad de carbono para 2060. En este sentido se plantea una serie de objetivos:

- Aumento de la productividad de los recursos en un 20% en comparación con los niveles de 2020.
- Reducción del consumo de energía y consumo de agua por unidad de PIB en un 13,5% y un 16%, respectivamente, en comparación con los niveles de 2020.
- Alcanzar una tasa de utilización del 86% para tallos de cultivo, 60% para residuos sólidos a granel y 60% para residuos de construcción.
- Utilización de 60 millones de toneladas de papel usado y 320 millones de toneladas de chatarra de acero.
- Producción de 20 millones de toneladas de metales no ferrosos reciclados.
- Incrementar el valor de producción de la industria de reciclaje de recursos a RMB 5 billones (USD 773.000 millones).
- Construir un sistema industrial de reciclaje de recursos y mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos.
- Construir un sistema de reciclaje de materiales de desecho y fomentar una sociedad orientada al reciclaje.
- Profundizar el desarrollo de la economía circular agrícola y establecer una producción agrícola circular.

El cuadro 19 muestra los proyectos y las acciones incluidas en el Plan Quinquenal de Economía Circular y los ministerios a cargo.

**Chile**

En el año 2020 Chile lanzó una Hoja de Ruta Nacional a la Economía Circular para una transformación en base a seis pilares: regeneración, cultura, colaboración y participación, transición justa y oportunidades, desarrollo local e innovación.

En cada uno de ellos se plantea una meta de largo plazo para el año 2040 y una intermedia para el 2030. Entre las más importantes se encuentran generar 180.000 empleos nuevos en actividades de la economía circular, disminuir un 25% la generación *per cápita* de residuos sólidos municipales, aumentar un 60% la productividad material del país, reducir un 30% la generación de residuos por unidad de PIB, llevar al 75% la tasa general de reciclaje y eliminar el 90% de los vertederos ilegales.

Los pilares se complementan con cuatro líneas de acción (regulación, territorios, cultura e innovación) y propuestas a corto, mediano y largo plazo, así como el listado de actores clave del espacio público y privado que están involucrados en ellas.

## CUADRO 19. PROYECTOS Y ACCIONES EN EL 14° PLAN QUINQUENAL DE CHINA PARA EL DESARROLLO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

| | Proyecto de construcción del sistema municipal de reciclaje de residuos | Proyecto de desarrollo del parque industrial de reciclaje | Proyecto de demostración de utilización integral de residuos sólidos | Proyecto de demostración de reutilización de residuos de la construcción | Proyecto clave de innovación de tecnología y equipos de economía circular | Desarrollo de alta calidad de la industria de remanufactura | Mejora del reciclaje de residuos de productos electrónicos | Gestión del ciclo de vida de los vehículos | Control de toda la cadena de contaminación del plástico | Transformación verde del packaging express | Promoción del reciclaje de pilas usadas | Mejora del sistema de evaluaciones estadísticas para la economía circular |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma | | | | | | | | | | | | |
| Ministerio de Comercio | | | | | | | | | | | | |
| Ministerio de Recursos Naturales | | | | | | | | | | | | |
| Ministerio de Industria e Información Tecnológica | | | | | | | | | | | | |
| Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano y Rural | | | | | | | | | | | | |

*Continúa.*

*Continuación.*

| | Proyecto de construc-ción del sistema municipal de reciclaje de residuos | Proyecto de desarro-llo del parque industrial de reciclaje | Proyecto de demostra-ción de utilización integral de residuos sólidos | Proyecto de demostra-ción de reutilización de residuos de la construcción | Proyecto clave de innovación de tecnología y equipos de economía circular | Desarrollo de alta calidad de la industria de remanufac-tura | Mejora del reciclaje de residuos de productos electrónicos | Gestión del ciclo de vida de los vehículos | Control de toda la cadena de contami-nación del plástico | Transfor-mación verde del packaging express | Promoción del reciclaje de pilas usadas | Mejora del sistema de evaluacio-nes estadís-ticas para la economía circular |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ministerio de Ecología y Ambiente | | | | | | | | | | | | |
| Ministerio de Agricultura y Asuntos Rurales | | | | | | | | | | | | |
| Ministerio de Ciencia y Tecnología | | | | | | | | | | | | |
| Ministerio de Seguridad Pública | | | | | | | | | | | | |
| Ministerio de Transporte | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia con base en el 14° Plan Quinquenal de China.

Si bien se trata de algo muy reciente, con lo cual no es posible analizar su grado de aplicación, por su grado de complejidad, la propuesta chilena se constituye como el caso más desarrollado de América Latina.

**Colombia**

Desde 2018 Colombia cuenta con una Estrategia Nacional de Economía Circular cuyo objetivo principal es aumentar la tasa de reciclaje y reutilización de materiales hacia 2030 (Schröder *et al.*, 2020).

El país fue uno de los primeros de la región en incluir el concepto de responsabilidad extendida del productor en su política nacional para la gestión de residuos peligrosos y también formuló estrategias y políticas productivas sostenibles previamente a diseñar el plan que lanzó en 2018 (Schröder *et al.*, 2020).

Además, desarrollaron la Misión de Crecimiento Verde, un programa dirigido a que la economía se transforme hacia procesos de producción socialmente inclusivos, más sostenibles y eficientes en materia de recursos (Schröder *et al.*, 2020).

**Ecuador**

En 2021, Ecuador publicó el Libro Blanco de Economía Circular para Ecuador, donde se propone tener una visión sistémica de la problemática, definir una línea base propicia, monitorear los avances y garantizar el involucramiento de actores.

Para ello proyectan desarrollar indicadores que permitan rastrear el uso, flujo y distribución de los materiales y la energía, construir un observatorio de la economía circular que condense la información generada por las distintas fuentes que hoy existen, crear una red colaborativa que permita la articulación multisectorial y garantice la continuidad de los procesos a lo largo de los distintos gobiernos, generar iniciativas adaptadas de acuerdo a cada territorio, determinar los roles de los actores relevantes en la transición y visibilizar las acciones que ya se están llevando a cabo para fortalecerlas y replicarlas.

Como proyectos prioritarios se consideraron el cierre del ciclo hídrico y aprovechamiento de nutrientes, la reducción de desperdicios de alimentos, la construcción de capacidades por provincia en función de su matriz productiva, el impulso de la simbiosis industrial a nivel nacional y provincial y la adopción de modelos basura cero para municipios.

**Perú**

A través del Decreto Supremo N° 003-2020, Perú cuenta desde el 2020 con una Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en el Sector Industria. En la misma se especifican seis líneas de

acciones divididas en cuatro enfoques. Al interior de cada línea se detallan las acciones que la componen, los actores clave y el plazo en que se estima llevarse a cabo.

El Enfoque 1 es Producción Industrial Sostenible y cuenta con dos líneas de acción: incentivar la producción industrial con una lógica de economía circular y gestionar la información vinculada a la productividad circular.

El Enfoque 2 es Consumo Sostenible y su línea de acción es generar hábitos de consumo sostenible en el sector público, privado y la ciudadanía en general. El 3 se refiere al aprovechamiento de material de descarte y gestión de residuos industriales, el 4 es Innovación y financiamiento, donde se propone incentivar la innovación y el uso de tecnologías limpias y sostenibles y diseñar mecanismos e incentivos para promover iniciativas innovadoras y tecnologías limpias.

**Uruguay**

Desde el año 2019, el país cuenta con un Plan de Acción en Economía Circular cuyos objetivos son generar información para el diseño de políticas para la transición, fomentar la investigación e innovación en la materia, identificar e implementar acciones que impulsen la economía circular, promover el conocimiento de modelos de negocio circulares e incentivar las prácticas y procesos que se basen en sus principios. Entre las áreas prioritarias se encuentran los sectores de carnes, lácteos, alimentos y envases, servicios, forestación y valorización de materiales.

## Recomendaciones de políticas: Plan Integral Nacional de Fomento a la Economía Circular

Dada la amplitud de la temática y el estado inicial de avance de la misma, las opciones de políticas públicas que fomenten la economía circular son vastas. Se considera que la manera más virtuosa de llevar adelante todas estas medidas es a través de un **Plan Integral Nacional de Fomento a la Economía Circular** que pueda marcar una dirección, permita a todos los actores planificar investigaciones, desarrollos tecnológicos, inversiones y nuevos proyectos en el corto, mediano y largo plazo. En función de este objetivo, resulta crucial la vinculación y cooperación de todos los actores de la cadena para diseñar el detalle de las políticas.

### Objetivos

- Identificar actores y realizar un registro estadístico de la generación de residuos y su actual tratamiento.
- Reducir la cantidad de residuos generados en términos absolutos y relativos.
- Aumentar la eficiencia en el uso de recursos y energía destinados a la producción.

- Incrementar la formalización y mejorar las condiciones laborales de las y los recuperadores urbanos.
- Aumentar la tasa de reciclado de los materiales.
- Reducir las importaciones de material virgen.
- Desarrollar nuevos nichos y modelos de negocios circulares.

## Lineamientos de políticas

Las acciones necesarias para alcanzar estos objetivos son las siguientes.

- Fortalecer los actuales dispositivos de registros mediante la unificación en un esquema único nacional de actores generadores de residuos que identifique los materiales utilizados en el caso de establecimientos productivos, y permita analizar y regular el tratamiento dado sobre ellos, así como la generación de estadísticas consolidadas sobre la actividad.
- Implementar un mecanismo de información sobre la oferta y la demanda de insumos para facilitar el abastecimiento de las cadenas productivas y así potenciar la recuperación local en detrimento de la importación de residuos.
- Generación de mecanismos de fomento específico al ecodiseño, la ecoinnovación y la I+D+i para la economía circular. Es decir, crear incentivos para que el aparato científico tecnológico desarrolle materiales, productos y procesos que brinden alternativas al sector productivo para reducir su impacto ambiental. Esto puede consistir en convocatorias a proyectos para financiamiento, capital semilla, premiación, líneas de financiamiento específicas, programas de capacitación, etc.
- Fomento y fortalecimiento de redes de articulación entre el complejo científico-tecnológico y el sector productivo para que la investigación y el desarrollo tengan un direccionamiento más claro hacia las necesidades productivas y que el sector productivo conozca y pueda adoptar los desarrollos tecnológicos. Para esto se requiere un mapeo de universidades, institutos y grupos de investigación que aborden cuestiones vinculadas a la economía circular y luego mesas de trabajo conjuntas entre el sector científico y el productivo.
- Incentivo a la adopción de estrategias de economía circular por parte del sector productivo: políticas de financiamiento e incentivos a la inversión para asesoramiento técnico, adquisición de maquinaria para mejora o transformación de líneas de producción, acceso a certificaciones y nuevos mercados y demás oportunidades que permitan y fomenten la innovación hacia la economía circular.
- Programa de compras públicas circulares para aumentar y asegurar la demanda de este tipo de productos. En base al Manual de Compras Sustentables del Ministerio de Ambiente y

Desarrollo Sostenible (2017), las capacitaciones del INAP en la temática, y un sistema de indicadores, avanzar en la capacitación sobre y el registro de la circularidad en particular y el impacto ambiental en general de las compras públicas. Por ejemplo, reemplazar los vasos descartables utilizados en eventos por materiales reciclables o reutilizables.

- Implementación de un esquema de responsabilidad extendida del productor (REP). La misma determina que la REP se extiende hasta el fin del ciclo de vida del producto. Es decir, la responsabilidad del productor no se acaba en el momento de entrega o consumo del producto, sino que se va a extender más allá, en algunos casos hasta el momento de disposición final o reinserción en la cadena productiva. Esto apunta principalmente a incentivar a los productores (o importadores) a que consideren el impacto ambiental y las opciones de recuperación o disposición final de sus productos y a quitar la carga única de la gestión de los residuos de los municipios. Las dos formas más sencillas de instrumentar esto es que las empresas puedan diseñar sus propios sistemas de recuperación y reutilización o reciclado, o bien pagar una tasa para externalizar esa gestión. Por ejemplo, en el caso de los NFU, las empresas mismas podrían retirar del mercado los neumáticos que han finalizado su ciclo de vida y tratarlos, o alternativamente, pagar una tasa que permita a los municipios costear la logística y el tratamiento.

- Con base en los avances conceptuales y tecnológicos modernizar la legislación respecto de los residuos para permitir hablar del fin de la condición de residuos, de peligrosidad o ambas para permitir su comercialización como insumos, la recuperación de materiales y reducir la extracción de materia prima.

- Progresiva eliminación de los plásticos de un solo uso a través del fomento de cambios de hábitos, nuevos materiales y mejoras en la gestión de los residuos. Además de concientización sobre lo problemático de los plásticos de un solo uso, sepia de interés la creación de una normativa en la que se especifiquen plazos de eliminación asociados a multas por incumplimiento y un esquema de incentivos al desarrollo y la adopción de alternativas. Por ejemplo, líneas de financiamiento o exenciones impositivas a proyectos de alternativas sostenibles a los plásticos de un solo uso.

- Inclusión y formalización de las cooperativas de recuperadores urbanos: se precisan medidas particulares diseñadas específicamente para este sector. Deben considerarse instancias de capacitación, asistencia técnica, instrumentos de financiamiento accesibles, la posibilitación de mesas de trabajo con los demás actores de la cadena del reciclado, el establecimiento de precios de referencia, y otras medidas que aporten a las condiciones de seguridad e higiene, la reducción de la vulnerabilidad y la formalización de las actividades del sector. En el marco del Plan de Desarrollo Productivo Verde se lanzó un programa en este sentido.

- Mecanismos de fomento a la demanda a través de campañas de información y concientización a los consumidores. Por ejemplo, a través de campañas en medios de

comunicación, formación a periodistas, acciones en secundarias y universidades, ámbitos de trabajo o lugares de alta circulación.

- Políticas de ecoetiquetado que facilitan el consumo informado respecto del impacto ambiental de los diferentes productos y empujan a las empresas a tomar las medidas necesarias para calificar para las distinciones. Por ejemplo, un esquema asimilable al del Sello Buen Diseño donde un jurado calificado otorga o no un premio en función del desempeño de los productos participantes en una serie de indicadores. Un antecedente muy relevante en este sentido es la certificación desarrollada en conjunto entre la Dirección Técnica de Plásticos y el Organismo de Certificación INTI y la Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS) para Industrias Recicladoras de Materiales Plásticos.

- Mesas sectoriales de Economía Circular para coordinar a los actores involucrados en las diferentes corrientes de materiales.

Vale tener en cuenta que algunas de estas medidas ya han sido implementadas parcialmente en diferentes niveles y administraciones de gobierno. Todas esas experiencias resultan relevantes para retomar los aprendizajes y mejorar las políticas.

## Metas propuestas a 2030

- A 2030 contar con un sistema integrado de estadísticas e indicadores para tener una línea de base y capacidad de monitoreo de avances concretos:
  - Contar con un registro nacional de empresas circulares, definidas como aquellas que realizan procesos de reciclado y reutilización de desperdicios, producen material biodegradable o desarrollaron otro tipo de modelo de negocio basado en la circularidad.
  - Contar con un registro nacional de las empresas que incorporan en sus procesos acciones de fomento a la economía circular, definiendo tipo y cantidad de desechos que son recuperados por cada corriente de desperdicio.
- Alcanzar un 70% de firmas (de más de 10 personas) de la Misión que realiza mejoras en la eficiencia en el uso del agua, insumos y energía, un incremento de 11 puntos respecto de la base de 59%.[68]
- Desarrollar la línea de base de las empresas industriales certificadas con ISO 50001 de Sistemas de Gestión de la Energía.

[68] Fuente: ENDEI 2014-2016. En la Misión 9 (Modernización de sectores industriales tradicionales) se propone la misma meta, pero solo para los sectores alcanzados por ella.

- Alcanzar un 70% de formalización en el empleo de recuperadores, principalmente impulsando la registración en el segmento no asalariado. Partiendo de la línea de base de 33%, serían 37 p.p. de incremento.
- Disminuir la pobreza del actual 44% en el segmento de recolección/recuperación al 22% y del actual 62% en el de comercio de bienes intermedios en base a desechos al 30%.
- Reducir a la mitad la tasa de accidentabilidad laboral en recuperadores. Al año 2019 la tasa de accidentabilidad laboral en recolectores, medido en casos con día de baja o secuelas incapacitantes por cada 1.000 trabajadores cubiertos (CLAE 381), es de 191,9 casos.
- Reducir a la mitad la tasa de accidentabilidad laboral en recuperadores. Al año 2019 la tasa de accidentabilidad laboral en recolectores, medido en casos con día de baja o secuelas incapacitantes por cada 1.000 trabajadores cubiertos (CLAE 382), es de 127,6 casos.
- Alcanzar un 20% de empresas industriales que utilizan residuos para generar subproductos (partiendo del actual 11%).
- Alcanzar un 30% de valorización de residuos sólidos urbanos (partiendo del 6% de 2018)[69].
- Reducir en un 30% la huella material (monto de materiales primarios usados) por unidad de PIB para 2030 respecto a la línea de base. Esta es de 2017 y es de 1,54 kilos por unidad de PIB de modo que la reducción a 2030 implicaría bajarla a 1,08[70].
- Incrementar el reciclado de polietileno del 12% (2016) al 20%, el de polipropileno del 12% al 20% y el de PET del 25% (2016) al 45%.
- Recuperación del aluminio disponible en el mercado en 10 p.p. del 10% (2018) al 20%.
- Cantidad de empresas formales en recuperación de materiales y desechos metálicos y no metálicos del 234 actual a 384.
- Incrementar la recuperación de NFU para procesos industriales (incluidos los mineros) de 15.000 toneladas (2020) a 70.000 toneladas.
- Incrementar la recuperación de chatarra ferrosa de procesos industriales de 40.000 toneladas (2018) a 700.000 toneladas.

[69] Fuente: Observatorio Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

[70] Fuente: Unstats.un.org.

# CONCLUSIÓN

# Hacia una hoja de ruta de políticas para la transición ambiental justa

A lo largo del presente documento se ha relevado, desde un enfoque prospectivo, el estado de situación base en términos de organización institucional, económica y productiva de cada uno de los cinco proyectos establecidos en esta Misión, centrada en la transición ambiental justa como vector para el desarrollo productivo nacional.

La transición ambiental justa presupone la necesidad de trabajar en sectores que serán claves en la economía de las próximas décadas de forma tal de generar oportunidades de empleo e inversión que permitan que la adecuación de métodos de producción no compatibles con un sendero de descarbonización de largo plazo no provoque impactos negativos permanentes en términos de generación de empleo, condiciones de vida y/o desarrollo territorial.

A lo largo del diagnóstico de los cinco proyectos se han analizado las áreas del sector productivo que se consideran más relevantes en términos de su dinamismo, su capacidad de contribución a la reducción de la intensidad de carbono y la presión ambiental -a partir del menor consumo de combustibles fósiles en la generación eléctrica y la producción industrial, el fomento a la eficiencia energética, la menor demanda de materiales vírgenes, el reciclaje y la reutilización - y su aporte al impulso del crecimiento de las inversiones, la generación de trabajo de calidad, la sostenibilidad de la producción, el aumento en la calidad de vida, la sustitución eficiente de importaciones y la promoción de las exportaciones vinculadas.

Los diagnósticos presentados en cada proyecto evidencian la existencia de oportunidades y ventajas para su desarrollo, señalando también los puntos en los que se requiere, con distinto grado de involucramiento, la intervención directa de la política pública y las instituciones pertinentes para convertirlos en política pública de largo plazo.

Para un acabado conocimiento de las dinámicas sectoriales, los diagnósticos se han construido a partir del análisis de dimensiones productivas –tales como la cantidad de puestos de trabajo, la distribución espacial de la producción, la evolución del comercio exterior– y regulatorias –marco normativo y políticas públicas existentes tanto a nivel local como internacional–, tendientes a fomentar las cadenas de valor involucradas. Asimismo, se realizaron diversas entrevistas y/o intercambios en distintas instancias institucionales con referentes y actores relevantes a cada proyecto pertenecientes al sector privado, público y del ámbito académico.

Estos diagnósticos constituyen bases para la construcción de una hoja de ruta ordenadora de demandas sectoriales y catalizadora de políticas públicas para planificar la transición ambiental justa con una marcada perspectiva desde la producción, de forma que sea una fuerte impulsora de la actividad económica y generadora neta de oportunidades de empleo, inversión y exportación y, adicionalmente, que tenga impacto en el desarrollo territorial.

Independientemente de los desafíos y las oportunidades particulares presentadas en los diagnósticos de cada uno de los proyectos, existen ciertos factores comunes en las necesidades de política pública. Los mismos se relacionan, principalmente, con el rol del Estado como planificador de largo plazo para el establecimiento de una hoja de ruta hacia la transición. En este sentido, la identificación y articulación de los actores clave para la conformación de un mercado y el desarrollo de las cadenas de valor resulta crucial. Es necesario que la agenda sea una cocreación entre el sector público y el sector privado y que, además, exista participación de las diversas áreas de gobierno involucradas en la transición energética. Más específicamente, los desafíos de esa agenda tienen que ver con propiciar los encadenamientos de los nichos de producción y fomentar a los proveedores locales, la formación y regularización en el mundo del trabajo, y la importancia de mejorar la interrelación entre el sector científico-tecnológico y la producción.

En lo que respecta al eje de proyectos ligados a la transición energética, nuestro país está dotado con los recursos naturales, técnicos y humanos que son condición necesaria de la actividad científico-tecnológica y productiva. Sin embargo, resulta necesario encauzar los lineamientos de política pública que permitan reanudar el crecimiento de la generación de energía eléctrica de fuentes renovables y en particular de la eólica y solar, impulsar la producción local de reactores de energía nuclear modular de origen local y la conformación de un marco normativo que dé impulso al desarrollo, la producción y el consumo del hidrógeno bajo en emisiones de carbono. Tampoco debe perderse de vista la oportunidad que puede traer consigo el desarrollo de proyectos de generación distribuida, que están mostrando una tendencia hacia la expansión a lo largo de todo el mundo.

En este sentido, es imprescindible contar con una planificación energética consistente y de largo plazo, no solo en vistas a 2030 sino a los objetivos de descarbonización hacia 2050, que tome en cuenta tanto los fundamentos de la descarbonización como las particularidades económicas de los proyectos aquí presentados de forma tal que sean una plataforma efectiva para el desarrollo del sector científico-tecnológico, el crecimiento de la producción industrial y de los servicios asociados.

A tales fines, resulta de suma importancia avanzar en la realización de un mapa de actores y de capacidades de la industria local actualizado regularmente, que dé cuenta del estado de las capacidades de corto, mediano y largo plazo para planificar de forma consistente el crecimiento del sector energético, para que las políticas de incentivo a la inversión sean compatibles con esquemas competitivos de desarrollo de cadena de suministros locales, el desarrollo científico y la innovación. La necesidad de mayor escala y estandarización, y la actualización tecnológica de la producción local, conjuntamente con la mejora de la calidad y la disponibilidad de condiciones de financiamiento competitivos a nivel local a largo plazo son también condiciones necesarias para que exista –a largo plazo– desarrollo de las capacidades locales en las cadenas de valor de energías bajas en carbono y para el desarrollo de un polo local productor y exportador de hidrógeno bajo en emisiones de carbono.

Sobre este último punto debe señalarse que las estrategias trazadas para el despliegue de los proyectos del eje de transición energética no pueden escindirse por tiempo prolongado de los patrones de competitividad internacional, dado que ello representaría tanto un mayor costo para la producción a nivel local por vía de un impacto tarifario en el caso del aumento de la contribución de las energías renovables a la matriz energética local, como una menor competitividad y potencial pérdida de mercados para el caso de la industria del hidrógeno y de los reactores nucleares modulares, que se avizoran a priori como los de mayor salida exportadora dentro de los complejos analizados en esta Misión. En este sentido, en el sector de las energías renovables las estrategias para el desarrollo de tecnólogos nacionales a largo plazo deben combinarse con la proyección de un volumen de demanda de componentes previsibles y políticas tarifarias acordes que permitan compatibilizar el aumento de la integración nacional con energía asequible para la producción industrial, el consumo de los hogares, y la reducción de los subsidios a la generación, así como con la difusión de mayores soluciones de generación distribuida que permitan a corto plazo impulsar el sector sorteando los cuellos de botella que las redes de transmisión representan para su crecimiento.

En el sector nuclear, por su parte, deben explorarse de forma efectiva oportunidades comerciales y mercados que permitan generar modelos de negocios compatibles con el desarrollo del prototipo del CAREM, donde asimismo se potencien sus ventajas –no solamente limitada a la menor inversión inicial requerida– en un contexto global donde la energía nuclear se ha revitalizado a la luz de la importancia de la soberanía energética frente a factores geopolíticos y al incremento de los precios de los combustibles fósiles. La evaluación de oportunidades debe considerar no solo la posibilidad de que Argentina se convierta en proveedor de los reactores modulares nucleares a nivel nacional e internacional sino también la opción de insertarse en el mercado de producción de partes, piezas y componentes.

De igual forma, en el sector del hidrógeno bajo en emisiones de carbono, debe trabajarse activamente en la conformación del marco normativo para la promoción de la actividad con base en la generación de oportunidades comerciales a escala, el mapeo de los recursos disponibles y costos asociados a su explotación y transporte, la disponibilidad y costo del financiamiento local e internacional y los riesgos asociados, y la identificación de las capacidades locales para proveer bienes, partes, insumos y servicios para la producción, de forma tal que pueda integrarse el crecimiento a largo plazo de la actividad con un impulso a la demanda de bienes industriales, servicios basados en el conocimiento y recursos humanos calificados con precios competitivos a nivel global.

En cuanto a los proyectos de esta Misión referentes a la eficiencia energética y la economía circular, varios de los puntos de acción identificados en los proyectos de transición energética se presentan también como recomendaciones de política adaptadas a las particularidades de este proyecto.

En primer lugar, la planificación energética de largo plazo es el punto de partida para ordenar incentivos que fomenten tanto la introducción de medidas de eficiencia energética, como

lógicas de consumo circulares en la producción, no limitados únicamente al sector productivo sino también a los patrones de consumo de los hogares.

A partir de lo relevado, la necesidad de mayor recambio de equipos de uso doméstico, como aires acondicionados, refrigeradores, cocinas, hornos, calefactores, entre otros, y la introducción de soluciones de energía solar térmica, abre oportunidades vincular la eficiencia energética con el crecimiento de la producción local a partir de un mayor volumen de mercado e integración de componente nacional.

Asimismo, se precisa acelerar el recambio y la modernización de equipos del sector industrial -especialmente motores junto a la introducción de variadores de velocidad- que favorezcan un incremento de la eficiencia energética y una reducción de la intensidad de carbono de la producción. A ello contribuye también la mayor difusión, conocimiento e implementación de estrategias de etiquetado y la introducción de diagnósticos energéticos ejecutados por profesionales experimentados en la materia, y la difusión de herramientas digitales y soluciones para una mejor gestión energética para el sector de las pequeñas y medianas empresas de forma de favorecer mejores prácticas que reduzcan su consumo y contribuyan a su competitividad.

Debe prestarse especial atención a las iniciativas en este sentido teniendo en cuenta que será un factor crecientemente preponderante, especialmente de las pequeñas y medianas empresas, considerando que tanto los cambios en la política energética a nivel doméstico como las iniciativas a nivel internacional para la regulación del comercio con base en la intensidad de carbono en la producción, tendrá un impacto relevante sobre la competitividad de este sector.

En igual sentido, la mayor penetración de soluciones inteligentes orientadas al mejoramiento de los patrones de consumo de los hogares representa un nicho con alta potencialidad de crecimiento a partir del desarrollo de software a nivel local, donde existe una probada competitividad en la materia. Inexorablemente, la hoja de ruta orientada a este sector de la producción debe ser compatible con los lineamientos generales de la planificación energética a los fines de propiciar el uso de equipamiento eficiente que contribuya a la reducción de la demanda de energía.

La orientación al impulso y promoción de los máximos estándares de eficiencia energética debe ser parte de los lineamientos generales de la hoja de ruta para esta Misión, de forma consistente con las demás iniciativas que fomenten la transición energética y la introducción y difusión creciente de lógicas de consumo circular de materiales.

Por último, y con relación al proyecto referido a la introducción de lógicas de consumo circulares de materiales, resulta necesario identificar y diagramar un completo mapa de actores involucrados en el proyecto actualizable regularmente. En este caso, sin embargo, la correcta identificación de los actores no solo debe hacer foco en dinamizar oportunidades de crecimiento de la actividad, sino también en formalizar los nichos de la actividad donde el trabajo informal y las condiciones laborales son un aspecto que demanda urgente atención.

La introducción de estándares, programas de compras públicas y otras iniciativas enfocadas a generar mercados es igualmente relevante en lo que respecta al dinamismo que requiere tomar el sector para aumentar las tasas locales de recuperación, reciclaje y reutilización de materiales que se encuentran por debajo de los estándares internacionales. En igual sentido, la valorización de los productos que promueven los preceptos de la economía circular debe encararse a partir de programas de amplia difusión y fácil adaptación para su conocimiento e internalización por parte de consumidores intermedios y finales. Nuevamente aquí, la articulación del sector público, el sector privado y el complejo científico tecnológico es esencial para el éxito en el diseño y la implementación de estas medidas de forma eficiente, en pos del aumento de la competitividad sistémica de la industria nacional y el beneficio de los consumidores. De manera complementaria, esto requiere de la sensibilización y capacitación de todos los actores involucrados, para que –desde sus respectivos roles y responsabilidades– puedan efectivamente avanzar en la incorporación de la dimensión.

En suma, la construcción de una hoja de ruta para la Misión de transición ambiental justa como vector para el desarrollo productivo demanda la generación de amplios consensos y un fuerte trabajo articulado entre el sector privado, el sector público y el complejo científico tecnológico.

Los principios rectores de esta estrategia deben estar orientados a la construcción de oportunidades de largo plazo para el desarrollo de la producción local de bienes y la provisión de servicios, apalancados en soluciones de creciente valor agregado y basadas en la competitividad de nuestros recursos humanos y naturales, para abastecer la demanda creciente de nuevos sistemas energéticos, y acompañar la reducción de la presión ambiental y la intensidad de carbono de la producción doméstica.

En este sentido, los contenidos volcados en este documento procuran aportar a la construcción de esa hoja de ruta, con consensos sectoriales y recomendaciones de política de largo plazo. A modo de cierre, debe considerarse que tales contenidos procuran abrir y mejorar la calidad del debate público en Argentina más que cerrarlo. Es por ello que, de cara al futuro, serán muy necesarios aportes y comentarios de los distintos actores involucrados para, en base a evidencia rigurosa, poder mejorar y actualizar los diagnósticos y las propuestas de política pública que permitan una Argentina más desarrollada, más inclusiva y más sostenible.

# ANEXOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

# Anexo 1. Metas consolidadas de la misión

### CUADRO 20. METAS DE LA MISIÓN 2

| # de meta | Proyecto | Meta específica | Línea de base (2021) | Meta 2030 | Variación |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.1 | 1 - Renovables | Abastecimiento de la demanda de energía eléctrica con renovables conectadas a la red (en %) | 13% | 25% | +12 p.p. |
| 2.2 | 1 - Renovables | Potencia solar fotovoltaica producida con equipamientos nacionales | N/D | 850 MW (acumulado 2023-2030) | +850 MW |
| 2.3 | 1 - Renovables | Capacidad de producción nacional de turbinas para energía eólica | 400 MW/año (ocioso) | >800 MW/año (operativo) | >800 MW/año (operativo) |
| 2.4 | 1 - Renovables | Generación distribuida | 17 MW (2022) | 1.000 MW | +983 MW |
| 2.5 | 1 - Renovables | Tasa de feminización en empresas de generación de energía | 17% | 25% | +8 p.p. |
| 2.6 | 1 - Renovables | Cantidad de empresas inscriptas en el REPROER (bienes) | 271 (2022) | 500 | 229 |
| 2.7 | 1 - Renovables | Puestos de trabajo en empresas inscriptas en el REPROER (bienes) | 38.181 (2022) | 70.000 | 83% |
| 2.8 | 1 - Renovables | Porcentaje de empresas inscriptas en el REPROER (bienes) fuera de CABA+PBA | 49% (2022) | 54% | +5 p.p. |
| 2.9 | 2 - SMRs | Puesta en marcha del prototipo CAREM-25 | En proceso | Realizado | No aplica |
| 2.10 | 2 - SMRs | Desarrollo del prototipo comercial CAREM | En proceso | Realizado | No aplica |
| 2.11 | 2 - SMRs | Tasa de feminización del sector SMR | <10% | 18% | +8 p.p. |
| 2.12 | 2 - SMRs | Cantidad de pymes proveedoras de energía nuclear | 905 | 1000 | 95 |
| 2.13 | 3 - Hidrógeno | Producción de hidrógeno verde | 0 | 1.600.000-2.300.000 de toneladas anuales | >1.600.000 tn |

*Continúa.*

*Continuación.*

| # de meta | Proyecto | Meta específica | Línea de base (2021) | Meta 2030 | Variación |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.14 | 3 - Hidrógeno | Inversiones efectivizadas en hidrógeno verde | 0 | USD 14.000 millones | + USD 14.000 millones |
| 2.15 | 3 - Hidrógeno | Exportaciones de hidrógeno verde | 0 | USD 2.200 millones anuales | + USD 2.200 millones anuales |
| 2.16 | 3 - Hidrógeno | Empleos directos e indirectos en hidrógeno verde | <1.000 | Al menos 12.000 | 12 |
| 2.17 | 3 - Hidrógeno | Tasa de feminización de los empleos creados asociados al hidrógeno verde | Est. 20% | 30% | + 10 p.p. |
| 2.18 | 4 - Eficiencia energética | Cantidad de heladeras recambiadas con antigüedad mayor a 15 años por otras más nuevas y de eficiencia A o superior | 9.599.751 | 0% | - 9.599.751 |
| 2.19 | 4 - Eficiencia energética | Tasa de feminización del sector sistema de motores | 21% (promedio 2012-2021) | 25% | +4 p.p. |
| 2.20 | 4 - Eficiencia energética | Sistemas solares térmicos instalados | 57.076 m2 (2019) | 9.000.000 m2 (total acumulado) | > 9.000.000 $m^2$ |
| 2.21 | 4 - Eficiencia energética | % de equipos de fabricación nacional sobre el total de SST comercializados | 22% | 90% | +68 p.p. |
| 2.22 | 4 - Eficiencia energética | Capacidad de fabricación nacional de calefones solares | 15.000 equipos | 1.200.000 equipos | >1.200.000 equipos |
| 2.23 | 4 - Eficiencia energética | Total empleo asociado de manera directa al sector de la energía solar térmica | 1.267 (2019) | 21.494 empleos totales (9.427 empleos de producción + 12.067 empleos de instalación) | +20.227 puestos |

*Continúa.*

*Continuación.*

| # de meta | Proyecto | Meta específica | Línea de base (2021) | Meta 2030 | Variación |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.24 | 4 - Eficiencia energética | Total empresas vinculadas al sector sistemas y dispositivos de control y gestión inteligente de la energía | 14 (2019) | 100 | 86 |
| 2.25 | 5 - Economía circular | Contar con un sistema integrado de estadísticas e indicadores de economía circular para tener una línea de base y capacidad de monitoreo de avances concretos | En proceso | Realizado | No aplica |
| 2.26 | 5 - Economía circular | % de firmas industriales (de más de 10 personas) que realizan mejoras en la eficiencia en el uso del agua, insumos y energía | 59% (2014-2016) | 70% | +11 p.p. |
| 2.27 | 5 - Economía circular | Tasa de formalidad en el empleo de recuperadores | ~33% | 70% | +37 p.p. |
| 2.28 | 5 - Economía circular | Tasa de pobreza en el segmento de recolección/recuperación de materiales y desperdicios | 44% | 22% | -22 p.p. |
| 2.29 | 5 - Economía circular | Tasa de pobreza en el comercio de bienes intermedios en base a desechos | 62% | 30% | -32 p.p. |
| 2.30 | 5 - Economía circular | Tasa de accidentabilidad laboral en recolectores - Casos con día de baja o secuelas incapacitantes por cada 1.000 trabajadores cubiertos (CLAE 381) | 191.9 (2019) | 96 | -50% |
| 2.31 | 5 - Economía circular | Tasa de accidentabilidad laboral en recuperadores - Casos con día de baja o secuelas incapacitantes por cada 1.000 trabajadores cubiertos (CLAE 382) | 127.6 (2019) | 64 | -50% |
| 2.32 | 5 - Economía circular | % de firmas industriales (de más de 10 personas) que utilizan residuos para generar subproductos | 11% | 20% | +9 p.p. |
| 2.33 | 5 - Economía circular | % de residuos sólidos urbanos valorizados | 6% (2018) | 30% | +24 p.p. |

*Continúa.*

*Continúa.*

| # de meta | Proyecto | Meta específica | Línea de base (2021) | Meta 2030 | Variación |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.34 | 5 - Economía circular | Huella material (monto de materiales primarios usados) por unidad de PIB | 1,54 kg por unidad de PIB | 1,08 kg por unidad de PIB | -30% |
| 2.35 | 5 - Economía circular | % de reciclado de polietileno | 12% (2016) | 20% | +8 p.p. |
| 2.36 | 5 - Economía circular | % de reciclado de polipropileno | 12% (2016) | 20% | +8 p.p. |
| 2.37 | 5 - Economía circular | % de reciclado de PET | 25% (2016) | 45% | +20 p.p. |
| 2.38 | 5 - Economía circular | % de aluminio disponible en el mercado | 10% (2018) | 20% | +10 p.p. |
| 2.39 | 5 - Economía circular | Chatarra ferrosa de procesos industriales recuperada | 40.000-60.000 toneladas (2018) | 700.000 toneladas | >640.000 toneladas |
| 2.40 | 5 - Economía circular | NFU de procesos industriales y mineros recuperados | 15.000 toneladas (2020) | 70.000 toneladas | +45.000 toneladas |
| 2.41 | 5 - Economía circular | Cantidad de empresas formales en recuperación de materiales y desechos metálicos y no metálicos | 234 | 384 | 150 |

# Anexo 2. Economía circular

**CUADRO 21. CUADROS DE CLAE CONSIDERADOS PARA CADA ETAPA EN LA CADENA DE VALOR PARA CADA CORRIENTE DE RESIDUO**

| CLAE 6 dígitos | Descripción | Etapa del proceso |
|---|---|---|
| | **Chatarra ferrosa** | |
| 243100 | Fundición de hierro y acero | 1 |
| 241001 | Laminación y estirado. Producción de lingotes, planchas o barras fabricadas por operadores independientes | 2 |
| 241009 | Fabricación en industrias básicas de productos de hierro y acero n.c.p. (Incluye la producción de hojalata) | |
| 251102 | Fabricación de productos metálicos para uso estructural | 3 |
| 251200 | Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal | |
| 251300 | Fabricación de generadores de vapor | |
| 252000 | Fabricación de armas y municiones | |
| 259100 | Forjado, prensado, estampado y laminado de metales, pulvimetalurgia | |
| 259200 | Tratamiento y revestimiento de metales y trabajos de metales en general | |
| 259301 | Fabricación de herramientas manuales y sus accesorios | |
| 259302 | Fabricación de artículos de cuchillería y utensillos de mesa y de cocina | |
| 259309 | Fabricación de cerraduras, herrajes y artículos de ferretería n.c.p. | |
| 259991 | Fabricación de tejidos de alambre | |
| 259992 | Fabricación de cajas de seguridad | |
| 259993 | Fabricación de productos metálicos de tornería y/o matricería | |
| 259999 | Fabricación de productos elaborados de metal n.c.p. | |
| 275010 | Fabricación de cocinas, calefones, estufas y calefactores no eléctricos | |
| 281100 | Fabricación de motores y turbinas, excepto motores para aeronaves, vehículos automotores y motocicletas | |
| 281400 | Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranaje y piezas de transmisión | |
| 281500 | Fabricación de hornos, hogares y quemadores | |

*Continúa.*

*Continuación.*

| CLAE 6 dígitos | Descripción | Etapa del proceso |
|---|---|---|
| | **Chatarra ferrosa** | |
| 281600 | Fabricación de maquinaria y equipo de elevación y manipulación | 3 |
| 281700 | Fabricación de maquinaria y equipo de oficina, excepto equipo informático | |
| 281900 | Fabricación de maquinaria y equipo de uso general n.c.p. | |
| 282110 | Fabricación de tractores | |
| 282120 | Fabricación de maquinaria y equipo de uso agropecuario y forestal | |
| 282130 | Fabricación de implementos de uso agropecuario | |
| 282200 | Fabricación de máquinas herramienta | |
| 282300 | Fabricación de maquinaria metalúrgica | |
| 282400 | Fabricación de maquinaria para la explotación de minas y canteras y para obras de construcción | |
| 282500 | Fabricación de maquinaria para la elaboración de alimentos, bebidas y tabaco | |
| 282600 | Fabricación de maquinaria para la elaboración de productos textiles, prendas de vestir y cueros | |
| 282901 | Fabricación de maquinaria para la industria del papel y las artes gráficas | |
| 282909 | Fabricación de maquinaria y equipo de uso especial n.c.p. | |
| 291000 | Fabricación de vehículos automotores | |
| 292000 | Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, fabricación de remolques y semirremolques | |
| 293011 | Rectificación de motores | |
| 293090 | Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores y sus motores n.c.p. | |
| 301100 | Construcción y reparación de buques | |
| 301200 | Construcción y reparación de embarcaciones de recreo y deporte | |
| 302000 | Fabricación y reparación de locomotoras y de material rodante para transporte ferroviario | |
| 309100 | Fabricación de motocicletas | |
| 309200 | Fabricación de bicicletas y de sillones de ruedas ortopédicos | |
| 309900 | Fabricación de equipo de transporte n.c.p. | |

*Continúa.*

*Continuación.*

| CLAE 6 dígitos | Descripción | Etapa del proceso |
|---|---|---|
| **Chatarra ferrosa** | | |
| 331101 | Reparación y mantenimiento de productos de metal, excepto maquinaria y equipo | 3 |
| 331210 | Reparación y mantenimiento de maquinaria de uso general | |
| 331220 | Reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo de uso agropecuario y forestal | |
| 331290 | Reparación y mantenimiento de maquinaria de uso especial n.c.p. | |
| 331400 | Reparación y mantenimiento de maquinaria y aparatos eléctricos | |
| 331900 | Reparación y mantenimiento de máquinas y equipo n.c.p. | |
| 452220 | Reparación de amortiguadores, alineación de dirección y balanceo de ruedas | |
| 452600 | Reparación y pintura de carrocerías, colocación y reparación de guardabarros y protecciones exteriores | |
| 452700 | Instalación y reparación de caños de escape y radiadores | |
| 452800 | Mantenimiento y reparación de frenos y embragues | |
| 452910 | Instalación y reparación de equipos de GNC | |
| 452990 | Mantenimiento y reparación del motor n.c.p., mecánica integral | |
| 454020 | Mantenimiento y reparación de motocicletas | |
| 381100 | Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos | 4 |
| 382010 | Recuperación de materiales y desechos metálicos | |
| **Chatarra no ferrosa (aluminio)** | | |
| 242010 | Elaboración de aluminio primario y semielaborados de aluminio | 1 y 2 |
| 242090 | Fabricación de productos primarios de metales preciosos y metales no ferrosos n.c.p. y sus semielaborados | |
| 243200 | Fundición de metales no ferrosos | |
| 251101 | Fabricación de carpintería metálica | |
| 251200 | Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal | 3 |
| 259100 | Forjado, prensado, estampado y laminado de metales, pulvimetalurgia | |
| 259302 | Fabricación de artículos de cuchillería y utensillos de mesa y de cocina | |

*Continúa.*

*Continuación.*

| CLAE 6 dígitos | Descripción | Etapa del proceso |
|---|---|---|
| **Chatarra no ferrosa (aluminio)** | | |
| 259910 | Fabricación de envases metálicos | 3 |
| 259999 | Fabricación de productos elaborados de metal n.c.p. | |
| 275010 | Fabricación de cocinas, calefones, estufas y calefactores no eléctricos | |
| 281100 | Fabricación de motores y turbinas, excepto motores para aeronaves, vehículos automotores y motocicletas | |
| 303000 | Fabricación y reparación de aeronaves | |
| 309200 | Fabricación de bicicletas y de sillones de ruedas ortopédicos | |
| 381100 | Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos | 4 |
| 382010 | Recuperación de materiales y desechos metálicos | |
| **Plásticos** | | |
| 61000 | Extracción de petróleo crudo (Incluye arenas alquitraníferas, esquistos bituminosos o lutitas, aceites de petróleo y de minerales bituminosos, petróleo, etc.) | 1 |
| 62000 | Extracción de gas natural (Incluye gas natural licuado y gaseoso) | |
| 89300 | Extracción de sal | |
| 352010 | Fabricación de gas y procesamiento de gas natural | |
| 192000 | Fabricación de productos de la refinación del petróleo | 2 |
| 201401 | Fabricación de resinas y cauchos sintéticos | |
| 201409 | Fabricación de materias plásticas en formas primarias n.c.p. | |
| 222010 | Fabricación de envases plásticos | 3 |
| 222090 | Fabricación de productos plásticos en formas básicas y artículos de plástico n.c.p., excepto muebles | |
| 259302 | Fabricación de artículos de cuchillería y utensillos de mesa y de cocina | |
| 293090 | Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores y sus motores n.c.p. | |
| 324000 | Fabricación de juegos y juguetes | |
| 381100 | Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos | 4 |

*Continúa.*

*Continuación.*

| CLAE 6 dígitos | Descripción | Etapa del proceso |
|---|---|---|
| | **Plásticos** | |
| 382020 | Recuperación de materiales y desechos no metálicos | 4 |
| | **Papel y cartón** | |
| 170101 | Fabricación de pasta de madera | 1 |
| 170102 | Fabricación de papel y cartón excepto envases | 2 |
| 170201 | Fabricación de papel ondulado y envases de papel | |
| 170202 | Fabricación de cartón ondulado y envases de cartón | |
| 170910 | Fabricación de artículos de papel y cartón de uso doméstico e higiénico sanitario | |
| 170990 | Fabricación de artículos de papel y cartón n.c.p. | |
| 381100 | Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos | 3 |
| 382020 | Recuperación de materiales y desechos no metálicos | |
| | **Vidrio** | |
| 231010 | Fabricación de envases de vidrio | 1 |
| 231020 | Fabricación y elaboración de vidrio plano | |
| 231090 | Fabricación de productos de vidrio n.c.p. | |
| 452300 | Instalación y reparación de parabrisas, lunetas y ventanillas, cerraduras no eléctricas y grabado de cristales | |
| 381100 | Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos | 2 |
| 382020 | Recuperación de materiales y desechos no metálicos | |
| | **RAEE** | |
| 261000 | Fabricación de componentes electrónicos | 1 |
| 262000 | Fabricación de equipos y productos informáticos | |
| 263000 | Fabricación de equipos de comunicaciones y transmisores de radio y televisión | |
| 264000 | Fabricación de receptores de radio y televisión, aparatos de grabación y reproducción de sonido y video, y productos conexos | |
| 265101 | Fabricación de instrumentos y aparatos para medir, verificar, ensayar, navegar y otros fines, excepto el equipo de control de procesos industriales | |

*Continúa.*

*Continuación.*

| CLAE 6 dígitos | Descripción | Etapa del proceso |
|---|---|---|
| | **RAEE** | |
| 265102 | Fabricación de equipo de control de procesos industriales | 1 |
| 265200 | Fabricación de relojes | |
| 266010 | Fabricación de equipo médico y quirúrgico y de aparatos ortopédicos principalmente electrónicos y/o eléctricos | |
| 266090 | Fabricación de equipo médico y quirúrgico y de aparatos ortopédicos n.c.p. | |
| 267001 | Fabricación de equipamiento e instrumentos ópticos y sus accesorios | |
| 267002 | Fabricación de aparatos y accesorios para fotografía excepto películas, placas y papeles sensibles | |
| 268000 | Fabricación de soportes ópticos y magnéticos | |
| 271010 | Fabricación de motores, generadores y transformadores eléctricos | |
| 271020 | Fabricación de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica | |
| 272000 | Fabricación de acumuladores, pilas y baterías primarias | |
| 273110 | Fabricación de cables de fibra óptica | |
| 273190 | Fabricación de hilos y cables aislados n.c.p. | |
| 274000 | Fabricación de lámparas eléctricas y equipo de iluminación | |
| 275020 | Fabricación de heladeras, "freezers", lavarropas y secarropas | |
| 275091 | Fabricación de ventiladores, extractores de aire, aspiradoras y similares | |
| 275092 | Fabricación de planchas, calefactores, hornos eléctricos, tostadoras y otros aparatos generadores de calor | |
| 275099 | Fabricación de aparatos de uso doméstico n.c.p. | |
| 279000 | Fabricación de equipo eléctrico n.c.p. | |
| 281201 | Fabricación de bombas | |
| 281301 | Fabricación de compresores, grifos y válvulas | |
| 452401 | Reparaciones eléctricas del tablero e instrumental, reparación y recarga de baterías, instalación de alarmas, radios, sistemas de climatización | |

*Continúa.*

*Continuación.*

| CLAE 6 dígitos | Descripción | Etapa del proceso |
|---|---|---|
| **RAEE** | | |
| 381200 | Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos | 3 |
| **NFU** | | |
| 221110 | Fabricación de cubiertas y cámaras | 1 |
| 221120 | Recauchutado y renovación de cubiertas | |
| 221901 | Fabricación de autopartes de caucho excepto cámaras y cubiertas | |
| 221909 | Fabricación de productos de caucho n.c.p. | |
| 452210 | Reparación de cámaras y cubiertas. | |
| 381100 | Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos | 3 |
| 382020 | Recuperación de materiales y desechos no metálicos | |

# Anexo 3. Las industrias y la circularidad de sus desechos

**CUADRO 22. REGRESIÓN LINEAL: CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES QUE REALIZAN ACCIONES PARA LA CIRCULARIDAD DE SUS DESECHOS**

| **Región (categoría base: Cuyo)** | |
|---|---|
| Norte Grande | 0,0757*** |
| Pampeana | -0,0042 |
| Patagonia | -0,0263 |
| CABA y GBA | -0,0621*** |
| Norte Grande | 0,0757*** |
| **Rama (categoría base: alimentos)** | |
| Tabaco | 0,0644 |
| Productos textiles | 0,0014 |
| Confecciones | -0,0419 |
| Cuero | 0,0272 |
| Madera | 0,1205*** |
| Papel | 0,049 |
| Edición | 0,0052 |
| Productos de petróleo | -0,0921 |
| Productos químicos | 0,0373 |
| Productos de caucho y plástico | 0,1163*** |
| Otros minerales no metálicos | 0,05 |
| Metales comunes | 0,0581 |
| Otros productos de metal | 0,015 |
| Maquinaria y equipo | -0,0515 |
| Instrumentos médicos | -0,0364 |
| Otro equipo de transporte | -0,0388 |
| Muebles, joyas, juguetes, art deporte | 0,0585* |
| Reciclamiento de desperdicios y desechos | 0,5396*** |
| Máquina herramienta en general | -0,0618* |
| Frigoríficos | 0,0445 |

*Continúa.*

*Continuación.*

| **Rama (categoría base: alimentos)** | |
|---|---|
| Productos lácteos | -0,0163 |
| Vinos y otras bebidas fermentadas | 0,0172 |
| Farmacéuticas | -0,0639 |
| Maquinaria Agropecuaria y Forestal | -0,1037** |
| Aparatos de uso doméstico | 0,0016 |
| Material eléctrico, radio, televisión | 0,0202 |
| Vehículos automotores | 0,2118** |
| Carrocerías, remolques y semirremolques | -0,0513 |
| Autopartes | 0,0091 |
| **Tamaño (categoría base: entre 10 y 25 empleados)** | |
| 26 y 100 | 0,0106 |
| de 101 a 500 | 0,0526*** |
| Más de 500 | 0,2695*** |
| **Actividad de innovación (categoría base: hace innovación)** | |
| No hace innovación | -0,0493*** |
| Año inicio de la actividad | 0 |
| **Porcentaje de participación extranjera (categoría base: 0%)** | |
| De 1 a 49% | 0,0314 |
| De 50% a 99% | -0,008 |
| 100% | 0,0161 |
| **Porcentaje de producción que se exporta (categoría base: 0%)** | |
| Hasta 10% | 0.012 |
| 11% - 20% | 0.0709** |
| 21% - 30% | 0.0661* |
| 31% - 50% | 0.0842** |
| Más del 50% | 0.0827*** |
| Constante | 0.0207 |
| R cuadrado | 0.1057 |
| N | 3928 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

# Bibliografía

ABDI (2014). Mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponible en https://www.cier.org

Abdulla, A., Azevedo, I. L., y Morgan, M. G. (2013). Expert assessments of the cost of light water small modular reactors. P*roceedings of the National Academy of sciences, 110*(24), 9686-9691. https://doi.org/10.1073/pnas.1300195110

Agencia Internacional de la Energía Atómica (2021). ¿Qué son los reactores modulares pequeños (SMR)? Oficina de Información al Público y Comunicación del AIEA. 03/12/21. Disponible en https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-son-los-reactores-modulares-pequenos-smr

Aggio, C., Verre, V., y Gatto, F. (2018). *Innovación y marcos regulatorios en energías renovables:el caso de la energía eólica en la Argentina.* Documento de trabajo Nº 14. CIECTI. Disponible en http://www.ciecti.org.ar/wp-content/uploads/2019/01/DT14_Eo%CC%81lica_v05_Digital.pdf

Andreoni, A., Creamer, K., Mazzucato, M and Steyn, G. (2022) *How can South Africa advance a new energy paradigm? A mission-oriented approach to megaprojects.* Documento de trabajo No. WP 2022/03. UCL Institute for Innovation and Public Purpose. Disponible en https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/wp2022-03

Barrera, M., Serrani, E. y Sabbatella, I. (2020). Análisis de la cadena de valor de tecnologías de energías renovables en Argentina. Banco Mundial, proyecto PMR.

Beaujon Marín, A., López Soto, D., Magdalena Méndez, F., Balestro, F., Goldstein, E. y Rijter, G. (2022). Género y Energía en Argentina: La participación de las mujeres en el sector de generación eléctrica. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Bersalli, G. (2016). El bloqueo tecnológico en el sector eléctrico argentino: Barreras a la difusión de las nuevas energías renovables. Dunken.

Bersalli, G., Hallack, M., Guzowski, C., Losekann, L., y Zabaloy, M. F. (2018). La efectividad de las políticas de promoción de fuentes renovables de energía: experiencias en América del Sur. *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica Y El Caribe, 2*(1), 158–174. Disponible en https://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/53/32

BID (2018). Género y energía: Un tema de todos. Banco Interamericano de Desarrollo.

Bleischwitz, R., Yang, M., Huang, B., Xiaozhen, X. U., Zhou, J., McDowall, W., Andrews-Speed, P., Liu, Z. y Yong, G. (2022). The circular economy in China: Achievements, challenges and potential implications for decarbonisation. *Resources, Conservation and Recycling, 183*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106350

Bollaín Pastor, C. y Agulló, D. (2019). Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública. *Revista Española de Salud Pública, 93*.

Bleischwitz, R., Yang, M., Huang, B., XU, X., Zhou, J., McDowall, W., Andrews-Speed, P., Liu, Z., y Yong, G. (2022). The circular economy in China: Achievements, challenges and potential implications for decarbonisation.

Bril Mascarenhas, T., Gutman, V., Dias Lourenco, M. B., Pezzarini, L., Palazzo, G. y Anauatti, M. V. (2021). *Políticas de desarrollo productivo verde para la Argentina*. Documentos de trabajo. FUNDAR. Disponible en https://fund.ar/wp-content/.

CADER (2013). +Renovables 2012-2013. Cámara Argentina de Energías Renovables.

Calá, C. D. (2021) *Innovación con triple impacto: circularidad y tecnologías para la sustentabilidad en el sector pesquero.* Documentos de Trabajo del CCE N° 11, Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.

CAMMESA (2022) *Informe anual 2021.* Disponible en https://cammesaweb.cammesa.com.

Caro A. (2019). El futuro del sector nuclear en Argentina. Análisis y propuesta. Parte 1: Generación Nucleoeléctrica. Disponible en https://drive.google.com/file/d/15R7Qg4RAsZ0-q5d0FDbEyW3zeEBhzpNT/view

Cattaneo, J.I. (2019). *CAREM: Viabilidad Técnica, Económica y Ambiental de la utilización del primer reactor de potencia argentino para la desalinización de agua.* [Tesis de maestría, CEARE, Universidad Nacional de Buenos Aires]. Disponible en https://www.ceare.org/tesis/2019/tes43.pdf

CEAMSE (2015). Estudio de la calidad de los residuos sólidos urbanos (RSU) de la ciudad autónoma de Buenos Aires. CEAMSE.

CEPAL (2009). Situación y perspectivas de la eficiencia energética en América Latina y El Caribe.

CEPAL. (24-26 octubre de 2022). *Towards transformation of the development model in Latin America and the Caribbean: production, inclusion and sustainability.* 39º Sesión CEPAL, Buenos Aires.

Circle economy. (2022). Circularity Gap Report.

CNV (2019). Lineamientos para emisión de bonos verdes, sociales y sustentables.

CNV (2022). Ecosistema de finanzas sostenibles en Argentina. Comisión Nacional de Valores. Disponible en https://www.argentina.gob.ar.

Conte, N. (2022). Visualizing China's Dominance in the Solar Panel Supply Chain. *Visual Capitalist.* 30 de agosto de 2022. Disponible en https://www.visualcapitalist.com/visualizing-chinas-dominance-in-the-solar-panel-supply-chain/

Costa Vila H., Ramón M. (2017). *Industrias metálicas básicas, siderurgia y aluminio. Subsecretaría de programación microeconómica*. Informes de cadena de valor. Año 2, Nº26. Ministerio de Hacienda. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe_cadena_de_valor_metalicas_basicas.pdf

Costa Vila H. y Ruggiero M. (2016). *Petroquímica-Plástica.* Informes de cadenas de valor. Año 1, N° 10. Subsecretaría de programación microeconómica. Ministerio de Hacienda. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe_cadenas_de_valor_petroquimica_-_plastica.pdf

CNEA (2022) Reactor argentino CAREM. Primer reactor de potencia 100% argentino. Comisión Nacional de Energía Atómica. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/cnea/carem

De Faria, H., Trigoso, F. B. M., y Cavalcanti, J. A. M. (2017). Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75*, 469-475. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.076

De la Fuente, A. (2022). ¿Cómo afecta la guerra de Ucrania a las economías europeas? Algunos indicadores preliminares. *FEDEA, Colección Apuntes,* (2022-07).

De Melo, C. A., da Silva, M. P., y da Silva Benedito, R. (2020). Renewable energy technologies: patent counts and considerations for energy and climate policy in Brazil. *Climate and Development 13*(7), 630-643. https://doi.org/10.1080/17565529.2020.1848778

Denison, R. A. (1996). Environmental life-cycle comparisons of recycling, landfilling, and incineration: A Review of Recent Studies. *Annual Review of Energy and the Environment, 21,* 191-237. https://doi.org/10.1146/annurev.energy.21.1.191

DNEE (2019) *Informe de Gestión 2016-2019.* Dirección Nacional de Eficiencia Energética. Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética - Secretaría de Energía-Ministerio de Hacienda de la Nación. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/if-2019-97939676-apn-dneemha_ig_eficiencia_energetica_version_impresa.pdf

Energía Estratégica (2022, 9 de junio). PMGD alcanzan los 50 MW de potencia instalada en lo que va del 2022. *Energía estratégica*. https://www.energiaestrategica.com/pmgd-alcanzan-los-50-mw-de-potencia-instalada-en-lo-que-va-del-2022/

EPEC (s.f.) La tecnología hidroeléctrica. Disponible en https://www.epec.com.ar/docs/epec-educando/la-tecnologia-hidroelectrica.pdf

Fraguas, F. (2019). *Energía nuclear en el mundo: estado del arte y proyecciones futuras.* [Tesis de maestría, Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética (CEARE), Universidad de Buenos Aires].

Fundación Ellen MacArthur (2015). Hacia un economía circular: motivos económicos para una transición acelerada.

Fundación Ellen MacArthur (2016). *Report Rethinking the Future of Plastics World Economic Forum.* Ellen MacArthur Foundation. Disponible en https://ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics

Fundación YPF (2022). Mapa de minas de uranio. Disponible en https://energiasdemipais.educ.ar/edmp_recurso/mapa-de-minas-de-uranio/

Gadano, J. (2020). *La energía nuclear: ¿parte del problema o de la solución?* Informe de Coyuntura Energética, pp.4-11.

García de Fonseca, L., Parikh, M., y Manghani, R. (2019). *Evolución futura de costos de las energías renovables y almacenamiento en América Latina.* Nota técnica - Departamento de Infraestructura y Energía/ División de Energía. Banco Interamericano de Desarrollo.

Geyer, R., Jambeck, J. y Law, K. L. (2017). Production, use and fate of all plastics ever made. *Science Advance, 3*(7). DOI: 10.1126/sciadv.1700782

Gil, S. (2021a). Sector residencial. Acondicionamiento térmico. *Consorcio liderado por GFA Consulting Group.* Disponible en https://www.eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/04271458_02.SectorResidencial-AcondicionamientoTrmico.pdf

Gil, S. (2021b). Sector residencial. Agua caliente sanitaria. *Consorcio liderado por GFA Consulting Group.* Disponible en https://www.eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/04271009_03.SectorResidencial-ACS.pdf

Global CCS Institute (2021). Global Status of CCS 2021.

Goldemberg, J., Schaeffer, R., Szklo, A., y Lucchesi, R. (2014). Oil and natural gas prospects in South America: Can the petroleum industry pave the way for renewables in Brazil? *Energy Policy, 64.* 10.1016/j.enpol.2013.05.064

Goldman Sachs. (2022). The Evolution towards a Circular Economy. Disponible en: www.goldmansachs.com/insights/pages/gs-research/gs-sustain-circular-economy/report.pdf.

Goldstein, E. (2022). *Esquema asociativo para el financiamiento de proyectos de Eficiencia Energética y Energías Renovables.* Entregable N° 3. Informe final.

Grasso, H. (1979). *Aspectos de la participación nacional argentina*. Curso latinoamericano de ingeniería nuclear orientado a la capacitación básica para la implementación de programas nucleoeléctricos. Comisión interamericana de energía nuclear y Comisión Nacional de energía atómica (CNEA)

IAEA (2018), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A supplement to: IAEA. Advanced Reactors Information System (ARIS). IAEA. Disponible en https://aris.iaea.org/Publications/SMR-Book_2018.pdf

IAEA (2020). Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A supplement to: IAEA. Advanced Reactors Information System (ARIS). IAEA Disponible en https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf

IEA (2021). World Energy Outlook. Octubre 2020.

Inchauspe, E., y Barrera, M. (2015). Estudio sobre la cadena de bienes de capital para la energía eólica en el Mercosur: Un abordaje del desarrollo productivo y la asociatividad empresarial. En P. Trucco (Ed.), *Socios en la integración productiva. La estrategia asociativa de las empresas en el Mercosur* (109–146). Teseo/FLACSO/LATN.

IPCC (2022). Summary for Policymakers. En H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (3–33). Cambridge University Press. DOI:10.1017/9781009325844.001

IRENA (2019). Renewable Capacity Statistics 2019.

IRENA (2021). Estadísticas de Capacidad Renovable 2021. International Renewable Energy Agency.

IRENA (2022). Renewable Power Generation Costs in 2021. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA e ILO (2021). Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021. International Renewable Energy Agency yInternational Labour Organization. Abu Dhabi, Geneva.

Kawai Junior, M., Valei Soares, A., Franco Barbosa, P., y Morales Udaeta, M. E. (2015). Distributed generation in Brazil: Advances and gaps in regulation. *IEEE Latin America Transactions, 13(8),* 2594 - 2601. DOI: 10.1109/TLA.2015.7332137

Kern, F., y Markard, J. (2016). Analyzing Energy Transitions: Combining Insights from Transition Studies and International Political Economy. En T. Van de Graaf, B. K. Sovacool, A. Ghosh, F. Kern, M. T. Klare, *The Palgrave Handbook of the International Political Economy of Energy* (291-318). Palgrave.

Lacabana, M., Schamber, P., y Moreno, F. (2015). Subsistemas económicos, territorio y ambiente: El reciclaje en el conurbano sur de Buenos Aires. *Proyección, 9*(18), 118-145. Disponible en https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/7377/07-proy18-lacabana.pdf

Lacaze, L., Zampelli, R., Estayno, S. y Braude, H. (2021). *Tecnologías para la eficiencia energética residencial y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Criterios de política pública para su priorización y marco de propuestas para su desarrollo y adopción en el contexto argentino.* Documentos de Trabajo del CCE N° 14. Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.

Lacy y Rutqvist (2015). Waste to wealth: The circular economy advantage.

Lawlor, E. y Spratt, S. (2021) *Circular investment: A review of global spending and barriers to increasing it.* Documento de trabajo. Chatham House y Just economics. Disponible en https://static.resourcetrade.earth/JE-07-Circular-Economy-Report-vf.pdf

Ley 27.191 (2015) Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación. 15 de octubre de 2015 (Argentina).

Lima, M. A., Mendes, L. F. R., Mothé, G. A., Linhares, F. G., de Castro, M. P. P., da Silva, M. G. y Sthel, M. S. (2020). Renewable energy in reducing greenhouse gas emissions: Reaching the goals of the Paris agreement in Brazil. *Environmental Development, 33*. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100504

Lopez de Mesa Cuervo, J. O. (2022). De la geopolítica a la geoeconomía y viceversa: El conflicto en Ucrania como una guerra híbrida. *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad, 17*(1), 7-12. https://doi.org/10.18359/ries.6320

Maffei, L. y Burucua, A. (2020). *Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y empleo en la Argentina.* Informe Nacional. Oficina de país de la OIT para la Argentina. Dipsonible en https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos_aires/documents/publication/wcms_737650.pdf

Martínez, L., Henríquez, A. y Freire, N. (2019). Economía circular y políticas públicas: Estado del arte y desafíos para la construcción de un marco político de promoción de economía circular en América Latina. Centro de Innovación y Economía Circular (CIECI) y Konrad-Adenauer-Stiftung e.V. (KAS).

Martínez y Porcelli (2019). El desafío del cambio económico: la economía circular y su excepción en las diferentes legislaciones y en la normativa voluntaria.

Mazzucato, M. (2016). From Market Fixing to Market-Creating: A new framework for innovation policy.

Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities.

Mazzucato, M. (2021). Mission Economy: A Moonshot Guide To Changing Capitalism.

Méndez A., Martin F.E., Gorzycki R. (2016). *Minería metalífera y rocas de aplicación. Subsecretaría de programación microeconómica.* Ministerio de Hacienda. Informes de cadena de valor. Año 1, Nº2, Mayo 2016.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020). Manual Gestión integral de RAEE. Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación; Oficina de País de la Organización Internacional del Trabajo para Argentina. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_raee.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021). *Cuarto Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Economía (2022). Atucha III: después de 41 años, se construirá una nueva central nuclear argentina. 1 de febrero de 2022. Ministerio de Economía. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/noticias/atucha-iii-despues-de-41-anos-se-construira-una-nueva-central-nuclear-argentina

Ministerio de Energía de Chile (2020) Plan "Energía +Mujer"

Ministerio de Energía. (2016). Plan de energías RenovAr, 2016-2025. Ministerio de Energía.

MIEM (2021). Balance energético 2021.

Ministerio de Energía y Minería (2016). Situación actual y perspectivas. Informe especial. Mercado de uranio. Ministerio de Energía y Minería

Misirlian, E. y Pérez Barcia, V. (2017). La industria del aluminio en Argentina.

Misirlian, E. y Pérez Barcia, V. (2018). La industria del aluminio en Argentina. Centro de Economía Regional (CERE), Escuela de Economía y Negocios, Universidad Nacional de San Martín. Disponible en https://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia_regional/La_industria_del_aluminio_Argentina.pdf

Navntoft, C., Garreta, F., Bertinat P., Chemes J. (2016). Energía solar térmica, aportes para la implementación y desarrollo en Santa Fe. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario (UTN FRRo). Disponible en: https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/08/Energia_Solar_Termi .

OCDE y NEA (2021). Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities. *Nuclear Technology Developments and Economics,* NEA N°7560, 1-56. Disponible en https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_57979/small-modular-reactors-challenges-and-opportunities?details=true

ONU (2019). The Sustainable Development Goals Report. Disponible en: https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf.

PAGE (2021). *Informe final del Impacto Fiscal de la ejecución del Plan Nacional de Economía Circular y Hoja de Ruta.* Disponible en

Perrone, G., Antonietta J. M. y Alfie, M. (2022). *Electrodomésticos y eficiencia energética Políticas de desarrollo productivo para el cambio estructural.* Documentos de Trabajo del CCE N° 30. Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.

Placco, C., Saravia, L., y Cadena, C. (2010). Colectores solares para agua caliente. INENCO, UNSa CONICET Salta.

Quilici, D. (2010). La fabricación de los elementos combustibles para los reactores nucleares de potencia en Argentina: Un caso de inversiones productivas realizadas por un organismo de ciencia y técnica. *Revista de la CNEA*, *10*(37-38), 23-39.

Recalde, M., Bouille, D., y Girardin, L. (2015). Limitaciones para el desarrollo de energías renovables en Argentina. *Problemas Del Desarrollo, 46*(183), 395–410. https://doi.org/10.1016/j.rpd.2015.10.005

Rodríguez, M. V. (2008). *Reciclado de materiales en la región metropolitana de Buenos Aires. El caso del reciclado de hierro.* [Tesina de grado, Universidad Nacional de General Sarmiento]. Disponible en https://repositorio.ungs.edu.ar/bitstream/handle/UNGS/328/2008_M%c3%b3nica%20Rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Roger, D. D., Pagano, S., y Orjuela, F. O. (2017). *Política Energética y oportunidades de desarrollo: un análisis desde una perspectiva termodinámica y neoschumpeteriana de la Ley de Fomento de Energías Renovables y su aplicación.* UDAV-CEPPA. II Congreso de Economía Política Para La Argentina.

Sabbatella, I. (2022). YPF y las transiciones energéticas en Argentina. *Misión productiva.* 30 de mayo 2015. Disponible en https://misionproductiva.com.ar/energia/2022/05/30/ypf-y-las-transiciones-energeticas-en-argentina/

Sabre, M. (2019). *Censo Nacional Solar Térmico 2018: Informe período 2017 (1era ed).* Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Sabre, M. (2021). *Censo Nacional Solar Térmico 2020: Período 2019 (1era ed).* Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

SAyDS (2019). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación – Ministerio de Producción y Trabajo.

SAyDS (2018). *Plan de acción nacional de industria y cambio climático.* Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación - Ministerio de Producción y Trabajo. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_de_accion_nacional_de_industria_y_cambio_climatico.pdf

Secretaría de Energía de la Nación (2019). Introducción a la generación distribuida de energías renovables. Secretaría de Energía de la Nación. Ministerio de Hacienda. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/introduccion-a-la-generacion-distribuida-de-er.pdf

Secretaría de Energía de la Nación (2021). Lineamientos para un Plan de Transición Energética al 2030. Secretaría de Energía de la Nación - Ministerio de Economía.

Secretaría de energía de la Nación (2022a). Balances Energéticos Nacionales Año 2021. Disponible en https://datos.gob.ar/dataset/energia-balances-energeticos/archivo/energia_1cb40d51-26d3-48f3-b98c-60aa1a7451dd

Secretaría de Energía de la Nación (2022b). Generación Distribuida en Argentina. Evolución de trámites – Conexión de Usuario-Generador, julio 2022.

Secretaría de Energía de la Nación (2022c). Generación Distribuida en Argentina. Evolución de trámites – Conexión de Usuario-Generador, octubre 2022.

Secretaría de energía. (2019). Introducción a la energía solar térmica.

Secretaría de Energías Renovables (2018). Generación de empleo energías renovables Programa RenovAR y MATER.

Schomer, I. y Hammond, A. (2020). Stepping Up Women's STEM Careers in Infrastructure: An Overview of Promising Approaches. Banco Mundial.

Schröder, P., Anggraeni, K., y Weber, U. (2020). The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals.

Statista (2020). *Ranking de los principales fabricantes de aerogeneradores por cuota de mercado en 2018*. Statista.

Statista (2022). *Ranking de los principales países productores de silicio a nivel mundial en 2021*. Disponible en https://es.statista.com/estadisticas/600220/paises-lideres-en-la-produccion-de-silicio-a-nivel-mundial/

Suárez, F. (2016). La Reina del Plata, Buenos Aires: sociedad y residuos. Editorial Universidad de General Sarmiento.

Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minería de la Nación. (2017). Guía de eficiencia energética para motores eléctricos. Ministerio de Energía y Minería.

Subsecretaría de Energía Hidroeléctrica (2022) Usos múltiples del agua embalsada y aspectos ambientales. Ministerio de Energía y Minería.

Subsecretaría de Energías Renovables (2018). Generación de empleo de energías renovables. Programa RenovAr y MATER. Ministerio de Energía de la Nación.

Swilling, M., Nyrgaard, I., Kruger, W., Wlokas, H., Jhetam, T., Davies, M., Jacob, M., Morris, M., Robbins, G., Funder, M., Hansen, U., Holm Olsen, K., Davy, E., Kitzing, L., Khan, B. y Cronin, T. (2022). Linking the energy transition and economic development: a framework for analysis of energy transitions in the Global South. *Energy Research & Social Science, 90. https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102567*

United Nations Environment Programme (2019). Global Resources Outlook: Natural resources for the future we want. UNEP Publications.

Venditti, B. (2022). Mapped: Solar and Wind Power by country. *Visual Capitalist* (8 de mayo 2022). Disponible en https://www.visualcapitalist.com/mapped-solar-and-wind-power-by-country/

Viscidi, L., y Yepez, A. (2020). Clean energy auctions. Inter-American Development Bank Monograph.

Waide, P., y Brunner, C. U. (2011). *Energy-efficiency policy opportunities for electric motor-driven systems.* Documento de trabajo. OECD/IEA. Disponible en https://iea.blob.core.windows.net/assets/d69b2a76-feb9-4a74-a921-2490a8fefcdf/EE_for_ElectricSystems.pdf

World Business Council for Sustainable Development. (2017). *Circular Economy and Environmental Priorities for Business*. Disponible en https://docs.wbcsd.org/2017/06/Ecofys_report.pdf..

World Nuclear Association (2022) Small Nuclear Power Reactors.

# ARGENTINA PRODUCTIVA 2030

Ministerio de Economía
Argentina

Secretaría de Industria
y Desarrollo Productivo