

INTRODUCCIÓN A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍAS RENOVABLES

Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética

Secretaría de Energía



Ministerio de Hacienda
Presidencia de la Nación

AUTORIDADES NACIONALES

PRESIDENTE

Ing. Mauricio Macri

MINISTRO DE HACIENDA

Lic. Hernán Lacunza

SECRETARIO DE GOBIERNO DE ENERGÍA

Lic. Gustavo Lopetegui

SECRETARIO DE RECURSOS RENOVABLES Y MERCADO ELÉCTRICO

C.P.N. Juan Garade

SUBSECRETARIO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Mg. Ing. Sebastián Kind

DIRECTOR NACIONAL DE PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Ing. Maximiliano Morrone

DIRECTOR DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Mg. Ing. Ignacio Romero

AUTORES

Dr. Ing. Christian Navntoft

Ing. Nicolás Biurrún

Ing. María Paz Cristófalo

Ing. Mariano González

Mg. Lic. Laura Maríncola

Ing. Daniel Raggio

DISEÑADORES

DG Candelaria Quesada

DG Nicolás Castelli

Secretaría de Gobierno de Energía

Introducción a la generación distribuida / contribuciones de Laura Maríncola ; Santiago Cuccorese ; Mariano González ; coordinación general de Ignacio Romero ; editado por Nicolás Biurrún ... [et al.] ; ilustrado por Candelaria Quesada ; Nicolás Castelli. - 1a ed revisada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Secretaría de Gobierno de Energía, 2019.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-47110-3-8 1. Energía. 2. Electricidad. 3. Energía Renovable. I. Maríncola, Laura, colab. II. Cuccorese, Santiago, colab. III. González, Mariano, colab. IV. Romero, Ignacio, coord. V. Biurrún, Nicolás, ed. VI. Quesada, Candelaria, ilus. VII. Castelli, Nicolás, ilus. VIII. Título.

CDD 621.3121

Hecho el depósito que marca la Ley 11.723.

© Secretaría de Gobierno de Energía, 2019

e-mail: generaciondistribuida@energia.gob.ar



ÍNDICE

1. OBJETIVO	5
2. GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE FUENTES RENOVABLES	7
3. MERCADO ELÉCTRICO ARGENTINO	11
3.1. ASPECTOS REGULATORIOS DEL MERCADO ELÉCTRICO	12
3.2. ASPECTOS TÉCNICOS DEL MERCADO ELÉCTRICO	12
3.2.1. LA GENERACIÓN	12
3.2.2. EL TRANSPORTE	13
3.2.3. LA DISTRIBUCIÓN	13
3.2.4. LOS USUARIOS	13
3.3. ASPECTOS ECONÓMICOS DEL MERCADO ELÉCTRICO	15
3.4. LA ENERGÍA RENOVABLE COMO POLÍTICA DE ESTADO	16
3.4.1. ANTECEDENTES NORMATIVOS	16
3.4.2. LEY 27.191 - FOMENTO A LAS ENERGÍAS RENOVABLES	16
3.4.3. LAS RENOVABLES Y LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO	20
3.4.4. UN CAMBIO DE PARADIGMA CON LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA	20
4. LEY NACIONAL DE FOMENTO A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍAS RENOVABLES	23
4.1. EQUIPO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA	24
4.2. EL MEDIDOR BIDIRECCIONAL	24
4.3. CONSUMO E INYECCIÓN DE ENERGÍA	25
4.4. ESQUEMA DE FACTURACIÓN	27
4.4.1. MODELO DE BALANCE NETO DE FACTURACIÓN O “NET BILLING”	27
4.5. CATEGORÍAS DE USUARIO-GENERADOR	28
4.6. PRINCIPALES ACTORES	28
5. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE FUENTE RENOVABLE	31
5.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	32
5.2. ENERGÍA EÓLICA	33
5.3. ENERGÍA HIDROELÉCTRICA	35
5.4. BIOENERGÍAS-BIOMASA	36
6. RESUMEN	39





1. OBJETIVO

El objetivo de este manual es brindar información de referencia para todos aquellos interesados en la generación distribuida de energía de fuentes renovables.

En particular, pretende servir de guía a nivel introductorio acerca de los sistemas de generación distribuida, definiendo el contexto y características generales del mercado eléctrico, de la distribución de energía eléctrica, y las características principales de los sistemas de generación de pequeña y mediana escala a partir de fuentes renovables de energía.

El presente manual se estructura de la siguiente manera: en primer lugar se introduce el concepto de Generación Distribuida, seguido de una descripción del Mercado Eléctrico Argentino, su regulación, y contexto económico. Luego se detallan los modelos de funcionamiento de la generación distribuida y por último se atienden conceptos generales de las distintas tecnologías de energías renovables aplicadas a la generación distribuida.





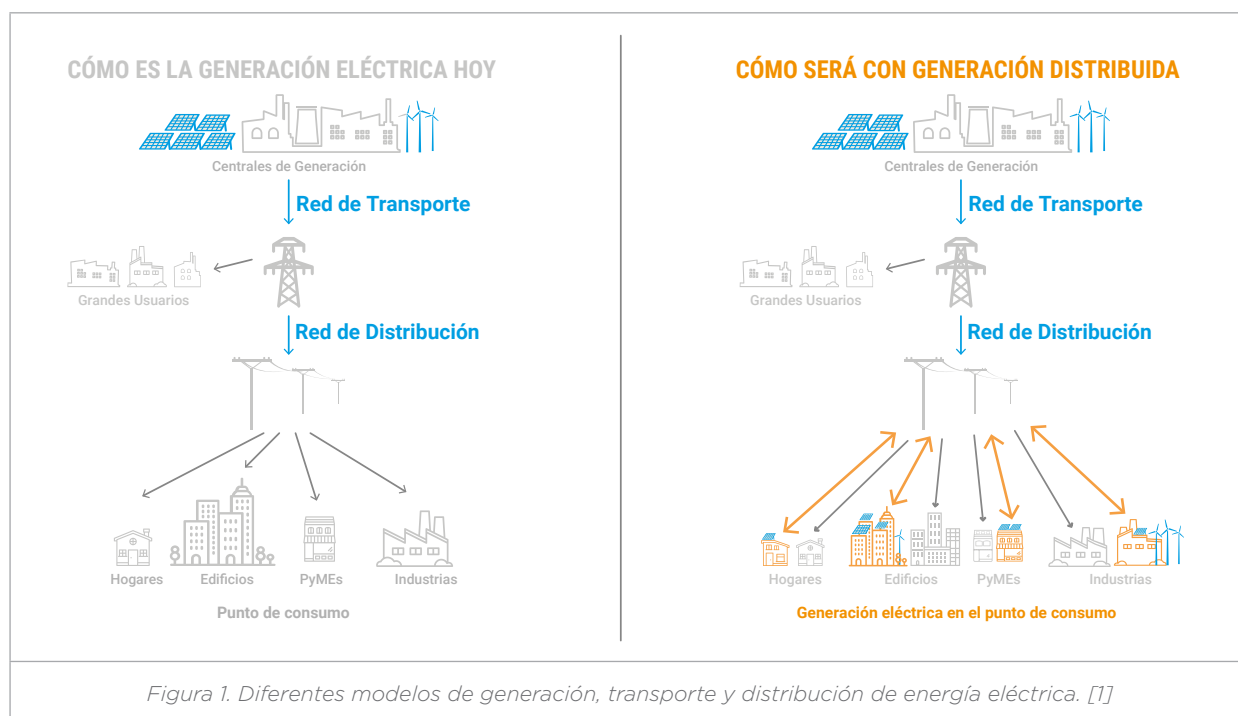
2. GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE FUENTES RENOVABLES

Es la energía eléctrica generada mediante fuentes renovables en el mismo punto de consumo por parte de los usuarios conectados a la red eléctrica de distribución.

Según el marco regulatorio nacional vigente, se considera generación distribuida a la energía eléctrica generada mediante fuentes de energía renovable, en el punto de consumo, y por los mismos usuarios que se encuentran conectados a la red eléctrica de distribución.

La integración de generación distribuida a partir de fuentes de energía renovable en la matriz eléctrica complementa la infraestructura actual exis-

tente de generación concentrada. Esta última se caracteriza por tener una estructura “vertical”, en la cual la energía se genera en grandes centrales, luego se transporta a través de las amplias distancias que existen en nuestro país y por último se transforma a niveles menores de tensión para ser distribuida en los puntos de consumo distantes de cada usuario final. Consecuentemente, las pérdidas inevitables en este transporte y distribución son considerables.



La generación distribuida se produce generalmente a través de sistemas dimensionados para autoconsumo con eventual inyección de excedentes de energía a la red existente de distribución. Los usuarios que adoptan esta modalidad de generación tienen la capacidad para producir energía eléctrica, permaneciendo a su vez conectados al suministro que les brinda la red eléctrica de distribución. Este es el modelo adoptado en nuestro país por la Ley N° 27.424.

La instalación de un sistema de generación distribuida renovable posibilita al usuario cubrir parte de su demanda de energía eléctrica sin la necesidad de recurrir al suministro de la red, lo que resulta en un ahorro económico debido al autoconsumo. A su vez, de existir un sobrante de energía eléctrica generado por la fuente renovable, el usuario-generador puede percibir un beneficio económico por la inyección de los excedentes a la red.

Este modelo de generación permite que el usuario interactúe con su sistema energético, incorporando conceptos relacionados con el uso de la energía eléctrica en la vida cotidiana y comprendiendo el impacto que genera el uso ineficiente de la misma, promoviendo de esta manera la eficiencia energética.

Para el sistema eléctrico en su conjunto, la producción local sirve de alivio para las redes de transporte y distribución, ya que, al generarse energía en el punto de consumo, se reducen las pérdidas relacionadas con la transmisión de energía en grandes distancias, mejorando así la eficiencia del sistema y reduciendo los costos asociados. Desde el punto de vista del sistema eléctrico local, al disminuir el consumo (o inyectar algún excedente) disminuye la carga de los transformadores de distribución, aumentando su vida útil o permitiendo en algunos casos la conexión de más usuarios.



Adicionalmente a los beneficios en la generación, transporte y distribución de energía, la generación distribuida basada en fuentes de energía renovable trae aparejado beneficios de tipo ambientales. El uso de éstas tecnologías permite mitigar el cam-

bio climático, evitando emisiones de gases de efecto invernadero por el reemplazo de la generación eléctrica térmica que utiliza combustibles fósiles como el carbón, gas natural, fuel oil, gasoil, y otros derivados del petróleo.





3. MERCADO ELÉCTRICO ARGENTINO

El Mercado Eléctrico Argentino agrupa la oferta y la demanda de energía eléctrica en un sistema segmentado verticalmente en las actividades de Generación, Transporte y Distribución.

3. 1. ASPECTOS REGULATORIOS DEL MERCADO ELÉCTRICO

La organización y regulación del sector eléctrico Argentino tiene su origen en el año 1960, cuando se sanciona la Ley N° 15.336, llamada “Ley Federal de la Energía”, que conceptualizó a la energía como “cosa” susceptible a ser

afectada por transacciones económicas. Esta ley implantó un ordenamiento jurídico de la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica que hasta ese momento no estaba dado.

La generación en nuestro país está estructurada de la siguiente manera:

GENERACIÓN INTERCONECTADA	GENERACIÓN AISLADA	GENERACIÓN DISPERSA
Centrales de generación que bajo jurisdicción nacional se conectan entre sí y con los centros de consumo a través del Sistema Argentino de Interconexión (SADI)	Unidades aisladas de mediana envergadura, generalmente asociadas con sistemas de distribución locales y no enlazadas directa o indirectamente con el SADI	Aprovisionamiento de energía a una población rural dispersa a través de unidades de generación individuales o colectivos de poca envergadura. Generalmente ésta generación se presta bajo jurisdicción local.

Tanto la Generación Aislada como la Generación Dispersa son sistemas off-grid o “fuera de la red” y no son tratados en este manual.

Cuando las centrales de generación inyectan la energía en el SADI, ésta ingresa al sistema de transporte para luego ser distribuida hacia donde se encuentra la demanda. En Argentina, el servicio de **transporte** se realiza en diferentes tensiones en función de la distancia y potencia necesarias.

La **distribución** de energía eléctrica se distingue del segmento del transporte en cuanto a que el distribuidor comercializa la energía eléctrica, comprando en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y vendiendo al usuario final. El distribuidor está obligado a coordinar las obras de ampliación necesarias para abastecer la energía demandada por sus usuarios. Por el contrario, el transportista no está habilitado a comprar ni vender la energía eléctrica que transporta y le corresponde ampliar su sistema de transporte solo por orden explícita del Poder Ejecutivo. A su vez, también se diferencian entre sí según los niveles de tensión que manejan.

La compra de energía en el MEM y la venta a los distribuidores está coordinada y administrada por CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico) que es el Organismo Encargado del Despacho. CAMMESA es la encargada del despacho técnico y la administración del SADI, esto significa que administra operativa y económi-

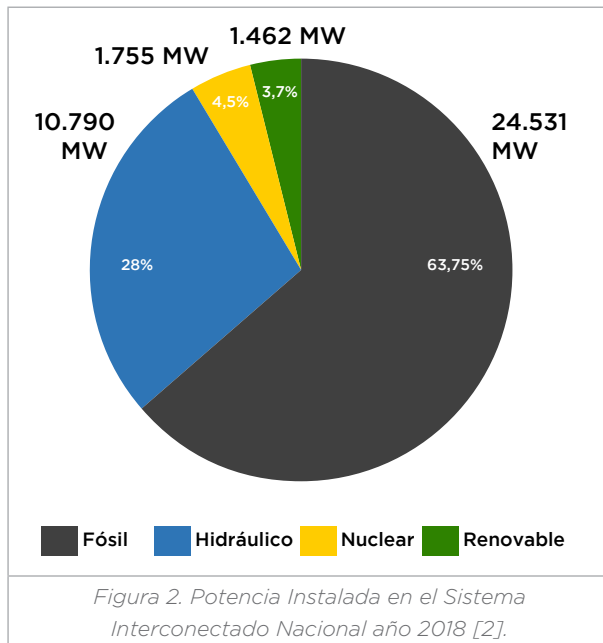
camente las tecnologías de generación eléctrica que entran en funcionamiento conforme aumenta la demanda en los puntos de consumo.

Por su parte, el Estado Nacional dicta las normas que regulan al sector en lo que respecta a la generación, transporte y aspectos generales de la distribución de energía eléctrica, y los Entes Reguladores de la Electricidad de cada jurisdicción controlan las concesiones y emiten las reglamentaciones técnicas y comerciales que deberán cumplir los concesionarios. A su vez, los entes reguladores de la electricidad de cada jurisdicción (nacional y provinciales) tienen la competencia de aplicar sanciones, resolver controversias entre generadores, transportistas, distribuidores y usuarios, establecer normas de protección a la propiedad, el medio ambiente y la seguridad pública en la construcción, y operación de los sistemas de generación, transporte y distribución, entre otras.

3. 2. ASPECTOS TÉCNICOS DEL MERCADO ELÉCTRICO

3. 2. 1. LA GENERACIÓN

En Argentina, la matriz de generación de energía eléctrica se encuentra dividida entre generación de origen fósil, hidráulico, nuclear y renovable no convencional como se muestra en la Figura 2.



Se puede observar que la potencia instalada con máquinas térmicas que operan con combustibles fósiles, suma aproximadamente 2/3 del total de la potencia instalada.

La demanda total del SADI es cubierta utilizando las centrales generadoras en orden creciente de acuerdo a su costo de operación por unidad de energía, es decir, se busca el despacho más eficiente y económico en todo momento. De esta forma, primero se satisface la demanda con las máquinas disponibles y de menor costo, y luego se cubren las aleatoriedades del sistema y picos de demanda con aquellas máquinas de rápida respuesta pero menor eficiencia y con costos de operación mayores. Estas últimas se encuentran a la espera de ser despachadas y se las denomina "Reserva de Potencia".

El costo marginal operativo de la energía eléctrica es aquel valor del último megawatt-hora (MWh) despachado por la última máquina generadora. Por ejemplo, en invierno, cuando las temperaturas extremas exigen una alta demanda energética (y el Gas Natural es destinado al consumo residencial para calefacción), el valor del costo marginal operativo es mayor, ya que la última máquina generadora tiene un costo muy elevado por su ineficiencia y por estar funcionando con combustibles alternativos al Gas Natural que son más costosos y contaminantes (fuel oil y gas oil principalmente).

La Generación Distribuida, al ser generada en el punto de consumo, disminuye la demanda eléctrica del sistema, y permite reducir el consumo marginal, evitando así el despacho de máquinas ineficientes, ali-

viando las redes de transporte y distribución y mitigando las emisiones de gases de efecto invernadero.

3. 2. 2. EL TRANSPORTE

Las grandes distancias entre las centrales de generación eléctrica y los puntos de consumo, la necesidad de asegurar el abastecimiento y la conveniencia de optimizar la utilización de las distintas tecnologías de generación, obligan a construir redes para el transporte de la energía eléctrica en alta tensión.

El servicio de transporte en Alta Tensión está concesionado en forma monopólica a TRANSENER y está compuesto por todo el sistema de 500 kilovolts (500 kV) y algunas líneas de transporte regionales concesionadas a las llamadas "distros troncales", en tensiones de 345 kV, 330 kV, 220 kV y 132 kV.

Se puede visualizar la red de transporte del SADI en la información estadística del sector eléctrico de la página web de la Secretaría de Gobierno de Energía [2].

3. 2. 3. LA DISTRIBUCIÓN

En la actualidad, nuestro país cuenta aproximadamente con más de 600 distribuidores, entre empresas y cooperativas que prestan el servicio público de distribución de la energía eléctrica. Las empresas distribuidoras vinculadas al SADI toman la energía del sistema de transporte en alta tensión (típicamente 132 kV), la distribuyen a través de sus redes y la transforman a niveles de tensión menores para entregarla a sus usuarios finales (comercios, industrias y residenciales). Por lo general, cada distribuidor tiene asignada un área de concesión en la que presta el servicio público bajo un régimen de exclusividad.

3. 2. 4. LOS USUARIOS

Los usuarios de la distribuidora sólo pueden comprar energía a la distribuidora de su área de concesión jurisdiccional y al precio definido en el cuadro tarifario correspondiente. Los precios por potencia y energía reflejados en los mismos, varían entre las diferentes distribuidoras, dado que la distribución en Media y Baja Tensión depende de cada jurisdicción. En términos generales, los cuadros tarifarios dividen a los usuarios en bandas según la potencia disponible y la energía demandada.

Si bien no todas las distribuidoras utilizan la misma clasificación para definir a sus usuarios, por lo general se define una primera banda o Tarifa 1 (T1)

que aplica a todos los clientes que demandan una potencia inferior a los 10 kW. Este grupo incluye típicamente a los sectores residenciales, pequeños comercios, alumbrado público y otras demandas generales. A este tipo de clientes se les factura un cargo fijo más un cargo variable basado en cada unidad de energía consumida, medida en kWh.

La segunda banda o Tarifa 2 (T2), en términos generales, aplica a clientes que contratan una demanda mayor o igual a 10 kW (o el límite de la categoría inferior) y menor o igual a 50 kW. Los clientes comprendidos en esta banda son generalmente comerciales e industriales pequeños, y tienen un cargo fijo por factura emitida, un cargo por potencia contratada (kW), un cargo por cada unidad de potencia registrada en el período (kW) y por cada unidad de energía demandada (kWh).

La tercer banda o Tarifa 3 (T3) comprende generalmente a las grandes demandas que contratan una potencia superior a 50 kW y se asocia a los clientes industriales. Por lo general la facturación de esta banda está compuesta por los siguientes conceptos:

- Un cargo fijo por factura emitida.
- Un cargo por cada unidad de potencia contratada en kW que establece la “capacidad de suministro” y es convenida en Baja, Media o Alta Tensión, haya o no consumo de energía.
- Un cargo por cada unidad de “potencia máxima” registrada (en kW) en Baja, Media o Alta Tensión, aplicable a la potencia máxima registrada en el mes de facturación. Tanto la potencia contratada como la registrada pueden estar segmentadas en bandas horarias.

- Un cargo por la energía eléctrica entregada (en kWh) en el nivel de tensión correspondiente al suministro, de acuerdo con el consumo registrado en cada uno de los horarios tarifarios “pico” (18-23 hs), “resto” (5-18 hs) y “valle” (23-5 hs).

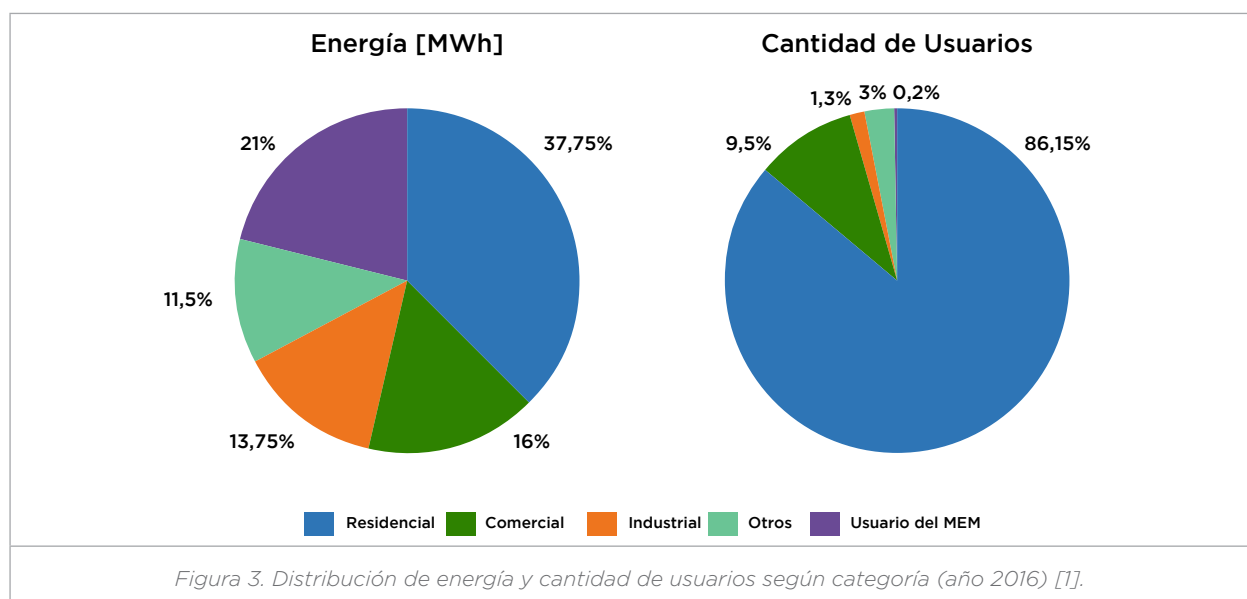
Los Grandes Usuarios del Distribuidor (GUDI) son aquellos que siendo clientes del distribuidor y estando encuadrados en esta última banda, demandan una potencia superior a 300 kW.

Como se mencionó anteriormente, las potencias que limitan o encuadran a un cliente dentro de una banda pueden variar de acuerdo a cada distribuidor. Para conocer cada tarifa es suficiente con consultar el cuadro tarifario correspondiente. Asimismo, la periodicidad de facturación del servicio depende de cada distribuidor, siendo algunos mensuales, otros bimestrales y otros semestrales.

Por otra parte, los Grandes Usuarios del MEM son aquellos que compran su energía en el Mercado Eléctrico Mayorista, pagando un canon al distribuidor en concepto de uso de la red para el transporte al punto de consumo (también conocido como Peaje), en aquellos casos en los que están vinculados al MEM mediante la red del Distribuidor.

Los Grandes Usuarios del MEM son agentes del Mercado Eléctrico Mayorista y al no comprar su energía eléctrica a la empresa distribuidora, no pueden formar parte del programa de Generación Distribuida.

En la figura 3 se aprecia la distribución de cantidad de usuarios y energía consumida para los clientes de la distribuidora y del MEM.



3. 3. ASPECTOS ECONÓMICOS DEL MERCADO ELÉCTRICO

El mercado eléctrico se compone de un balance entre la oferta de generación y la demanda de esa energía, vinculado mediante la red de transporte, como se esquematiza en la Figura 4.

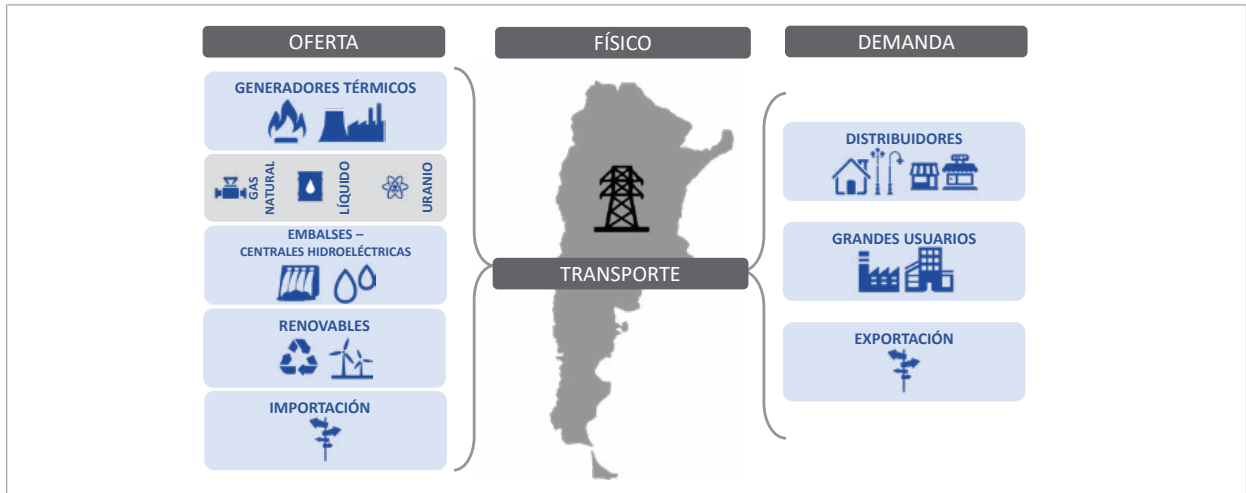


Figura 4. Esquema del balance entre la oferta y la demanda de energía eléctrica [1].

El MEM es el ámbito en el cual la oferta de energía eléctrica interconectada a través del SADI pone a disposición su capacidad de producir energía y potencia. El despacho de la oferta se dispone en base a un criterio de mínimo costo para el abastecimiento de la demanda. Los dos componentes principales de los costos del MEM son:

- Los asociados a la energía generada (variables de combustibles, fletes, operación y mantenimiento, servicios, etc.)
- Los asociados a la potencia demandada por

el sistema (potencia instalada de generación, transporte y reservas)

El precio medio monómico es el costo representativo de producción de energía eléctrica en el MEM, y es cociente entre la sumatoria de los costos de generación (y asociados) y la demanda abastecida en el MEM. El precio monómico varía según el consumo de gas y combustibles líquidos, la disponibilidad de recursos, la hidrología y las temperaturas del país.

La figura 5 muestra la variación del precio monómico en los últimos años.

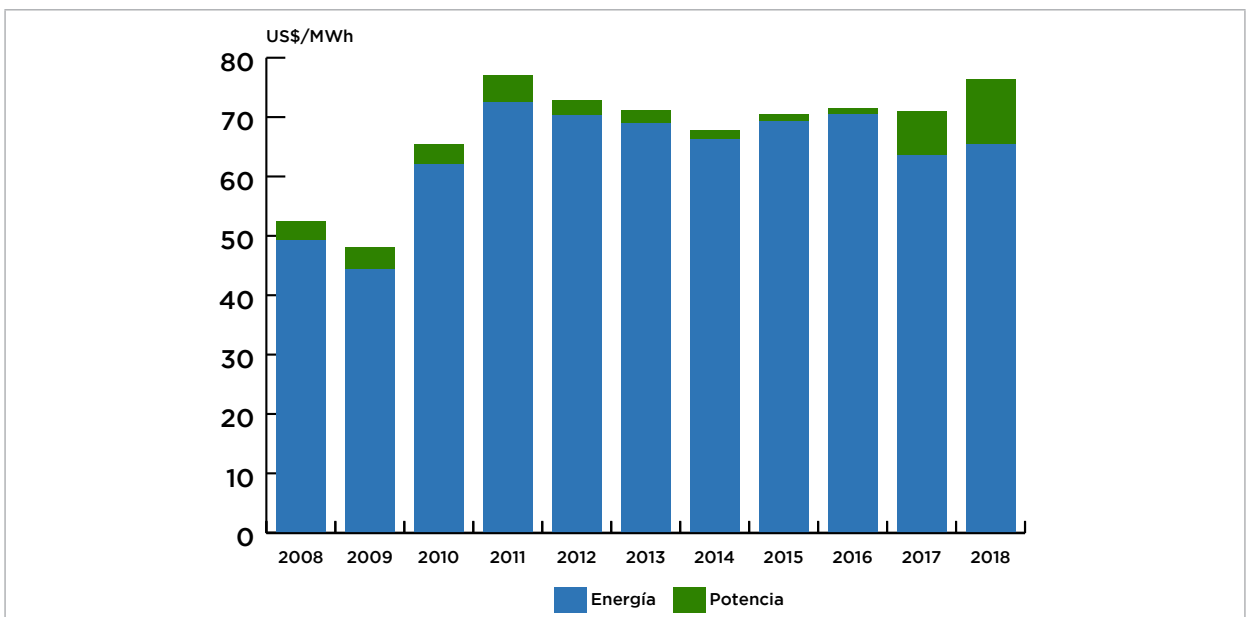


Figura 5. Costo monómico de la energía durante los últimos 11 años [2]

3. 4. LA ENERGÍA RENOVABLE COMO POLÍTICA DE ESTADO

Como se vio anteriormente, nuestra matriz de generación eléctrica se basa principalmente en energías generadas mediante combustibles fósiles, esto llevó en los últimos años a un incremento en los costos de generación asociados a una suba en el precio de los combustibles. Esta situación, sumada al contexto de compromiso global por reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, llevaron a una necesidad de diversificar nuestra matriz de generación eléctrica mediante la inclusión de energías renovables no convencionales.

3.4.1 ANTECEDENTES NORMATIVOS

En nuestro país los antecedentes normativos que surgen con la intención de incorporar energías renovables en la matriz eléctrica se remontan al año 1998 cuando se promulga la Ley 25.019 titulada “Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar”. Ningún proyecto se gestó bajo esta ley, debido a la carencia de obligatoriedad en los usuarios, falta de mecanismos de compra por procesos licitatorios, ausencia de objetivos de cobertura y fomento a la industria local.

En el año 2006, se promueve la Ley 26.190 denominada “Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica”. Esta ley fijó el objetivo de incorporar un 8% de energía renovable en la matriz para el año 2016, contemplando todas las tecnologías de fuente renovable: eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás, con excepción de los usos previstos en la Ley 26.093 (biocombustibles). Esta ley no tuvo gran impacto por diversos factores.

Tres años más tarde, se lanza la Resolución 712/2009 de la Ex-Secretaría de Energía, como reglamentación de la Ley 26.190. La Res 712/2009 crea el programa “GENREN” bajo el cual se convoca mediante licitación pública a los generadores de energía de fuentes renovables para firmar contratos de provisión de energía eléctrica con la empresa estatal Energía Argentina S.A. (ENARSA). Una vez obtenidos los contratos de provisión, ENARSA firmaba los contratos de abastecimiento con CAMMESA por la energía eléctrica generada de origen renovable. A pesar de convocarse la compra de energía mediante procesos públicos y transparentes como son las licitaciones, los precios logrados no fueron lo suficientemente competitivos, teniendo en cuenta el contexto eco-

nómico de esa época. Positivamente, se logró el objetivo de diversificación dado que fueron adjudicados proyectos de distintas fuentes renovables. Por el contrario, a pesar de que la ley contempla beneficios promocionales, el diseño del programa no los tuvo en cuenta. En conclusión, el programa GENREN adjudicó menos de 1.000 MW de potencia, y menos del 50% de ellos fueron finalmente construidos.

Nuevamente tres años después, se publica la Resolución 108/2011 de la Ex-Secretaría de Energía, que representa el segundo sistema que se implementó en el marco de la Ley 26.190. En este esquema se elimina la figura de ENARSA, y se permite la firma de contratos de abastecimiento directamente entre los generadores y CAMMESA como representante del MEM. Por otro lado, este esquema elimina el sistema de licitaciones públicas para la adjudicación de contratos. Tampoco reglamentó los beneficios promocionales contemplados en la ley. Como resultado, este programa no logró mayor implementación.

3.4.2 LEY 27.191 - FOMENTO A LAS ENERGÍAS RENOVABLES

En función de las lecciones aprendidas en los años previos, en 2015 se sanciona la Ley 27.191 que modifica, complementa y amplía la Ley 26.190.

En primer lugar, el objetivo de lograr el 8% de renovables en la matriz al 2016 establecido en la Ley 26.190 es ampliado por la 27.191 que implementa objetivos en etapas:

- 8% del consumo de energía eléctrica nacional al 31 de diciembre de 2017.
- 20% del consumo de energía eléctrica nacional al 31 de diciembre de 2025.

Estos objetivos están directamente asociados a una obligación sobre todos los usuarios de energía eléctrica.

Además, define nuevos esquemas de implementación, a saber:

- Establece una diversificación geográfica y tecnológica del recurso renovable, evitando que solo se desarrolle la tecnología más competitiva y en un nodo puntual.
- Instrumenta un régimen fiscal para las inversiones que fomenta la oferta y la cadena de valor local, a través de beneficios fiscales.



- Crea el FODER, un fideicomiso de respaldo con fines de ofrecer garantía y financiamiento a los proyectos de energías renovables.
- Establece prioridad de despacho a las energías renovables por sobre las convencionales, y un respaldo de potencia sobre la generación renovable por su intermitencia, en manos del sistema.
- A través del Decreto Reglamentario 531/2016, emitido poco tiempo después de la promulgación de la Ley 27.191, mediante su normativa reglamentaria dio curso al Programa RenovAr que constituye el primer paso para la contratación a largo plazo de energía eléctrica de fuente renovable.
- Durante 2016 y en paralelo al programa RenovAr, la Resolución N° 202/16 readeculó 10 antiguos contratos que incorporan 500 MW renovables de potencia adicionales.

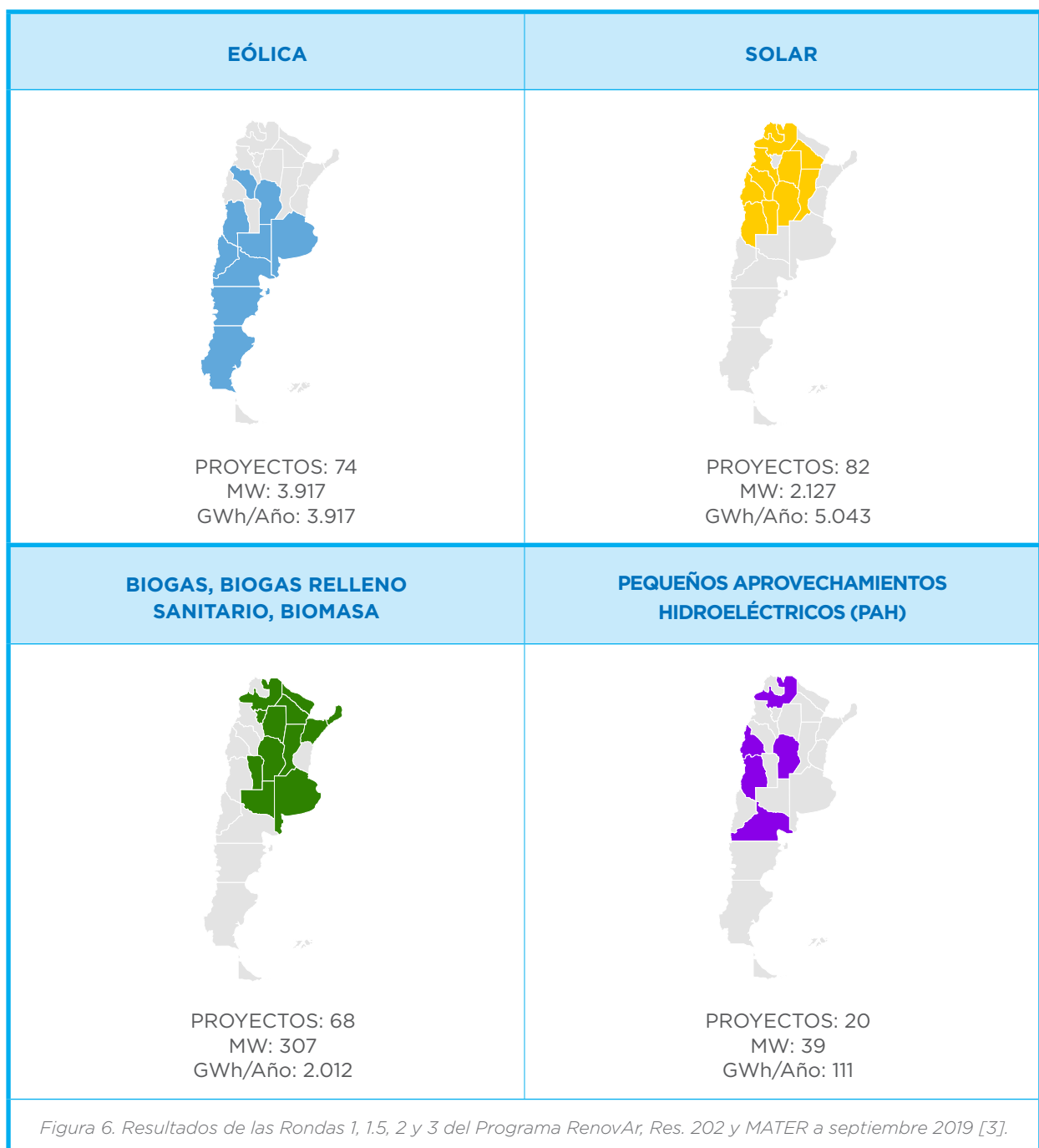
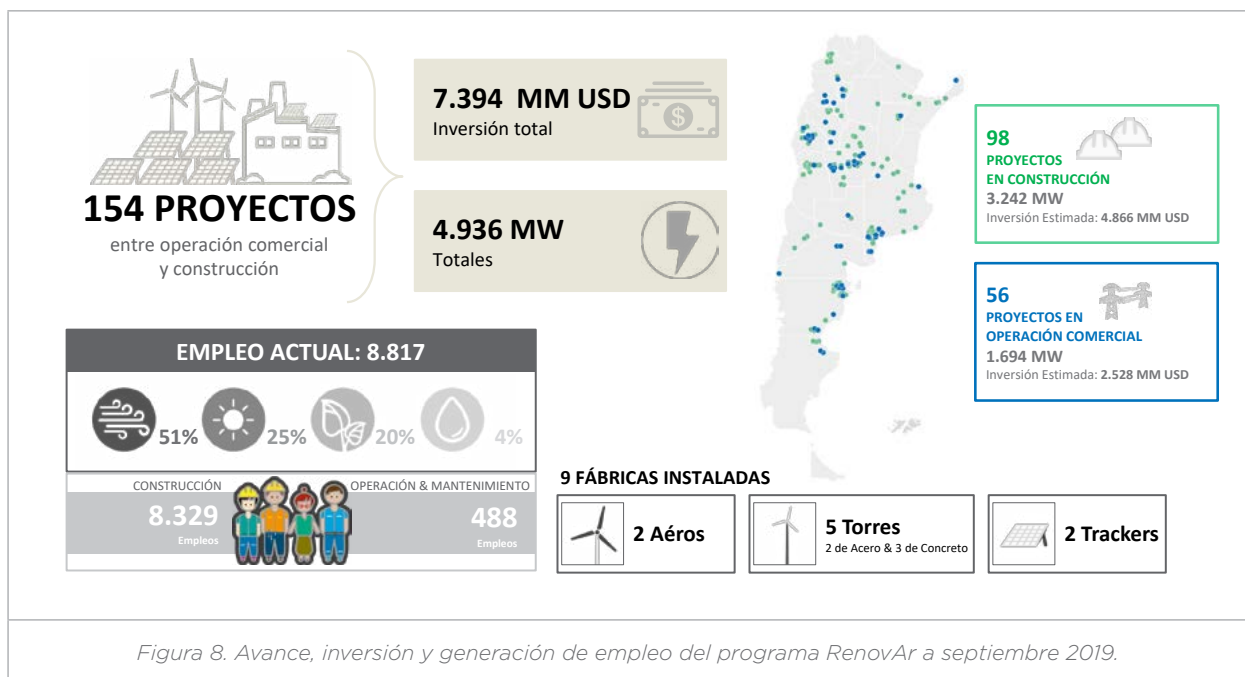
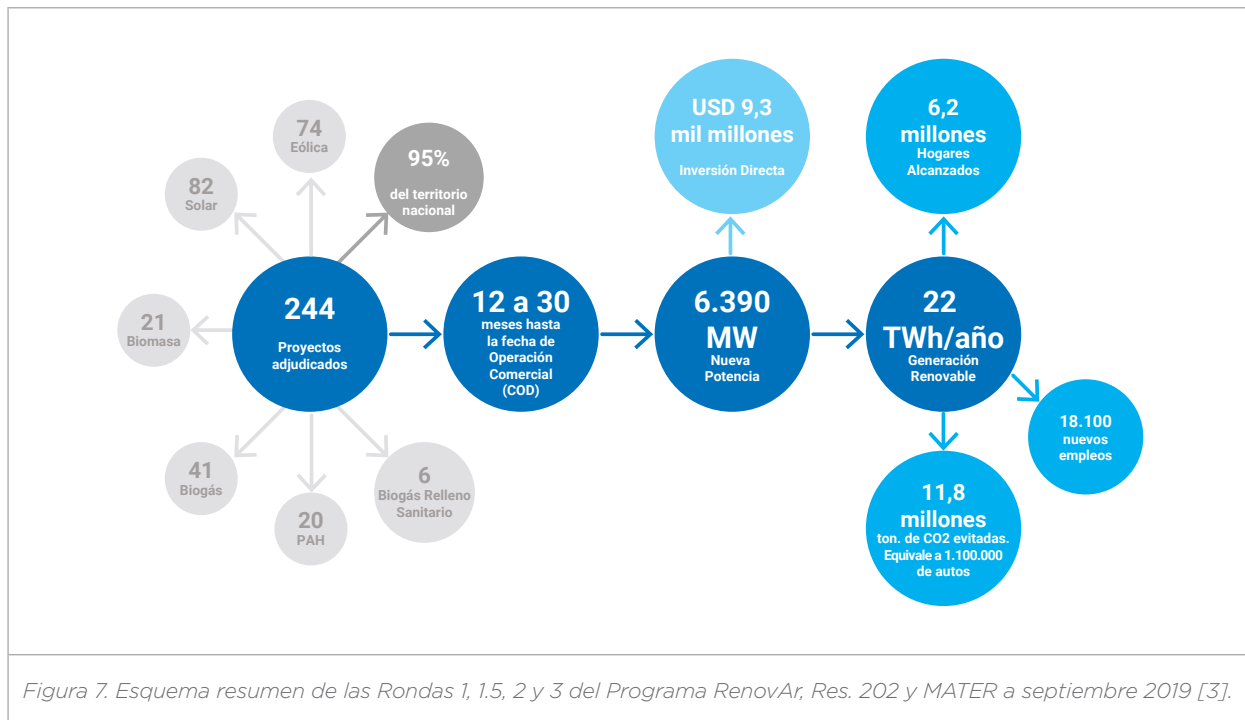


Figura 6. Resultados de las Rondas 1, 1.5, 2 y 3 del Programa RenovAr, Res. 202 y MATER a septiembre 2019 [3].



A su vez, mediante la Resolución 281-E/2017, se creó el régimen del Mercado a Término de Energías Renovables (MATER): este marco legal habilita la compra de energía a través de la libre negociación entre las partes, facilitando el cumplimiento de las metas obligatorias que establece la Ley N° 27.191 en materia de consumo de energía eléctrica de fuentes renovables. El MATER alcanza a los Grandes Usuarios que posean una demanda anual promedio mayor a 300 kW (Gran Usuario Habilitado - GUH).

Hasta septiembre de 2019, alrededor de 50 proyectos del MATER recibieron prioridad de despacho

por parte de CAMESA; ello significa la garantía de acceso a la red de transporte eléctrica que le permite a los generadores comercializar energía renovable a largo plazo con los GUH. Estos proyectos suman aproximadamente 1.100 MW de potencia y son de tecnología eólica y solar fotovoltaica.

A continuación se muestra la generación de energías renovables identificando el aporte de cada ronda del RenovAr y MATER y el cubrimiento porcentual de la demanda teniendo en cuenta los objetivos establecidos según la Ley N° 27.191 hasta el año 2021.

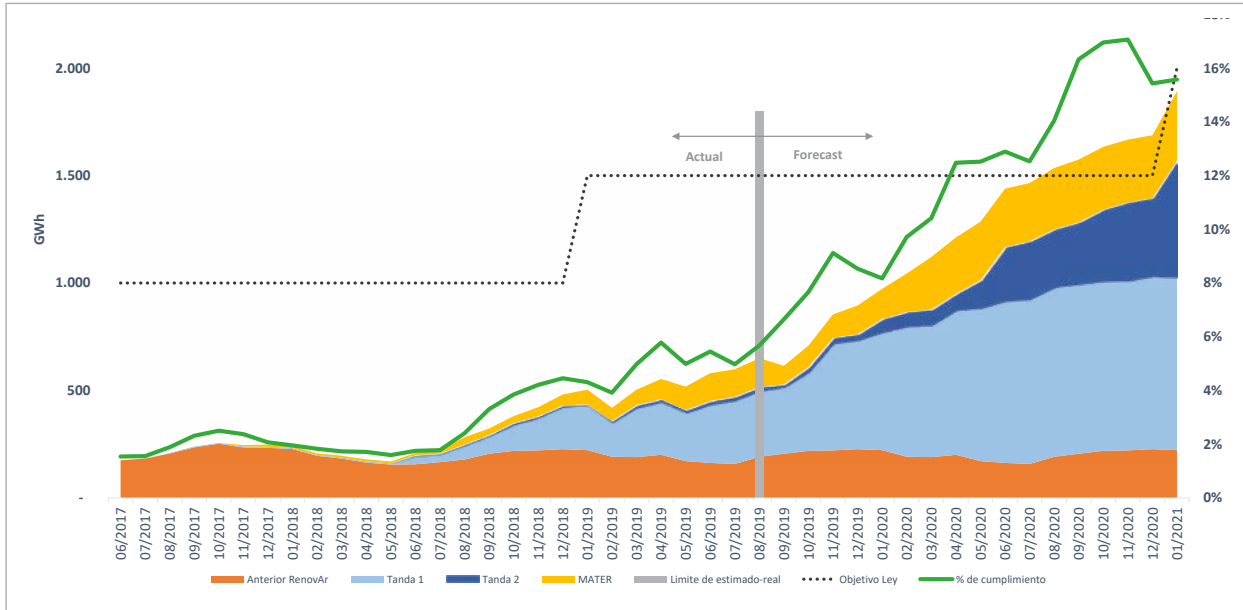


Figura 9. Evolución de Generación Renovable real y proyectada y % cumpliendo de la Ley 27.191.

A partir del éxito de implementación del Programa RenovAr, y a los fines de estimar la potencia de energías renovables que deberá ser instalada para cumplir con los objetivos de la ley, el ex-Ministerio de Energía y Minería desarrolló dos escenarios posibles para estimar la potencia total instalada en el año

2030 que se muestran a continuación en la figura 10. El primer escenario (Tendencial) sigue la tendencia actual de consumo de energía, y el segundo, contempla la implementación de medidas de eficiencia energética, suponiendo el mismo crecimiento pero con menor demanda energética (Eficiente).

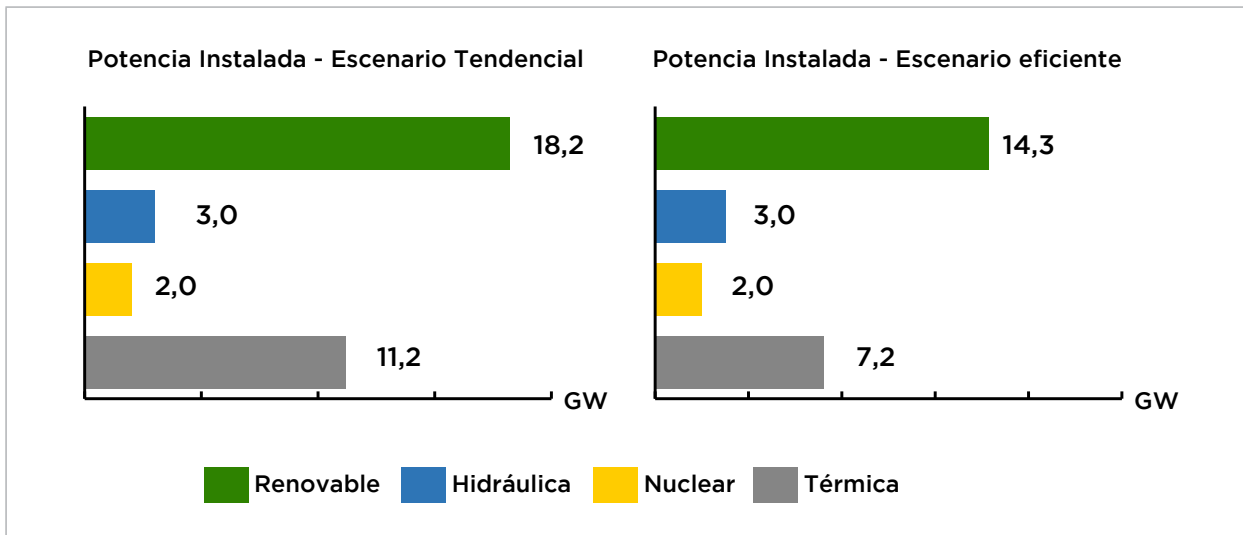


Figura 10 Escenarios de potencia instalada al año 2030 [1]

De acuerdo a estos escenarios, para el año 2030 se requerirán entre **14,3 y 18,2 GW** de potencia adicional instalada a partir de fuentes renovables para dar cumplimiento a la Ley 27.191.

cia instalada, etc. En el siguiente enlace se puede ver la generación en tiempo real de energías renovables: <https://despachorenovables.cammesa.com/renovables/>.

El sitio web de CAMMESA incluye información respecto a la generación de energía de origen renovable, así como previsiones de generación, poten-

Cabe destacar que por momentos se aprecian cubrimientos de hasta un 13%, valor por encima a lo establecido según los objetivos de la Ley 27.191.

3.4.3. LAS RENOVABLES Y LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es el marco multilateral de implementación de los esfuerzos internacionales para enfrentar los desafíos del cambio climático.

Al ratificar la CMNUCC, nuestro país asumió una serie de obligaciones, entre las que figuran reportar sus inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero "GEI" y establecer programas nacionales que contengan medidas para mitigar y facilitar la adecuada adaptación al cambio climático.

El objetivo a largo plazo de este acuerdo es fortalecer la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático para mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C sobre los niveles preindustriales y limitar ese aumento a 1,5 °C, lo que reduciría considerablemente los riesgos y el impacto del cambio climático.

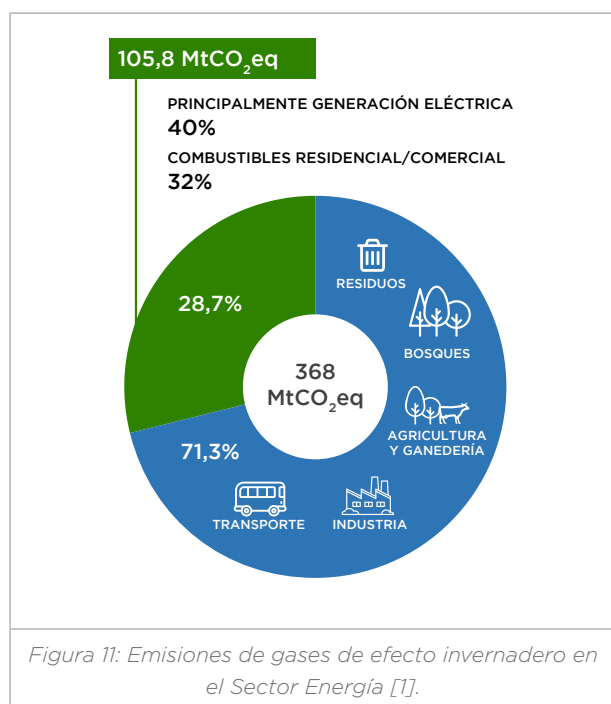


Figura 11: Emisiones de gases de efecto invernadero en el Sector Energía [1].

Dentro del Inventario nacional de gases de efecto invernadero del 2014, el sector de energía contribuye en un 28,7% en las emisiones totales de gases de efecto invernadero de nuestro país, como se muestra en la figura 11.

Dentro de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) y como parte del Plan Nacional de Mitigación, se establecieron distintas medidas de mitigación en el sector energía al año 2030, en-

tre las cuales figura la incorporación de las energías renovables a la matriz energética.

De esta manera, las emisiones de CO₂ equivalentes para el año 2030 según el escenario tendencial serían de 592 MtCO₂ eq., mientras que para el escenario eficiente serían de 483 MtCO₂ eq. y aún menos si se consideran las medidas condicionales, que son medidas no contempladas en la contribución nacional pero que marcan el camino hacia el que se procura avanzar para tratar de mantener el aumento de temperatura media mundial por debajo de 1,5°.

La cantidad de emisiones que se ahorran por la incorporación de fuentes de energía renovables en la matriz energética y la aplicación de medidas de eficiencia energética son 109 MtCO₂ eq. lo que representa el total actual de emisiones de los sectores de Transporte y Generación Eléctrica en Argentina.

3.4.4. UN CAMBIO DE PARADIGMA CON LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

A finales de diciembre de 2017 fue sancionada la Ley 27.424 en la cual se otorga el derecho a los usuarios de la distribuidora 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. En el cuerpo de la ley se incluye la definición del Balance Neto de Facturación o "Net Billing" como el esquema de facturación a aplicar, la creación del FODIS, un fideicomiso de administración financiera para otorgar beneficios promocionales a la demanda y la invitación a las provincias a adherir al régimen, entre otros.

Luego, a principios de 2018 la ley fue reglamentada por el decreto 986, en donde se plantea como objetivo la incorporación de 1.000 MW de potencia de generación distribuida instalada para el año 2030. Además, se designa como Autoridad de Aplicación, a la Secretaría de Gobierno de Energía (SGE).

A fines del 2018, se emite la Resolución 314 de la SGE. La misma crea el RENUGER, que es el Registro Nacional de Usuarios-Generadores de energías renovables. Categoriza a los Usuarios-Generadores en pequeños (hasta 3kW), medianos (hasta 300 kW) y grandes (hasta 2MW).

En dicha resolución se establece el Procedimiento de Conexión de Usuario-Generador y las normas básicas del contrato entre las partes. También establece que los Distribuidores deben declarar en



forma mensual la energía inyectada por todos sus usuarios-generadores a CAMMESA.

A principios del 2019, se emitió la Disposición 28 de la SSERYEE, luego modificada por la Disposición 97, publicada en agosto del mismo año. Con esta disposición y su complementaria quedó implementado el Régimen Nacional de Generación Distribuida. En la misma se establecen los Requisitos Técnicos para la conexión de los equipos de Generación distribuida de cualquier fuente de energía renovable. Se definen los requerimientos para las protecciones eléctricas y se requieren certificados de calidad de los equipos a conectar. También se establece el procedimiento a seguir para realizar el trámite de conexión de usuario-generador en la Plataforma Digital de Acceso Público, herramienta creada específicamente para este fin. Por último, se describe la forma de Inscripción de los Distribuidores e Instaladores en dicha plataforma.

La Ley 27.424 establece un régimen de beneficios promocionales, entre ellos un Certificado de Crédito Fiscal, también crea el FODIS con el objeto de otorgar préstamos, incentivos, garantías, realización de aportes de capital y adquisición de otros instrumentos financieros, todos ellos destinados a la implementación de sistemas de generación distribuida a partir de fuentes renovables.

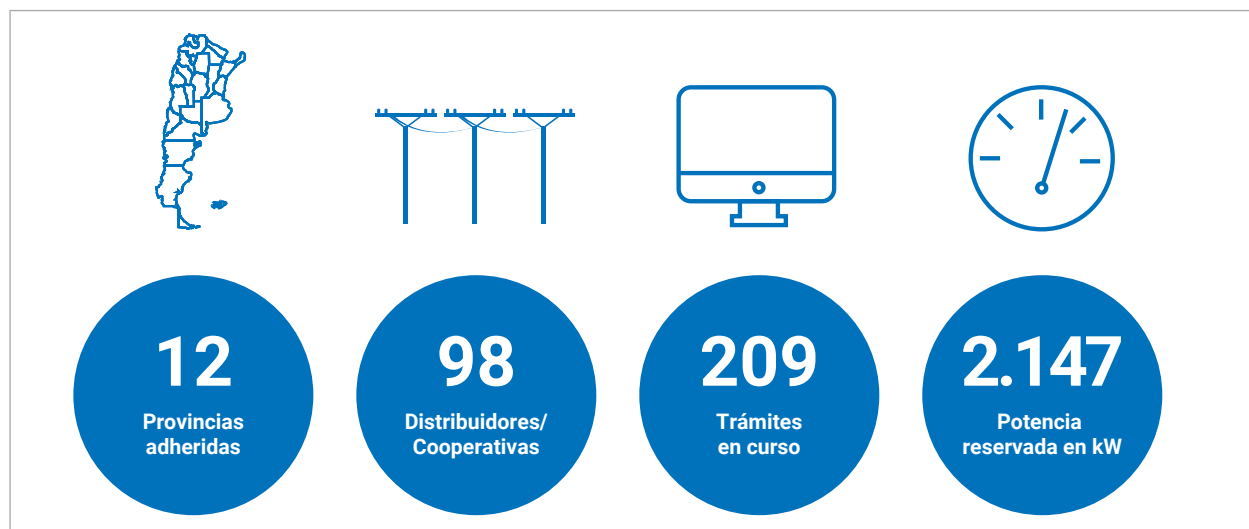
Con motivo de instrumentar uno de estos beneficios es que se emite la disposición N° 48 de la

SSERYEE en abril de 2019. La misma dispone que la SSERYEE y la AFIP estarán a cargo de la instrumentación y aplicación de los Certificados de Crédito Fiscal bajo la modalidad de Bono Electrónico, los cuales podrán ser aplicados al pago de impuestos nacionales.

En julio de 2019 se emite la Disposición N° 83, en la cual se instrumenta el procedimiento, los montos y las condiciones para la obtención del Certificado de Crédito Fiscal para usuarios-generadores. En este documento se detalla la vigencia de 5 años para el certificado una vez otorgado y se describe el modo de otun monto fijo por cada unidad de potencia instalada.

A continuación se observa el estado de situación e implementación de la ley a sólo 6 meses de la habilitación de la Plataforma Digital de Acceso Público, en la que continuamente se están sumando nuevas jurisdicciones y distribuidoras. En el mismo se destacan 98 empresas distribuidoras hasta octubre de 2019, que representan aproximadamente el 45% de los usuarios potenciales de Generación Distribuida del país.

En el sitio web de la Dirección de Generación Distribuida se puede encontrar información sobre el avance en la implementación de la ley, así como también instructivos para la utilización de la Plataforma Digital, un Calculador Solar, información sobre beneficios promocionales, etc [4].







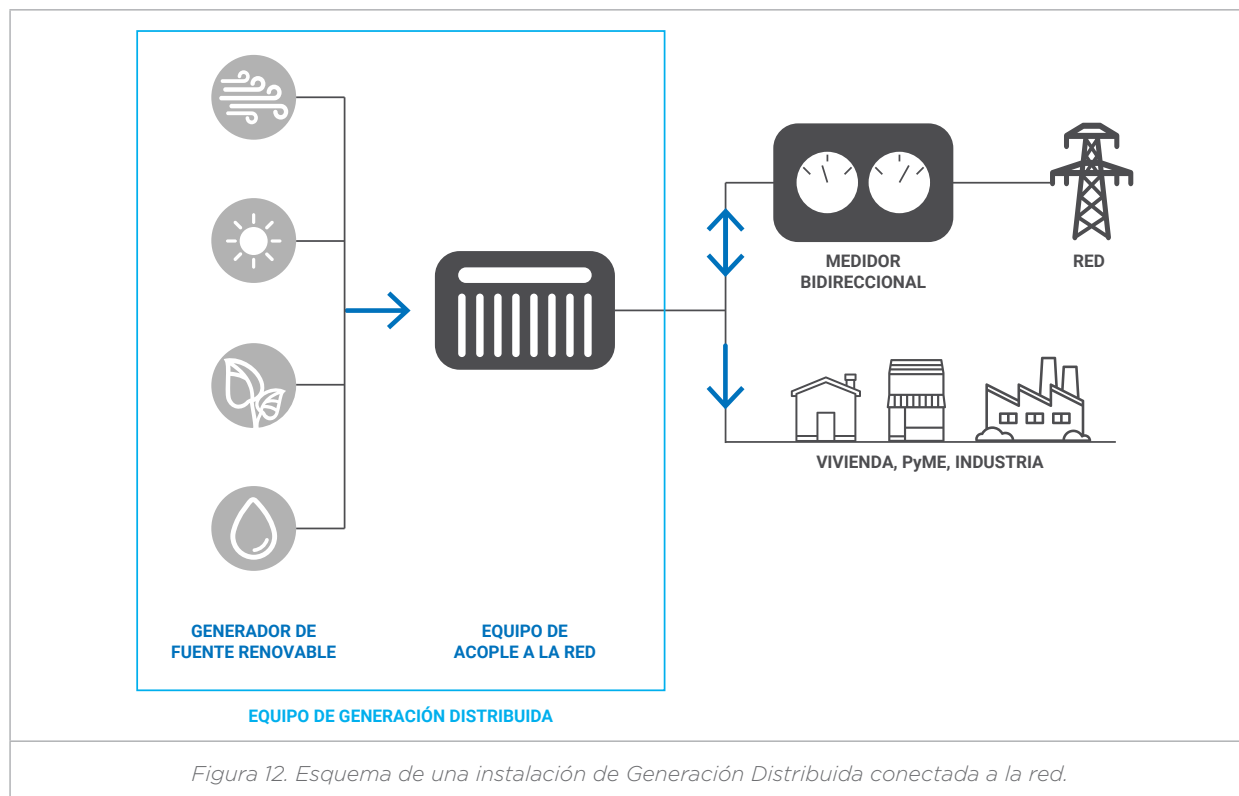
4. LEY NACIONAL DE FOMENTO A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍAS RENOVABLES

La Ley 27.424 y su reglamentación permite que mediante la instalación de Equipos de Generación Distribuida, los usuarios residenciales, comerciales e industriales, puedan generar energía eléctrica para el autoconsumo e inyectar los excedentes a la red de distribución eléctrica, recibiendo una remuneración económica.

4.1. EQUIPO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

El Equipo de Generación Distribuida está compuesto por un Generador de Fuente Renovable y un Equipo de Acople a la Red, por ejemplo, paneles

solares y un inversor de conexión a red, respectivamente. En el siguiente capítulo se explicarán con mayor detalle los principios básicos de cada tecnología de Generación Distribuida. En la figura 12 se observa un esquema básico de lo antedicho.



4.2. EL MEDIDOR BIDIRECCIONAL

La medición de energía eléctrica se realiza a través de un medidor bidireccional. Un único medidor registra el consumo de energía del usuario y la energía inyectada a la red. Al finalizar cada período de medición, se registran los valores de consumo e inyección a la red y se valorizan por separado. El aspecto de un medidor bidireccional puede verse en la figura 13.

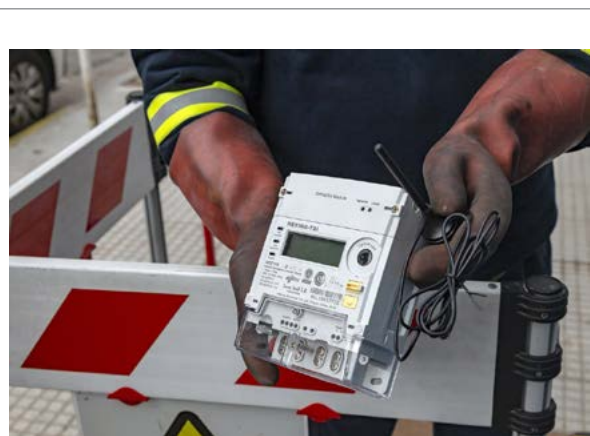


Figura 13. Imagen de un medidor inteligente bidireccional (Fuente: EDENOR)



4.3. CONSUMO E INYECCIÓN DE ENERGÍA

Al igual que con la demanda de energía, al hablar de de energías renovables, debemos contemplar su variabilidad en el tiempo. La intensidad de viento, radiación solar, niveles hídricos, cantidad de biomasa y otros, varían en su disponibilidad periódicamente a lo largo del año. Esta situación permite la existencia de tres escenarios distintos de funcionamiento que pueden darse a lo largo de un mismo día:

- Autoconsumo: En este escenario, la energía generada por el sistema de generación distribuida es igual o menor al consumo del usuario, reduciendo su demanda sobre la red de distribución (reemplazo de generación fósil y ahorro económico asociado).

- Inyección: En este escenario, el usuario consume menos energía de lo que genera y el excedente de generación se entrega a la red para ser aprovechado por otros (reemplazo de generación fósil y compensación económica al usuario).
- Consumo de Red: En este escenario, no hay generación de energía eléctrica proveniente del equipo de generación distribuida (por ejemplo, durante la noche cuando el equipo de generación distribuida corresponde a un sistema solar fotovoltaico) y la red eléctrica suministra la energía para abastecer la demanda.

En las figuras 14 y 15 se muestra el perfil de funcionamiento típico de un equipo de generación solar fotovoltaico de uso residencial y comercial respectivamente.

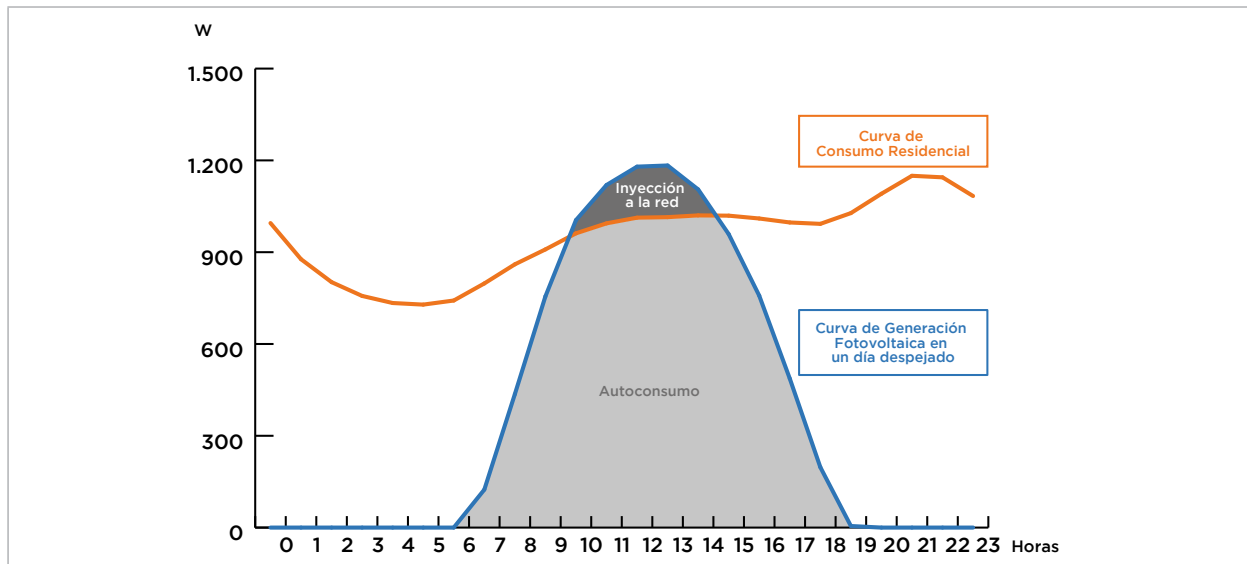


Figura 14. Generación y Demanda Diaria Promedio de tipo Residencial.

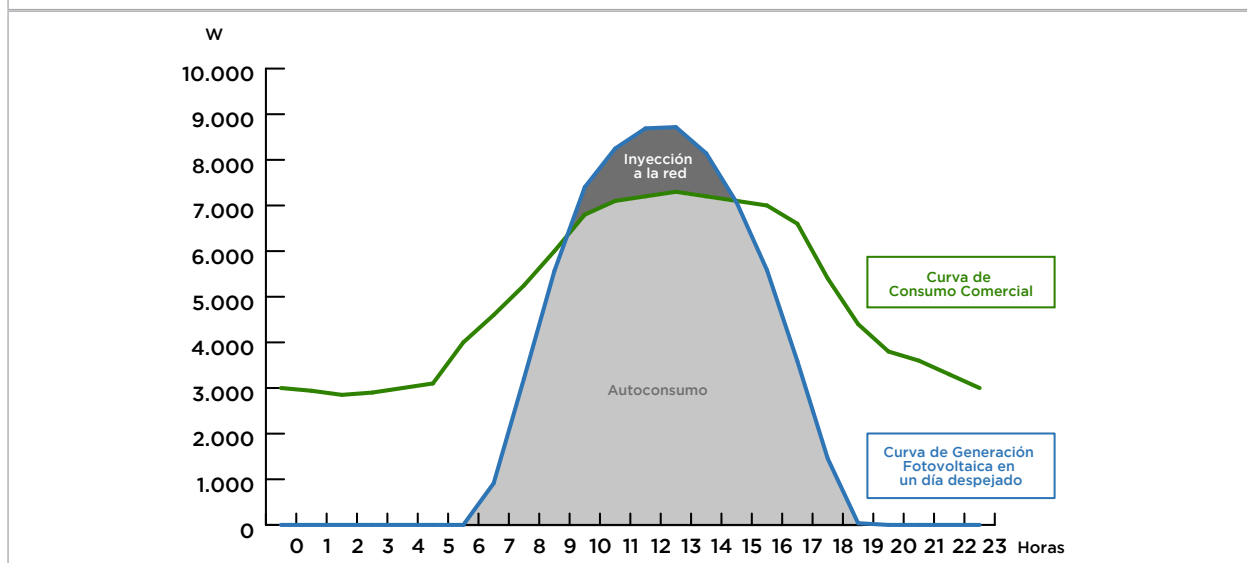


Figura 15. Generación y Demanda Diaria Promedio de tipo Comercial.

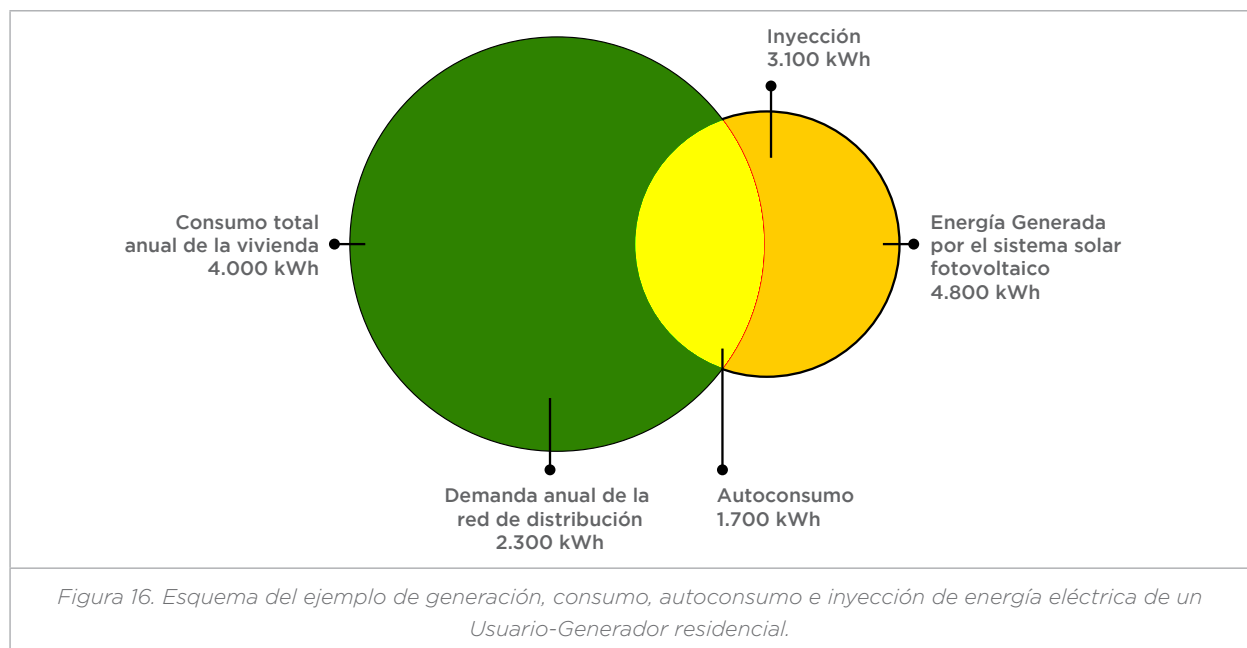
La diferencia esencial entre ambos perfiles es que en el perfil residencial el pico de demanda de energía se ubica fuera del horario de generación solar, cuando el usuario vuelve a su hogar y comienza a utilizar sus electrodomésticos, mientras que, en general, en el caso de un perfil de consumo comercial coincide. De esta manera y en términos generales, un comercio típico autoconsumirá un porcentaje mayor de su energía generada.

A modo de ejemplo, analizamos el caso de un sistema de generación distribuida solar fotovoltaico residencial en la provincia de Buenos Aires conformado por 12 módulos fotovoltaicos de 250 Wp (3 kWp de potencia), con inyección a red, instalado en un techo libre de sombras. Buenos Aires posee un nivel de irradiación solar diaria media anual de aproximadamente 4,5 kWh/m². Suponiendo una demanda anual de energía eléctrica de 4.000 kWh (correspondiente a 333 kWh mensuales, que es el promedio de consumo residencial del país), podemos obtener los siguientes resultados para un año:

- La energía anual generada por el sistema fotovoltaico será de alrededor 4.800 kWh.
- El autoconsumo estimado respecto del total de energía generada será del orden de un 35%, resultando en el ejemplo en 1.700 kWh/año, que se constituyen en energía eléctrica no demandada a la red del distribuidor.

La inyección respecto del total de energía generada será del orden de un 65%, resultando en el ejemplo en 3.100 kWh año.

El consumo de red resultante con la incorporación del Equipo de Generación Distribuida será de aproximadamente 2.300 kWh/año, y la energía inyectada 3.100 kWh/año, cubriendo aproximadamente un 40% de la energía total necesaria con el sistema de generación distribuida (lo que no significa que el ahorro económico en las facturas de electricidad sea del 40%)



Es importante destacar que dichos valores estimados dependen en buena medida del comportamiento de consumo energético de cada usuario, mejorando el ahorro económico a medida que aumente la proporción de energía autoconsumida respecto de la generación total. Esto último puede lograrse gestionando ciertos consumos de energía en los horarios de mayor generación.

También cabe destacar que el beneficio económico para este mismo sistema será aún mayor en regiones geográficas donde la irradiación solar

sea mayor. Por ejemplo, para la provincia de Jujuy, donde la irradiación solar diaria media anual es de aproximadamente 5,5 kWh/m², el sistema del ejemplo tendrá una generación un 35% mayor, la energía inyectada será un 51% más alta y la demanda al distribuidor disminuirá un 4%.

Dependiendo de la región geográfica y otras particularidades, también es posible que se presenten ventajas comparativas para la implementación de una tecnología sobre otra, como es el caso de generación eólica en lugares de alta calidad de vientos.



4.4. ESQUEMA DE FACTURACIÓN

Actualmente muchos países cuentan con una reglamentación de generación distribuida de energía renovable implementada mediante diferentes esquemas. A continuación, se detallará el Balance Neto de Facturación, que es el esquema de facturación y remuneración de energía implementado en nuestro país según el régimen nacional de generación distribuida, Ley 27.424.

Con el fin de exponer el modelo utilizado, es necesario definir las siguientes nomenclaturas:

- Precio mayorista de energía (\$G). El precio al cual los Distribuidores compran la energía eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista y luego distribuyen al usuario final. Este precio mayorista está compuesto por el PEE (Precio Estabilizado de la Energía) más el PET (Precio Estabilizado de Transporte), ambos establecidos periódicamente por el organismo regulador que es la Secretaría de Gobierno de Energía.
- Valor Agregado de Distribución (\$VAD). Corresponde a la fracción de pérdidas y costos del servicio de distribución incluidos dentro de la tarifa variable de energía.
- Tarifa de Servicio de Red (\$G+VAD). Es el precio minorista de la energía eléctrica que paga el usuario final por su demanda. Resulta de la suma del Valor Agregado de Distribución y la energía a Precio Mayorista. La tarifa final que paga el usuario corresponde a este valor más la adición de los correspondientes impuestos.

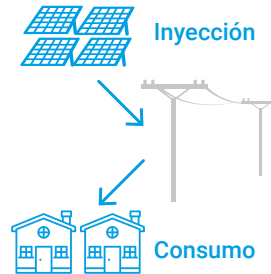
4.4.1. MODELO DE BALANCE NETO DE FACTURACIÓN O “NET BILLING”

En el modelo de Balance Neto de Facturación el usuario-generador vende su energía excedente al valor completo del costo evitado, es decir, a un precio equivalente al valor de la energía y del transporte en el mercado eléctrico mayorista (\$G).

El precio de la energía inyectada es diferente del precio que los usuarios eléctricos pagan por su demanda (\$G+VAD), ya que este último incluye el costo asociado al servicio de distribución más impuestos.

La figura 17 muestra esquemáticamente el Balance Neto de Facturación o “Net Billing”.

BALANCE NETO DE FACTURACIÓN (NET BILLING)



$$+ \text{Inyección (kWh) a } \$G \\ - \text{Consumo (kWh) a } \$G + \text{VAD}$$

Figura 17. Esquemas de facturación de diferentes modelos de inyección de energía eléctrica a la red.

Este esquema es el más ventajoso y se implementa cada vez en más países, ya que minimiza distorsiones evitando costos para otros usuarios de la red del distribuidor que no poseen tecnología renovable. Asignando precios diferenciales en cada caso se evita alterar el flujo operacional y energético existente en el sistema.

Otra de las ventajas que posee este modelo es que, al establecer un precio menor a la energía inyectada respecto del precio que pagan los usuarios por la demanda, se fomenta el autoconsumo y la eficiencia energética a la vez que incentiva el óptimo dimensionamiento de los sistemas de generación distribuida. De esta manera, el retorno de inversión será mayor cuanto mayor sea el porcentaje de autoconsumo, favoreciendo en el mediano plazo incluso, la instalación de baterías para maximizar el aprovechamiento del sistema de generación.

Independientemente del precio de inyección antes detallado, existen una serie de mecanismos de promoción para hacer más atractivo este tipo de inversiones, impulsando al desarrollo de un mercado local de instaladores y proveedores de servicios asociados a la generación distribuida. La ley nacional 27.424 prevé exenciones impositivas, certificados de crédito fiscal y financiamiento promocional, entre otros, los cuales se pueden complementar con los incentivos provinciales que se establezcan en cada caso.

4. 5. CATEGORÍAS DE USUARIO-GENERADOR

Las distintas categorías establecidas en la normativa nacional por la autoridad de aplicación del régimen, son las siguientes:

- Usuarios-Generadores pequeños (UGpe): Usuarios-Generadores que instalen un Equipo de Generación Distribuida en Baja Tensión cuya potencia no supere los TRES KILOVATIOS (3 kW).
- Usuarios-Generadores medianos (UGme): Usuarios-Generadores que instalen un Equipo de Generación Distribuida en Baja o Media Tensión de una potencia mayor a TRES KILOVATIOS (3 kW) y hasta TRESCIENTOS KILOVATIOS (300 kW).
- Usuarios-Generadores mayores (UGma): Usuarios-Generadores que instalen un Equipo de Generación Distribuida en Baja o Media tensión de una potencia mayor a TRESCIENTOS KILOVATIOS (300 kW) y hasta DOS MEGAVATIOS (2 MW).

A los efectos de la categorización precedente, la potencia del Equipo de Generación Distribuida será la suma de las Potencias de Acople a la Red.

Es importante aclarar que esta categorización es independiente de la potencia que el Usuario-Generador contrate, así, por ejemplo un Gran Usuario de la Distribuidora (GUDI) que contrate 500 kW de potencia, puede ser un Usuario-Generador mediano (UGme) si instala un equipo de generación distribuida de 150 kW.

4. 6. PRINCIPALES ACTORES

En un esquema de Generación Distribuida existen cuatro partes fundamentales: un Usuario-Generador, un Distribuidor, un Ente Regulador y la Autoridad de Aplicación.

El **Usuario-Generador** es un cliente del Distribuidor que ha conectado un equipo de generación distribuida de origen renovable en los términos de la Ley 27.424 y su normativa complementaria.

El **Distribuidor** es el prestador del servicio de distribución de energía eléctrica en el área de concesión que le ha sido otorgado, y bajo el marco de la Ley 27.424 se encuentra obligado a comprar todo el excedente de energía eléctrica que el Usuario-Generador inyecte en su red.

El **Ente Regulador**, es quien controla el cumplimiento de la normativa técnica y los requerimientos de la ley, regula las tarifas de los servicios, y aplica sanciones por incumplimiento. El Ente Regulador actúa de intermediario entre el Usuario-Generador y el Distribuidor, ante conflictos.

La **Autoridad de Aplicación** del Régimen es la Secretaría de Gobierno de Energía, quien ha delegado facultades y funciones en la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética. La Autoridad de Aplicación establece objetivos nacionales y lineamientos generales, determina la normativa técnica y los estándares de calidad, implementa los mecanismos de promoción y fomento, y verifica el cumplimiento de los objetivos propuestos.



Presidencia de la Nación





5. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE FUENTE RENOVABLE

Se denomina "energía renovable" a aquella proveniente de fuentes energéticas que aprovechan los recursos naturales como el sol, el viento, el agua, la biomasa vegetal o animal, entre otras.

Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles, como sucede con la generación de energía eléctrica convencional, sino recursos capaces de renovarse ilimitadamente.

5.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión de la radiación solar en corriente eléctrica mediante el uso de celdas fotovoltaicas que debido al efecto fotoeléctrico transforman la luz que incide sobre ellas en electricidad. Estas celdas, hechas comúnmente de silicio, se interconectan entre sí formando un módulo fotovoltaico, o más comúnmente llamado panel solar.



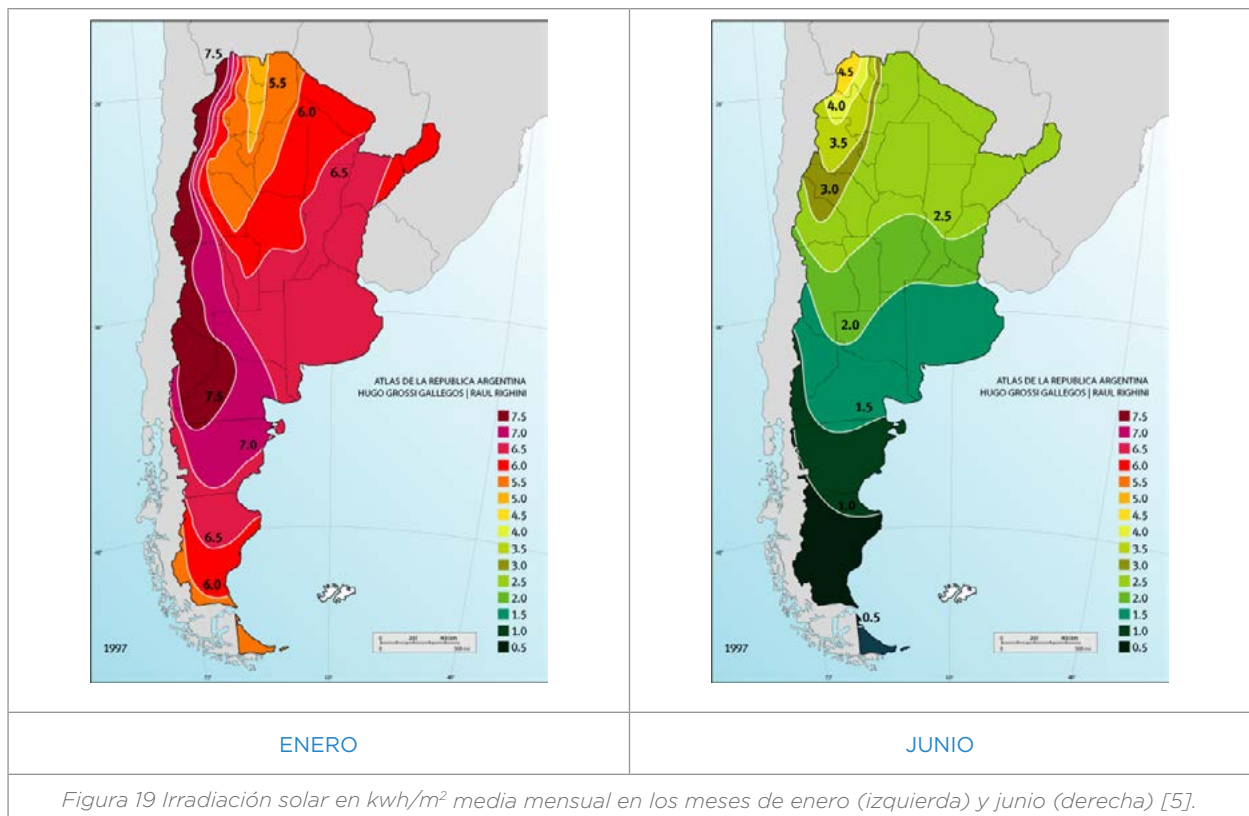
Los módulos fotovoltaicos pueden dividirse en función del tipo de celda que lo constituye, las mismas

pueden ser monocristalinas, policristalinas o amorfas y se diferencian principalmente en el proceso de fabricación, costo y eficiencia de conversión, que es la relación entre la radiación solar que recibe y la corriente eléctrica que genera. Actualmente la tecnología más utilizada es la de celdas policristalinas, con una eficiencia de conversión de aproximadamente un 15%, mientras que las amorfas alcanzan el 7% y las monocristalinas un 19% pero tienen un costo muy superior.

Una de las magnitudes más importantes de los módulos fotovoltaicos es la potencia pico que generan y su unidad de medida es el Watt-pico (Wp). Es decir, la potencia eléctrica que generan en condiciones normalizadas (condiciones de laboratorio).

La potencia que genera un módulo fotovoltaico depende, entre otros factores, del rendimiento del panel solar y por supuesto de cuánta radiación solar recibe.

Para conocer cuánta energía eléctrica generará un módulo fotovoltaico, se utiliza el dato de irradiación media mensual y se realiza la estimación mes a mes. Argentina cuenta con un gran potencial de aprovechamiento de la energía solar. La figura 18 muestra la irradiación solar media en el plano horizontal para el mes de mayor y menor irradiación (enero y junio respectivamente).





Todos los módulos fotovoltaicos generan corriente continua y como se mencionó anteriormente, para utilizarlos en un sistema de generación distribuida se deben conectar a un inversor de conexión a red cuya función es la de convertir la corriente continua en corriente alterna y adecuar los parámetros de calidad eléctrica (tensión y frecuencia principalmente) para su interacción en paralelo con la red eléctrica de distribución.

Adicionalmente, estos inversores deben cumplir con ciertos requisitos de seguridad eléctrica; un aspecto fundamental de estos equipos es que se apaguen ante un corte de suministro eléctrico, debido a que si el corte es por mantenimiento no debe haber tensión en la red, para seguridad de los operarios.

A nivel estructura, típicamente los paneles son instalados en una posición fija, con inclinación y orientación de tal forma de buscar obtener el máximo de energía generada en un año. Estas instalaciones son las más sencillas y menos costosas, pero también existen estructuras más complejas que poseen movimiento en uno o dos ejes, para poder seguir la trayectoria aparente del sol de cada día, este seguimiento permite aumentar la generación entre un 20% y un 40% diario. La evaluación técnico-económica del uso de un seguidor depende de cada caso puntual.

En cuanto al mantenimiento requerido de los sistemas fotovoltaicos, el mismo es muy bajo y se trata básicamente de una limpieza de la superficie de los paneles. La regularidad de la misma dependerá principalmente de las condiciones climáticas de la zona, por ejemplo, en lugares secos se deberán limpiar más seguido que en otros donde hay lluvias abundantes.

En resumen, la generación distribuida fotovoltaica está compuesta de equipos cuya instalación es simple y en general, al no tener partes móviles, no requieren mucho mantenimiento. Son equipos modulares, lo que permite ampliar la instalación por etapas. Por estos motivos es la tecnología más utilizada a nivel mundial en las instalaciones de generación distribuida.

5.2 ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es la que se obtiene del aprovechamiento de la energía cinética del viento, y puede convertirse en energía eléctrica mediante el uso de aerogeneradores.

Un aerogenerador es un dispositivo que transforma

la energía cinética del viento en energía mecánica mediante sus álabes o aspas, para luego transformar esa energía mecánica en energía eléctrica mediante un alternador o generador eléctrico.

En un aerogenerador el viento pasa sobre la superficie de las aspas ejerciendo una fuerza de sustentación sobre ellas que hace girar el rotor. Este movimiento de rotación es transferido al eje principal y en la mayoría de los aerogeneradores es amplificado mediante una caja multiplicadora que aumenta la velocidad de rotación del rotor hasta la velocidad de rotación del generador eléctrico. Existen varias tecnologías de aerogeneradores disponibles, entre ellas 1 pala, 2 palas, 3 palas, rotor Darrieus, rotor Savonius, etc. y dependiendo de las velocidades medias mensuales de viento disponibles en cada localidad será más conveniente optar por una u otra tecnología

Los aerogeneradores pueden existir con diferentes potencias nominales, del orden de kW para uso distribuido o bien de algunos MW para grandes centrales de potencia. Cada aerogenerador posee una curva característica que informa la potencia eléctrica generada en función de la velocidad del viento disponible. En nuestro país, existen varias áreas con vientos medios superiores a 5 m/s, siendo factible el uso para generación eléctrica distribuida. Cada aerogenerador posee una curva característica que informa la potencia eléctrica generada en función de la velocidad del viento disponible.

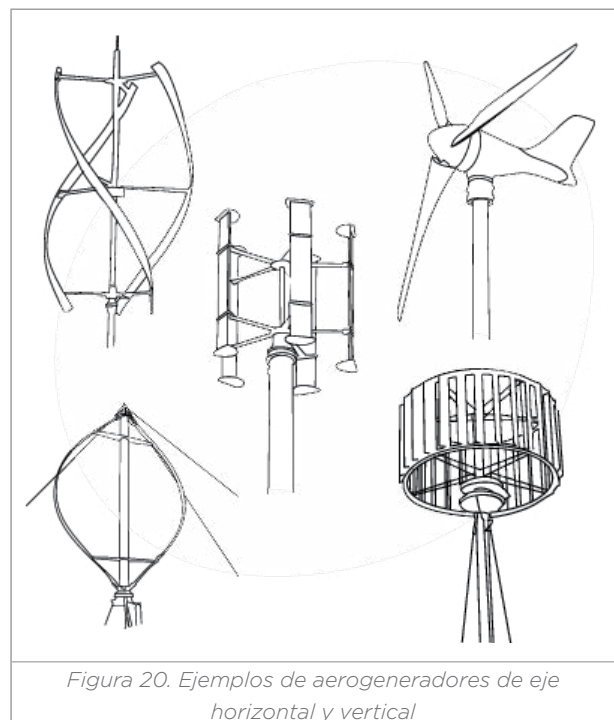


Figura 20. Ejemplos de aerogeneradores de eje horizontal y vertical

La Argentina es uno de los países con mayor potencial eólico del planeta. En la región patagónica los vientos soplan de manera intensa y frecuente, a una velocidad que supera el doble del mínimo necesario para generar electricidad.

Además de la Patagonia, la costa atlántica y las serranías de la provincia de Buenos Aires poseen vientos de gran intensidad, y la región andina, sobre todo la provincia de La Rioja, también se destaca como una zona con gran potencial.

La figura 21 muestra las velocidades medias anuales del viento a 10 m de altura.

La instalación de sistemas eólicos requiere mayor atención que la de los módulos fotovoltaicos. En la mayoría de los casos, los aerogeneradores se instalan sobre torres que van desde los 6 metros hasta los 24 metros de altura. Eso hace que estas instalaciones requieran ciertas consideraciones adicionales al de las de tecnología solar fotovoltaica.

En cuanto al sistema de acople a la red, en unidades pequeñas se suelen utilizar inversores electrónicos, mientras que en unidades de mayor potencia, empieza a ser necesario consultar a especialistas tanto para el aspecto eléctrico como para el aspecto estructural, ya que los generadores tienen más peso y por ende son sometidos a mayores fuerzas tanto tangenciales como verticales.

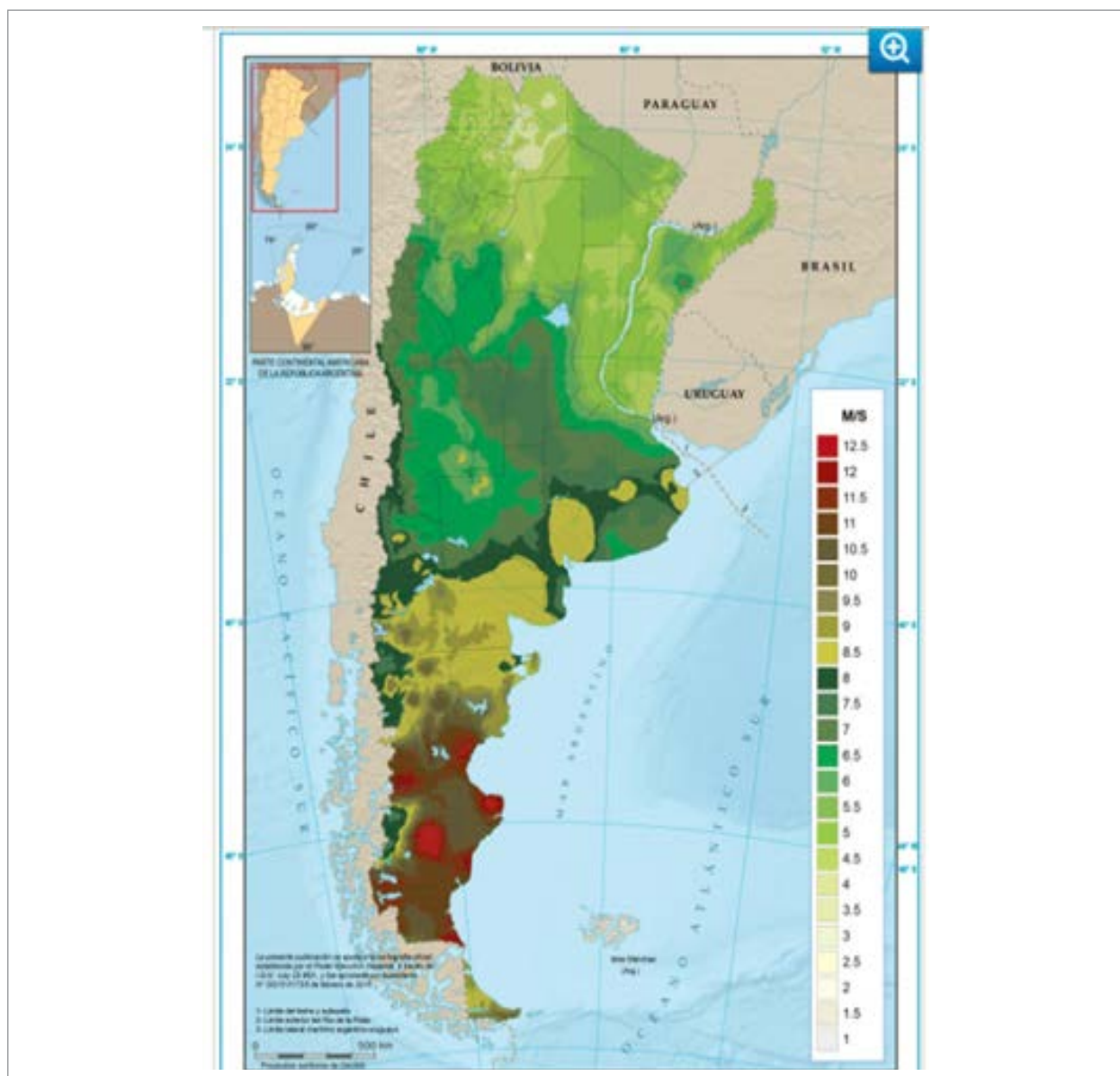


Figura 21. Mapa de potencial eólico en Argentina
Velocidad media anual del viento a 10m de altura sobre el terreno [5].



5.3. ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

La energía hidroeléctrica es la energía eléctrica obtenida a partir del aprovechamiento de las diferentes alturas de un curso de agua. El aprovechamiento de esta energía puede ser realizado mediante un embalse o bien mediante un desvío del curso de agua.

El conexionado a la red de los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos dependerá del tipo de tecnología y la potencia. Algunos generan energía en corriente continua y pueden ser conectados a un inversor de conexión a red tal como los sistemas fotovoltaicos y eólicos. Otros aprovechamientos generan energía en corriente alterna y pueden conectarse directamente a la red mediante un mecanismo de engranajes u otra electrónica de control.

Según el tipo de emplazamiento los aprovechamientos hidroeléctricos se pueden clasificar en dos grandes grupos: de embalse o de pasada.

Los aprovechamientos de embalse pueden ser "despachados" y ajustarse rápidamente a las variaciones de demanda, que es una característica muy valiosa a los fines de un sistema de generación distribuida ya que permite maximizar el porcentaje de autoconsumo. En la figura 22 se muestra un esquema de un aprovechamiento hidroeléctrico con embalse y generación a pie de presa.

Los aprovechamientos de pasada no requieren reservorio, pero al carecer de capacidad de almacenamiento son altamente dependientes de las variaciones naturales del caudal del río.

Dentro de este grupo tenemos los aprovechamientos de pasada de alta o baja caída. En el caso de los aprovechamientos de pasada de alta caída, la solución más usada es llevar el agua por un canal de poca pendiente, hasta la cámara de carga, desde ahí una tubería forzada la conduce a presión a la sala de máquinas. A la salida de las turbinas el agua se restituye al cauce mediante un canal de desagüe. Este tipo de aprovechamiento se muestra en la figura 22.

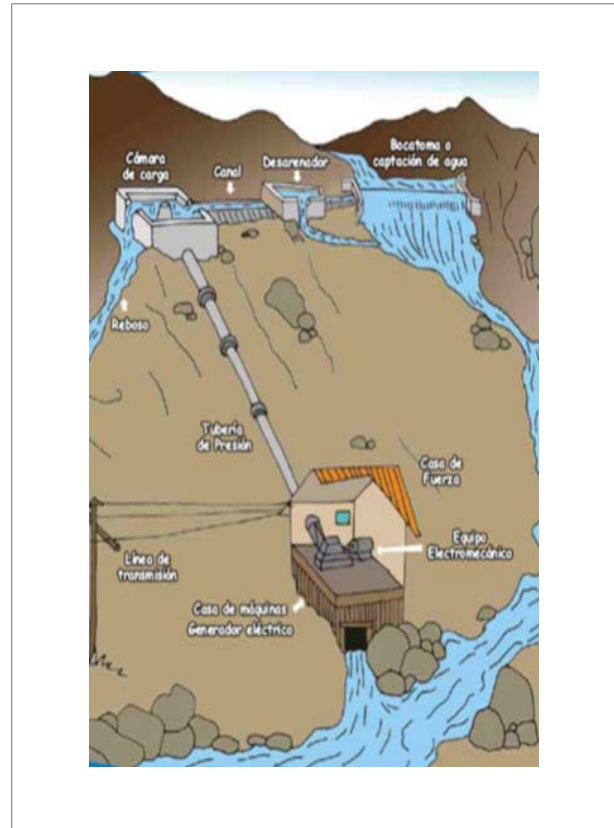


Figura 22. Aprovechamiento de alta caída o altura.

En el caso de los aprovechamientos de baja caída o altura, se desvía parte del agua del río mediante una toma, y a través de canales o conducciones se lleva hasta la central donde será turbinada. Una vez turbinada, el agua desviada es devuelta nuevamente al cauce del río. Este tipo de aprovechamiento se muestra en la figura 23.

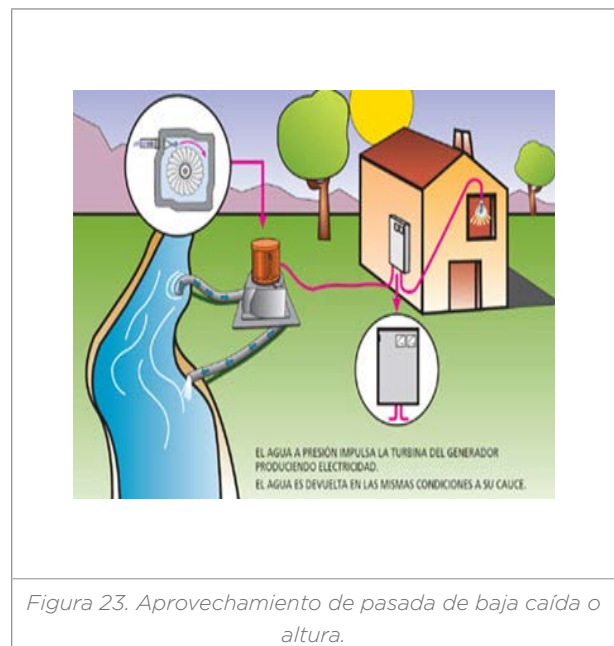


Figura 23. Aprovechamiento de pasada de baja caída o altura.

En la figura 24 se muestra un esquema de un aprovechamiento con embalse y generación a pie de presa.



Figura 24. Aprovechamiento con embalse y generación a pie de presa.

Debido al costo de construcción de la presa, la mayoría de los aprovechamientos hidroeléctricos son del tipo pasada.

La minicentral hidroeléctrica cuenta con una potencia disponible que varía en función del caudal de agua disponible para ser turbinado y el salto existente en cada instante. Para poder predecir el funcionamiento de la turbina durante todo el año es necesario conocer la variación estadística de los cursos de agua en cuestión, tanto en altura como en caudal. La tecnología de la turbina que permite aprovechar el movimiento del agua también juega un papel crucial. La misma debe ser seleccionada en función del tipo de aprovechamiento que se planea llevar a cabo.

5.4 BIOENERGÍAS-BIOMASA

Una central de biomasa es una instalación diseñada para generar energía eléctrica a partir de recursos biológicos. La biomasa es “todo material de origen biológico (excluidas las formaciones fósiles) como los cultivos energéticos, desechos y subproductos agrícolas y forestales, estiércol o biomasa microbiana” (FAO, 2004).

A partir de la biomasa, que no es aprovechada con otros fines, se puede obtener energía, transformando un residuo en un recurso energético. Además, se trata de una fuente renovable, por la capacidad de la biomasa de regenerarse a través del uso y manejo sustentable de los recursos.

Para comprender los procesos de generación de la energía derivada de biomasa, es importante diferenciar los tipos de biomasa de acuerdo al porcentaje de humedad que contienen, en biomasa seca y biomasa húmeda: si el tenor es menor al 60%, se la considera seca (residuos industriales agrícolas y forestales); en tanto, si la biomasa presenta más del 60% de humedad, es considerada húmeda (efluentes con alta carga orgánica, tales como los que provienen de criaderos de animales).

Según el tipo de biomasa, se requieren procesos tecnológicos diferentes para su conversión y utilización en la producción de energía. Un esquema simplificado que describe los diferentes tipos de biomasa se muestra en la figura 25.

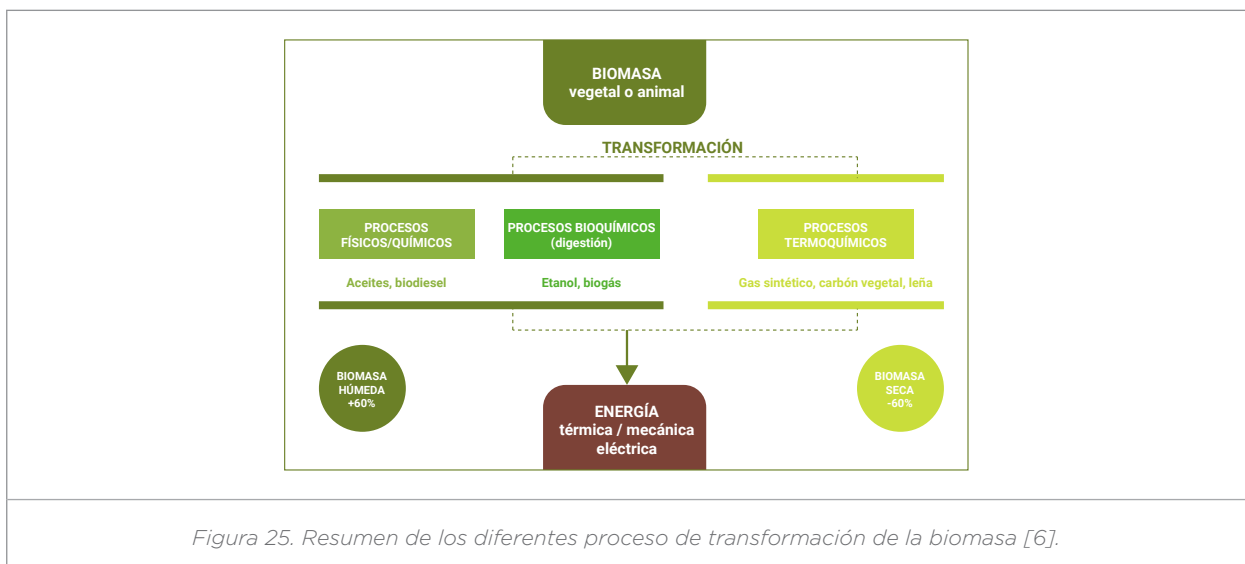


Figura 25. Resumen de los diferentes proceso de transformación de la biomasa [6].



La biomasa seca se utiliza para la producción de energía térmica y eléctrica, o ambas en simultáneo –proceso conocido como cogeneración–. Este tipo de biomasa se utiliza directamente como combustible en calderas para generar vapor para procesos industriales y una parte de ese vapor se deriva para la generación de electricidad a través de turbinas.

De este modo, a partir de un vector energético como es la biomasa, se pueden obtener simultáneamente dos vectores energéticos secundarios: electricidad y calor.

Otro método de generación consiste en la quema de residuos de biomasa seca mediante un proceso que se denomina gasificación, produciendo un gas combustible denominado gas pobre. Este gas se puede utilizar en un quemador para dar energía térmica, en una caldera para producir vapor, o ser enfriado y acondicionado para alimentar motores de combustión interna para generar electricidad.

En lo que respecta a la biomasa húmeda, la misma se transforma en energía a partir de su procesamiento en biodigestores, mezclando desechos orgánicos con agua y mediante su descomposición con bacterias anaeróbicas, obteniendo biogás con porcentajes de metano que oscilan entre el 55 y el 75%. El biogás se transforma en energía térmica o eléctrica para uso doméstico o industrial.

La energía derivada de biomasa es renovable por su capacidad de regenerarse a través del uso y manejo sustentable de los recursos. De las fuentes de energías renovables, la biomasa es una de las más confiables para la generación de energía térmica y eléctrica porque es constante y almacenable, no depende de la variabilidad meteorológica, a la vez que constituye una solución para la reducción de residuos y efluentes. Además, los desechos producidos por los distintos procesos de transformación de la biomasa en energía pueden ser utilizados como fertilizantes orgánicos.

En Argentina existe un gran potencial de recursos y residuos biomásicos disponibles y aprovechables para uso energético, debido a la naturaleza agroindustrial de la producción del país, con ingenios azucareros, industria forestal y papelera, así como su gran producción agropecuaria.

La figura 26 muestra las zonas con potencial de aprovechamiento de biomasa y aquellas zonas donde es posible realizar la explotación hoy en día, considerando un umbral que garantice como mínimo una producción de 12 tn/ha con una rotación de 25 años.

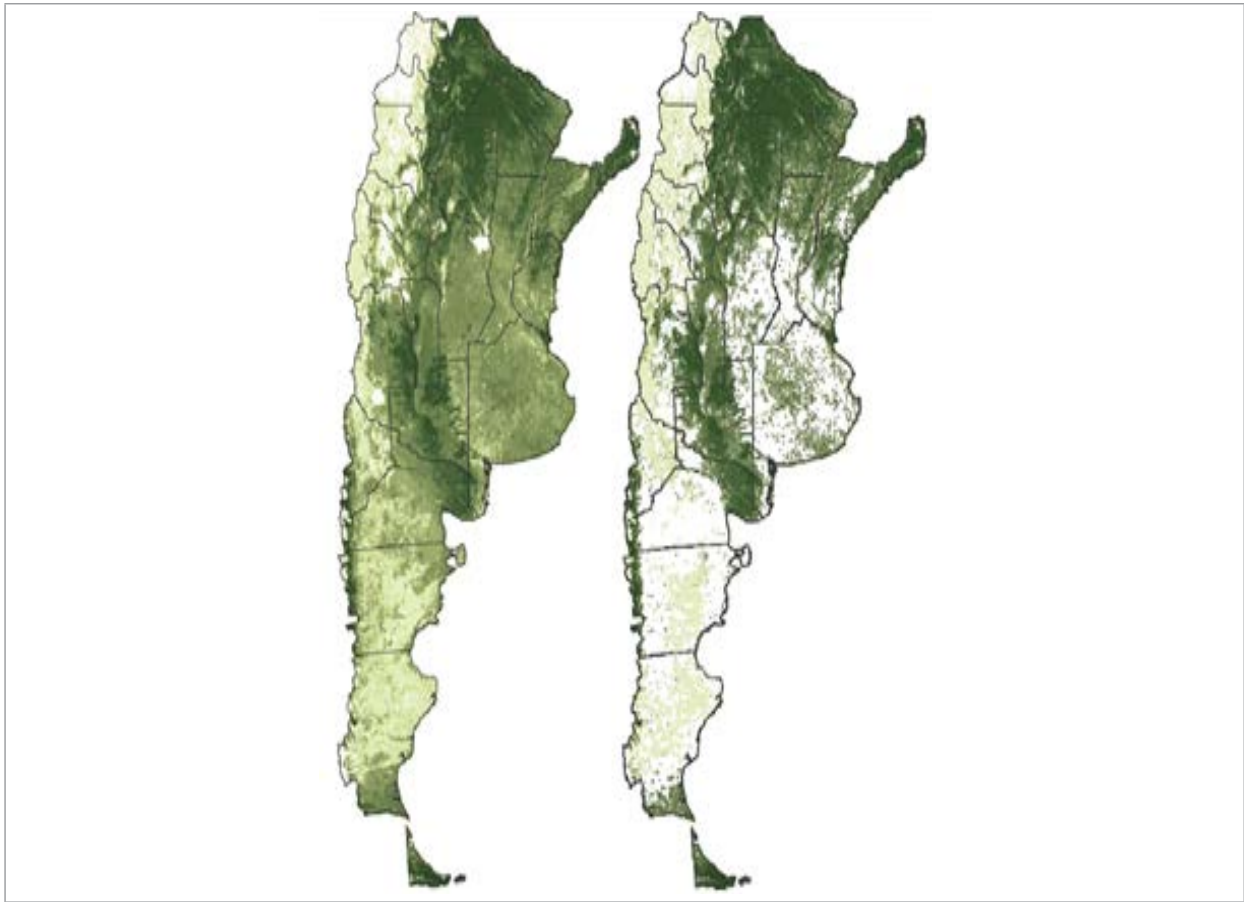


Figura 26. Mapas de la disponibilidad potencial y comercial de biomasa. El mapa de la derecha y el de la izquierda, permiten distinguir aquellas áreas en las que se podrían desarrollar emprendimientos bioenergéticos (derecha) de aquellas que no reúnen los requisitos mínimos que garantizan la viabilidad de los mismos (izquierda), al menos en una primera aproximación y según el umbral definido. Estos umbrales pueden ser fácilmente modificados para responder a demandas de producción más específicas [6].

En la figura 27 se muestra un esquema del funcionamiento de una planta que usa biomasa para la generación de biogás, que posteriormente es quemado para la generación de energía eléctrica.

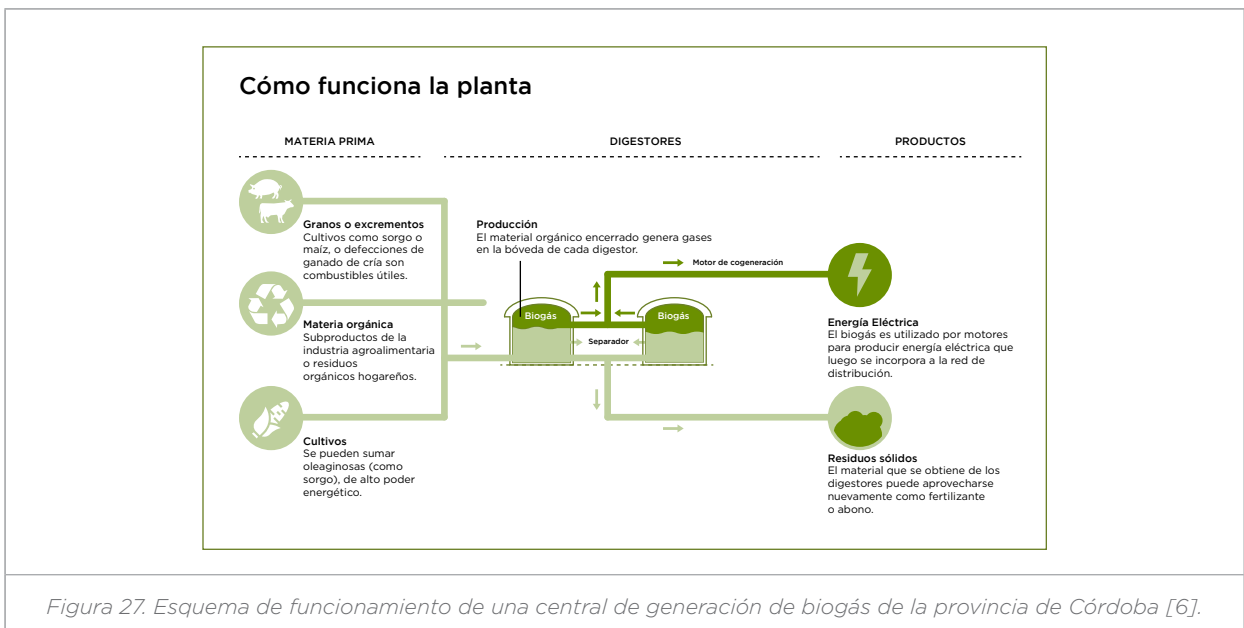


Figura 27. Esquema de funcionamiento de una central de generación de biogás de la provincia de Córdoba [6].



6. RESUMEN

A lo largo de este cuadernillo se han explicado las características del funcionamiento del sistema de interconexión eléctrica argentino y como la energía recorre el camino desde su generación hasta su consumo en los distintos puntos del país. Adicionalmente se describió la composición de la matriz energética y la necesidad de incorporación de las energías renovables a la misma. Por otro lado, se explicaron los antecedentes y esfuerzos que dieron origen a la Ley 27.424 de generación distribuida y en el marco de la misma, se explicaron brevemente las formas de uso e inyección de la energía generada en forma distribuida por sistemas renovables. Finalmente se hizo un breve repaso por las características de las tecnologías de generación renovable que se espera sean las de mayor impacto a nivel de generación distribuida.

Esta información constituye la base y punto de partida de todo aquel interesado en desarrollar un proyecto para generación distribuida.

Los fundamentos técnicos de dimensionamiento e instalación de cada tipo de sistemas renovable se desarrolla en otros cuadernillos específicos que complementan lo expresado aquí.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Secretaría de Gobierno de Energía:
<https://www.argentina.gob.ar/energia>

[2] CAMMESA: <http://www.cammesa.com>

[3] Programa RenovAr:
<https://www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica/renovables/renovar>

[4] Generación Distribuida:
<https://www.argentina.gob.ar/energia/generacion-distribuida>

[5] Portal educ.ar: <http://energiasdemipais.educ.ar/fuentes-de-energia-potencial/>

[6] PROBIOMASA:
<http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/>

Imágenes:
Freepik.com. Las fotografías han sido diseñadas usando imágenes de Freepik.com
Pexels.com

Este manual fue elaborado por la Subsecretaria de Energías Renovables y Eficiencia Energética como parte de su programa de difusión de Energías Renovables.

Octubre 2019

ARGENTINA

Subsecretaria de Energías Renovables y Eficiencia Energética
Av. Paseo Colón 189 - Piso 9 Oficina 903 / C.A.B.A. Argentina
www.argentina.gob.ar/energia



Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética

