



**RIDUNAJ**  
Repositorio Institucional  
Digital UNAJ



## Trabajo Final de Grado

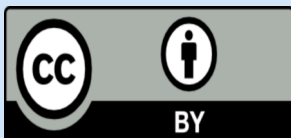
Fernandez, Tomás Ignacio

# Una estimación de la inversión necesaria para cumplir con las proyecciones energéticas a 2030 y 2050

*Instituto de Ciencias Sociales y  
Administración*

2024

*Carrera: Licenciatura en Gestión  
Ambiental*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.  
Atribución 4.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Fernández, T. I. (2024). Una estimación de la inversión necesaria para cumplir con las proyecciones energéticas a 2030 y 2050 [Trabajo Final de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche].  
<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3529>



# **Energías Renovables en** **Argentina**

***Una estimación de la inversión  
necesaria para cumplir con las  
proyecciones energéticas a 2030  
y 2050***

**Universidad Nacional Arturo Jauretche**

**Tomás Ignacio Fernandez**

**2024**

## Resumen Ejecutivo

Desde hace ya varios siglos el hombre ha comenzado a utilizar combustibles fósiles para generar energía. Sin embargo, estos tienen la particularidad de liberar los denominados gases de efecto invernadero, modificando un delicado proceso natural que en consecuencia genera lo que conocemos como Cambio Climático que es una de las amenazas a nivel mundial más importantes. Para combatir esta situación, a nivel internacional se han firmado acuerdos entre los que destacan el Acuerdo de París y la Agenda 2030, en la cual se establecen 17 objetivos a alcanzar por los países involucrados. El objetivo 7 de dicho acuerdo nos propone por un lado garantizar el acceso universal a servicios energéticos y, por otro lado, aumentar considerablemente la proporción de energías renovables.

En Argentina, existe por la Ley Nacional 27.191 el objetivo de cubrir con el 20% de energías renovables la demanda eléctrica para el 2025 y en Escenarios Energéticos oficiales se plantea alcanzar el 25% para el 2030. Sin embargo, a fines del 2022 apenas se alcanzaba a cubrir el 14% de la demanda por lo que nos preguntamos, ¿cuánta inversión hará falta para cumplir con los objetivos? Buscando una respuesta, se realizó una investigación sobre el estado energético actual, los escenarios energéticos proyectados tanto al 2030 como a 2050 y se trató de determinar el monto actual de la inversión necesaria en base a la comparación con instalaciones ya existentes y en funcionamiento, tomando como referencia la instalación con mejor rendimiento de los últimos años, otra con un rendimiento promedio y por último, la instalación con menor rendimiento. Como resultado de la investigación podemos afirmar que, si bien las instalaciones con mejor rendimiento suelen ser más económicas a largo plazo, requieren de una superficie mucho mayor que aquellas que tienen un rendimiento promedio. Por otro lado, los parques con menor rendimiento se deberían evitar en medida de lo posible ya que tienen costos mucho mayores tanto económicos como territoriales. En conclusión, la instalación de los parques debe realizarse teniendo en cuenta no solo el aspecto económico, sino también la disponibilidad de territorio con el que se cuente y las condiciones climáticas de la zona.

Palabras clave: *cambio climático, demanda de energía, eólica, fotovoltaica, prospección energética.*

## Listado de abreviaturas

AEREN	Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos de España
CAMMESA	Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.
CIPPEC	Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento
EE	Escenario Eficiente
EEL	Escenario de Electrificación
EG	Escenario de Gasificación
EROI	Tasa de Retorno Energético
ET	Escenario Tendencial
FARN	Fundación Ambiente y Recursos Naturales
FODER	Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables
GEIs	Gases de Efecto invernadero
IVA	Impuesto al Valor Agregado
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PBI	Producto Bruto Interno
PCR	Petroquímica Comodoro Rivadavia S.A
SADI	Sistema Argentino de Interconexión

## Índice

1. Introducción .....	8
2. Marco conceptual .....	9
2.1 Contexto Internacional .....	9
2.2 Energías Renovables .....	13
2.2.1 Beneficios y desventajas .....	13
2.2.2 Legislación en Argentina .....	17
2.3.3 Características generales de las fuentes analizadas .....	18
<i>Eólica</i> .....	18
<i>Solar</i> .....	20
3. Matriz energética nacional .....	22
3.1 Situación actual .....	22
3.1.1 Composición .....	22
3.1.2. Generación de energía eléctrica .....	23
3.2. Escenarios futuros .....	25
3.2.1 Escenarios al 2030 .....	26
3.2.2 Escenario al 2050 .....	31
4. Proyectando costos .....	32
4.1 Metodología .....	32
4.2 Hipótesis planteadas .....	33
4.3 Centrales energéticas modelo .....	34
4.3.1 Energía eólica .....	34
<i>Mataco – San Jorge</i> .....	34

<i>El Jume</i> .....	35
<i>Manque</i> .....	36
<b>4.3.2 Energía solar fotovoltaica</b> .....	<b>38</b>
<i>Guañizuil I</i> .....	38
<i>San Juan I</i> .....	38
<i>Caldenes del Oeste</i> .....	39
<b>4.4. Resultados</b> .....	<b>40</b>
<b>4.4.1. Estimación al 2030</b> .....	<b>40</b>
<b>4.4.2. Estimación al 2050</b> .....	<b>45</b>
<b>5. Conclusión</b> .....	<b>46</b>
<b>6. Bibliografía</b> .....	<b>50</b>
<b>7. Anexos</b> .....	<b>53</b>
<b>Anexo I – Cálculo de las instalaciones requeridas.</b>	<b>53</b>
<b>Anexo II – Cálculo de los costos.</b>	<b>58</b>

## Listado de Gráficos

Gráfico 1: Gases de Efecto Invernadero liberados en 2018 por Argentina. Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021. ....	11
Gráfico 2: Evolución de las inversiones en energías renovables en Argentina. Fuente: extraído de Magoja, 2022. ....	15
Gráfico 3: Evolución de las fuentes energéticas primarias en Argentina entre 2001 y 2021. Fuente: Secretaría de Energía de la Nación, 2021.....	22
Gráfico 4: Evolución de la demanda del Mercado Eléctrico Mayorista. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de CAMMESA 2023.....	23

Gráfico 5: Participación de las distintas fuentes energéticas en Argentina 2021 vs 2022. Fuente: Elaboración propia en base al Informe Anual 2022 de CAMMESA. ....	24
Gráfico 6: Relación de la participación de energías renovables en el MEM y la inversión económica. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de Magoja, 2022. ....	25
Gráfico 7: Demanda final energética por escenario. Fuente: elaboración propia en base a los datos extraídos del Escenarios Energéticos 2030. ....	27
Gráfico 8: Evolución de la energía eólica y solar. Fuente: elaboración propia en base a los datos de CAMMESA. ....	30
Gráfico 9: Velocidad mensual del viento en Tornquist. Fuente: Meteoblue. ....	35
Gráfico 10: Velocidad mensual del viento en Ojo de Agua. Fuente: Meteoblue. ....	36
Gráfico 11: Velocidad mensual del viento en Achiras. Fuente: Meteoblue. ....	37
Gráfico 12: Cantidad de instalaciones requeridas para el Panorama Ideal 2030. Fuente: elaboración propia. ....	41
Gráfico 13: Costos de los escenarios del Panorama Ideal 2030. Fuente: Elaboración propia. ....	42
Gráfico 14: Cantidad de instalaciones requeridas para el Panorama Promedio 2030. Fuente: elaboración propia. ....	42
Gráfico 15: Costos de los escenarios del Panorama Promedio 2030. Fuente: Elaboración propia. ....	43
Gráfico 16: Cantidad de instalaciones requeridas para el Panorama Menor 2030. Fuente: elaboración propia. ....	44
Gráfico 17: Costos de los escenarios del Panorama Menor 2030. Fuente: Elaboración propia. ....	44
Gráfico 18: Cantidad de instalaciones requeridas para el 2050. Fuente: elaboración propia. ....	45
Gráfico 19: Costos para el 2050 según panorama. Fuente: Elaboración propia.....	46

Gráfico 20: Curvas de inversión optimista y tendencial. Fuente: Elaboración propia...	47
Gráfico 21: Superficies requeridas estimadas según escenario y panorama para el 2030. fuente: Elaboración propia. ....	48

## Listado de Tablas

Tabla 1: Proyección de la demanda eléctrica por fuente en 2030. Fuente: extraído de Escenarios Energéticos 2030. ....	28
Tabla 2: Estimación de la oferta de energía y la cubierta por renovable al 2030. Fuente: elaboración propia. ....	29
Tabla 3: Resumen comparativo de renovables al 2030. Fuente: Elaboración propia .	30
Tabla 4: Incremento en la demanda eléctrica por escenario al 2030. Fuente: Elaboración propia .....	31
Tabla 5: Demanda eléctrica esperada para el 2050 y su matriz energética. Fuente: Elaboración propia .....	32

## Listado de Imágenes

Imagen 1: Potencial eólico argentino. Fuente: Roger, 2015. ....	20
Imagen 2: Potencial solar argentino. Fuente: Secretaría de Energía, 2019. ....	21
Imagen 3: Ubicación del PE Mataco San Jorge. Fuente: Google Earth .....	35
Imagen 4: Ubicación del PE El Jume. Fuente: Google Earth. ....	36
Imagen 5: Ubicación del PE Manque. Fuente: Google Earth. ....	37
Imagen 6: Ubicación del PS Guañizuil I. Fuente Google Earth. ....	38
Imagen 7: Ubicación del San Juan I. Fuente Google Earth. ....	39
Imagen 8: Ubicación del PS Caldenes del Oeste. Fuente: Google Earth. ....	40



## 1. Introducción

Desde finales del siglo XVII la humanidad se enfrenta a un problema cada vez mayor, por culpa de sus propios actos, el cambio climático. Este ocurre como consecuencia de la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) de manera antrópica que modifican un delicado proceso natural, incrementando las concentraciones de sustancias presentes en la atmosfera terrestre. Algunos de los efectos que son causados por esta situación son los calores extremos, las sequías, las inundaciones, la elevación del nivel del mar, etc.

Si bien hay varias fuentes de dichos gases, una de las más importantes es la utilización de combustible fósil como fuente energética para la generación de electricidad, vital para el funcionamiento de la sociedad moderna. Pese a que esta situación es sabida por amplia mayoría, hasta hace pocos años los países del mundo no tomaban medidas para tratar de controlar y cambiar esto. Sin embargo, desde comienzos del siglo XXI, y un poco antes también, se han llevado a cabo múltiples manifestaciones y reclamos en pos de una mejora y se ha logrado que a nivel internacional se firmen acuerdos, se determinen objetivos a cumplir y comiencen a legislarse ciertos aspectos relacionados con el uso de combustibles, tanto fósiles como renovables.

Es en este contexto que Argentina promulgó varias leyes que marcan el rumbo que el país debe seguir en los próximos años. Más adelante veremos con detalle que estipulan estas leyes, pero lo importante es que marcan dos objetivos específicos, que deben servir como guía para el desarrollo energético del país. El primero de ellos fue que para el año 2017, el 8% de la demanda eléctrica nacional debía ser abastecida por energías renovables; el segundo, estipula que para el 2025 la participación de estas sea del 20%. Teniendo en cuenta que en el año 2022 la participación apenas alcanzó el 14%, nos hace dudar de la efectividad de las políticas actuales y del cumplimiento del objetivo pactado por ley.

Es esta misma situación la que nos hizo preguntarnos, ¿Qué tan costosa es la generación de electricidad por fuentes renovables? ¿Cuánto le costaría al país cumplir con las estimaciones publicadas para el 2030 y el 2050? ¿Cuánta inversión necesitaríamos para tener una matriz eléctrica totalmente renovable a largo plazo? En las próximas páginas trataremos de dar respuesta a esas interrogantes; para ello primero veremos un poco del contexto internacional, definiremos bien que son las energías renovables y cuál es el beneficio comparativo a las fuentes fósiles, como es la

legislación actual en Argentina en este tema y como se compone la matriz energética actualmente para finalmente tratar de estimar los costos de inversión necesarios.

## 2. Marco conceptual

### 2.1 Contexto Internacional

La acción del ser humano ha implicado, desde sus inicios, cambios en la naturaleza para poder mejorar su forma de vida, ya sea cambiar el curso de un río, desmontar un área para el cultivo/ganado o la explotación minera. Sin embargo, desde finales del siglo XVII con la primera revolución industrial y la incorporación de maquinarias tenemos un nuevo tipo de impacto en el ambiente que no podemos dejar pasar: la liberación de gases de efecto invernadero como consecuencia de la actividad humana y su posterior acumulación en toda la atmósfera provocando un calentamiento mayor al esperado naturalmente (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, 2014).

Ese proceso conocido como Cambio Climático es considerado hoy en día una de las amenazas a nivel mundial más importantes (Organización de las Naciones Unidas, 2021a; Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, 2014) y por esa razón existen varios acuerdos internacionales para combatirlo, entre los que destacan el Acuerdo de París (2015) y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (2015).

El Acuerdo de París es un compromiso internacional firmado en diciembre de 2015<sup>1</sup> en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), en París, siendo el primer acuerdo universal y jurídicamente vinculante sobre el cambio climático. Entre los compromisos acordados destacan:

- Mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático
- Cada Parte deberá comunicar una contribución determinada a nivel nacional cada cinco años.

---

<sup>1</sup> Argentina ratifica su adopción en septiembre de 2016 a través de la Ley 27.270 y ese mismo año el Acuerdo entra en vigor.

## Energías Renovables en Argentina

- Cada Parte deberá preparar, comunicar y mantener las sucesivas contribuciones determinadas a nivel nacional que tenga previsto efectuar.
- Las Partes procurarán adoptar medidas de mitigación internas, con el fin de alcanzar los objetivos de esas contribuciones.
- Deben presentar informes bienales de que contengan información actualizada sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, con inclusión de un informe del inventario nacional y de información sobre las medidas de mitigación, las necesidades en esa esfera y el apoyo recibido.

Según el último Informe Bienal de Actualización de Argentina (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021), las emisiones netas totales del año 2018 fueron estimadas en 366 MtCO<sub>2</sub>e<sup>2</sup>. Los sectores preponderantes fueron Energía y el sector de Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra. En lo referido al sector energético en particular, las Industrias de la Energía (Producción de Electricidad y Calor; Fabricación de Combustibles Sólidos y Otras Industrias Energéticas; y Refinación del Petróleo) representan el 32% del total de las emisiones.

El informe destaca que entre 1990 y 2018 existe una tendencia creciente del 2,4% anual acumulado con ciertas fluctuaciones que responden a los momentos de crisis económica. También se puede observar que los años 2017 y 2018 tienen una leve disminución que se relaciona con el aumento del gas natural y las fuentes renovables en la generación eléctrica de red.

---

<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>e es la unidad estándar utilizada para medir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y que utiliza al dióxido de carbono como referencia para medir el Potencial de Calentamiento Global.

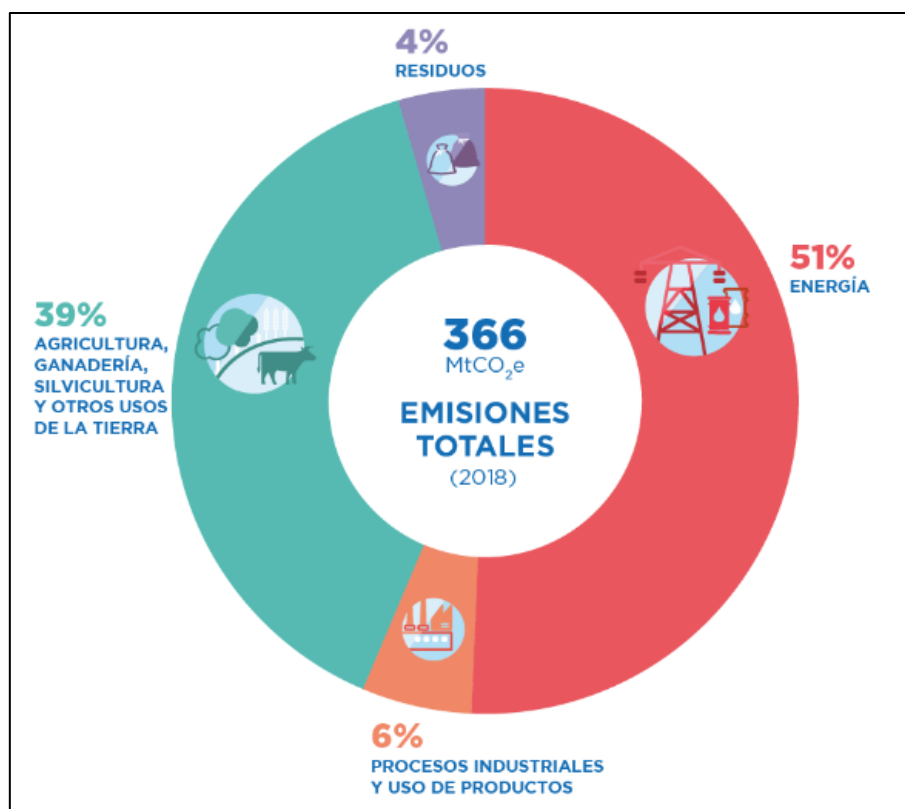


Gráfico 1: Gases de Efecto Invernadero liberados en 2018 por Argentina. Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible es un documento aprobado por las Naciones Unidas en el 2015<sup>3</sup>, que busca establecer un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. En ella se establecen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas que durante un lapso de 15 años los países deberán implementar para lograr un avance en las siguientes áreas: Las Personas, El Planeta, La Prosperidad, La Paz y Las Alianzas (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Si bien los ODS tienen un carácter integral cada uno está centrado en una temática específica. Para este trabajo en particular el objetivo que nos interesa es el N°7 Energía Asequible y No Contaminante y las siguientes metas:

- Meta 7.1. De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

---

<sup>3</sup> Argentina estableció mediante el Dec 499717 que el Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales de la Presidencia de la Nación será el organismo responsable de coordinar las acciones necesarias para la efectiva implementación de la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”

- Meta 7.2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
- Meta 7.3. De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

La Comisión Nacional Interinstitucional de Implementación y Seguimiento de los ODS<sup>4</sup> y coordinado por el equipo Nación del Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales, publicó en 2021 el Informe Nacional de Seguimiento y análisis de los progresos hacia las metas (Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales, 2021). En este documento se presenta el seguimiento y avance de cada una de las metas por lo que lo utilizaremos para analizar los avances específicos al ODS 7: Energía Asequible y No Contaminante que, como ya hemos dicho, es el que abarca específicamente la temática de esta tesis.

- Meta 7.1. De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
  - 7.1.1. Porcentaje de población que tiene acceso a la electricidad.

En el año base (2010) el porcentaje poblacional con acceso era del 98,8% mientras que en el último avance se logró alcanzar el 99,3%. El mayor desafío es aumentar la cobertura en las áreas rurales que, según los datos del año base, alcanza apenas el 90,4%.

- 7.1.2. Porcentaje de la población con acceso a los combustibles limpios para cocción.

La Argentina tiene una cobertura casi en la totalidad del país en lo referido al acceso a combustibles limpios para cocción. Partiendo del año base, ya el 97,2% de la población tenía acceso a los mismos y en la última actualización se aumentó al 97,5%. Teniendo en cuenta que la meta es el 97,8% para el 2030, se espera que se pueda cumplir sin mayores inconvenientes.

---

<sup>4</sup> La Comisión está conformada por la Jefatura de Gabinete de ministros, los veinte ministerios y el Instituto Nacional de Estadística y Censos.

## Energías Renovables en Argentina

- Meta 7.2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable<sup>5</sup> en el conjunto de fuentes energéticas.
  - 7.2.1. Porcentaje de la energía renovable en el consumo final total de energía

El objetivo para el 2030 es alcanzar el 16,30% de energías renovables en el consumo final de energía. En el año base (2010) la proporción era del 10,25% mientras que, en la actualización se logró el 10,9%. Las subas en la participación de estas fuentes responden a las diferentes políticas públicas llevadas a cabo.

- Meta 7.3. De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
  - 7.3.1. Intensidad energética medida en términos de oferta interna de energía total y el Producto Bruto Interno (PBI) (Ktep<sup>6</sup>/millones de pesos de 2004). La intensidad energética esperada para el 2030 es del 0,098ktep/millones siendo de 0,120ktep/millones en el año base y 0,115ktep/millones en la última actualización. Las políticas de eficiencia energética apuntan a buscar un desacople entre oferta de energía y PBI (que cada vez se necesite menos energía para generar una unidad de producto) provocando de ese modo una disminución del indicador.

## 2.2 Energías Renovables

### 2.2.1 Beneficios y desventajas

La energía eléctrica es producida por plantas de generación eléctrica, que son instalaciones que utilizan diferentes fuentes para transformar energía potencial en trabajo (Secretaría de Energía de la Nación, 2012). Podemos clasificar estas fuentes en dos grandes grupos según su disponibilidad en el tiempo (Baddi, M.H. et al., 2016; Minaker et al., 2012):

---

<sup>5</sup> Hidroeléctricas, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (hasta 50 MW de potencia), biocombustibles sólidos y líquidos, biogás, energía eólica, solar, geotérmica, marina y de residuos.

<sup>6</sup> Tep = Tonelada equivalente de petróleo es una medida de energía cuyo valor equivale a la energía que rinde una tonelada de petróleo.

## Energías Renovables en Argentina

- Las fuentes no renovables: es decir que poseen reservas limitadas o que se renuevan muy lentamente a escala humana. Además, estas suelen ser energías que liberan una gran cantidad de contaminantes al ambiente.
- Las fuentes renovables: son aquellas con un proceso de renovación continuo, inagotables a escala humana y cuyo origen se encuentra principalmente en el sol.

Estas últimas son muy importantes ya que presentan 4 tipos de beneficios en comparación: ambientales, de sustentabilidad, económicos y en la seguridad energética (Baddi, M.H. et al., 2016). Sin embargo, debemos ser conscientes que, como toda nueva tecnología, no está libre de inconvenientes e incertidumbres que debemos considerar a la hora de elegir un camino a seguir.

A continuación, veremos cuáles son los principales interrogantes que definen algunos autores en torno a 3 cuestiones:

- el compromiso político
- la rentabilidad
- la afectación a la sociedad

Quizás una de las cuestiones más difíciles de medir y cuantificar (si es siquiera posible) es el compromiso real que tiene un gobierno a la hora de continuar con políticas a largo plazo como las necesarias para lograr un cambio significativo en la matriz energética de un país. Esto se debe principalmente a que el proceso electoral tiene tiempos más cortos y que en caso de tomar decisiones a 7, 10 o 20 años, quien las tome casi con seguridad no estará para poder vanagloriarse de esos logros. Por lo tanto, autores como Eduardo Magoja (Abogado y Magister en Filosofía del Derecho, docente, investigador y escritor del libro “Ética, derecho y filosofía ambientales en la jurisprudencia de la Corte Suprema de Justicia de la Nación, Buenos Aires”), sostienen que el mayor desafío que existe en nuestro país es lograr establecer y mantener un compromiso político serio y estable a lo largo de los años, en busca de lo que denomina “modernización ecológica” (Magoja, 2022). Pese a esto, y el mismo autor lo señala, sí debemos destacar que en lo referido a legislación, Argentina tiene una visión a largo plazo, con diferentes objetivos y herramientas para cumplirlos y, como vemos en el Grafico 2, la inversión en estas ha aumentado significativamente en los últimos años.



Gráfico 2: Evolución de las inversiones en energías renovables en Argentina. Fuente: extraído de Magoja, 2022.

Otra de las cuestiones que suele aparecer cuando hablamos de estas fuentes es el interrogante sobre si realmente presentan una mejora respecto a las fósiles, usualmente basado en dos incógnitas. Mariana y Fernando Ballenilla (2007), ambientólogos y miembros de la Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos de España (AEREN)<sup>7</sup>, sostienen que la primera es sobre el carácter no renovable de las infraestructuras utilizadas y si bien es cierto que actualmente no existe un método que nos permita recuperar al 100% los materiales necesarios para la construcción, esa misma lógica se puede aplicar a las fuentes no renovables que no solo implican el montaje o utilización de centrales térmicas, sino que necesita inevitablemente de un proceso de extracción continuo para conseguir materia prima, como es el caso del petróleo, a diferencia de las fuentes renovables que requieren solamente los materiales necesarios para su construcción y mantenimiento (Mariana Ballenilla & Fernando Ballenilla, 2007).

La segunda cuestión refiere a la cantidad de energía que puede ser efectivamente aprovechada por estas y lo primero que debemos tener en cuenta es que las tecnologías

---

<sup>7</sup> AEREN es una organización no lucrativa española que se creó en febrero de 2005, con el fin de estudiar, analizar y divulgar la llegada al cenit y el posterior agotamiento de los recursos energéticos fósiles, así como el estudio, análisis y divulgación de las posibles alternativas viables para la sustitución de los mismos.

## Energías Renovables en Argentina

renovables están en constante evolución y año a año la eficiencia y capacidad de aprovechamiento va en aumento. Una de las características importantes a la hora de analizar cualquier fuente energética utilizada para la generación de electricidad es la Tasa de Retorno Energético<sup>8</sup> (EROI por sus siglas en inglés), la cual es un índice que muestra cuanta energía recuperamos, por unidad de energía invertida; es decir que cuanto más alto nos dé, mejor es el rendimiento de dicha fuente. Si bien EROI depende de muchos factores y no existe una metodología única para determinarla, hay algunos estudios que presentan resultados obtenidos para las principales fuentes. Por ejemplo, en lo referido al petróleo y gas en Estados Unidos, algunos estudios demuestran que en 1930 tenía una tasa estimada en 100 mientras que para el 2005 disminuye a menos de 20 debido en parte a la disminución de reservas de petróleo, lo que complejiza el sistema extractivo y por lo tanto aumenta los costos energéticos (Cleveland, 2004; Mariana Ballenilla & Fernando Ballenilla, 2007; Murphy & Hall, 2010).

En tercer y último lugar tenemos la interrogante sobre como influirían las energías renovables en una sociedad que tiene tan incorporados a los combustibles fósiles. Según un estudio publicado en el 2022 por la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN)<sup>9</sup>, una mayor participación de las energías renovables junto a políticas públicas de fomento a la electrificación, traería consigo una serie de mejoras comparativas con un modelo semejante al actual (Blanco, G. y D. Keesle, 2022).

Principalmente nos interesa destacar dos resultados; por un lado, una mayor demanda de energías renovables implicaría un crecimiento a largo plazo en los niveles de generación de empleo explicado por la diversidad de fuentes que existen y que son potencialmente aprovechables en todo el país, descentralizando la producción. Por otro lado, la disminución en el uso de combustibles fósiles conlleva a una mejora en la calidad del aire, con una disminución significativa en las emisiones de gases contaminantes. Es importante destacar que esto no solo implica una mejor calidad de vida, sino que también puede interpretarse como un ahorro significativo de gasto público y privado ya que al bajar la presencia de contaminantes en la atmosfera se reducirían también la cantidad de enfermedades relacionadas, haciendo que las familias no tengan la

---

<sup>8</sup> Energy Return On Investment

<sup>9</sup> FARN es una organización argentina sin ánimo de lucro dedicada a temas de medio ambiente y sostenibilidad. Fue fundada en 1985 para dedicarse a la incidencia política y legislativa sobre temas vinculados a medio ambiente, cambio climático y biodiversidad.

necesidad de gastar en medicamentos o tratamientos y descomprimiendo la demanda en los sistemas de salud públicos. Y también sería una gran contribución a la mejora del clima global que esta indefectiblemente relacionado con la salud de la población mundial.

### **2.2.2 Legislación en Argentina**

Al momento de pensar en normativas específicas en la temática de energía eléctrica y en particular aplicando el uso de fuentes renovables, podemos decir que hay 5 leyes que son fundamentales en el marco legislativo argentino.

La primera que debemos tener en cuenta es la Ley Nacional 24.065 de 1992 Marco Regulatorio Eléctrico, que determina el régimen de la energía eléctrica. En su primer artículo ya establece que la generación de energía eléctrica en cualquiera de sus modalidades es considerada de interés general y entre otras cosas, en su segundo artículo fija como objetivos para la política nacional la protección adecuada de los derechos de los usuarios, la promoción de la competitividad de los mercados de producción y el aliento de las inversiones para asegurar el suministro a largo plazo. Unos años más tarde, y ya más específicamente con lo relacionado a energías renovables, tenemos la Ley Nacional 25.019 de 1998 que establece el Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar. En ella se establece de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional a la vez que promueve la investigación y uso de energías no convencionales o renovables. Además, estableció el pago diferido del impuesto al valor agregado, la garantía de estabilidad fiscal durante quince años y crea el Fondo Fiduciario de Energías Renovables destinado a incentivar este tipo de energías mediante un sistema de prima por MW.

Entrando ya en el nuevo siglo tenemos la tercera ley fundamental de este esquema, la Ley 26.190 de 2006, que declaró de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energías renovables con destino a la prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y la fabricación de equipos con esa finalidad. Esta ley es muy importante porque en su segundo artículo fija como objetivo lograr que para fines del año 2017<sup>10</sup> el 8% del consumo eléctrico nacional sea abastecido por este tipo de fuentes. Para ello se estableció la creación de

---

<sup>10</sup> El texto original de la ley establece este plazo hasta 2015 pero es modificado por la Ley 27.191

un Programa Federal para el Desarrollo de las Energías Renovables que estaría a cargo de la autoridad de aplicación del Poder Ejecutivo Nacional en coordinación con las jurisdicciones provinciales. Además, se establecieron beneficios fiscales y se actualizó el sistema de primas, aunque la demora en su reglamentación hizo que no tuviera el impacto esperado (Cassagne, 2017). Junto a esta debemos mencionar obligadamente a la Ley Nacional 27.191 de 2015 que modifica la anterior extendiendo el plazo del objetivo del ocho por ciento para fines del 2017 así como también estableciendo un nuevo objetivo de la Segunda Etapa del Régimen para fines del 2025, siendo necesario lograr en ese momento una participación de las energías renovables en el consumo eléctrico nacional del 20%. Además, establece la creación del Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables (FODER) el cual tiene como objetivo respaldar la financiación de los proyectos destinados a la adquisición e instalación de bienes de capital o la fabricación de bienes u obras de infraestructura, en el marco de emprendimientos de producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, los cuales tendrán también beneficios fiscales como la devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado (IVA), amortización acelerada en el impuesto a las ganancias, extensión de derechos de importación y la exención del pago de los derechos a la importación y todo otro derecho, impuesto especial, gravamen correlativo por la introducción de bienes, equipos o partes de componentes de dichos bienes (Cassagne, 2017; Giordano, 2021b). Es menester decir que esta ley se encuentra vigente hasta el 31 de diciembre del 2025 y hasta la fecha no hay iniciativas presentadas por el actual gobierno o por el congreso de la Nación para extender el plazo o implementar nuevos objetivos.

Por último, encontramos también a la Ley Nacional 27.424/17 de Régimen de fomento a la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes renovables integrada a la red eléctrica pública, la cual declara de interés nacional la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables con destino al autoconsumo y a la inyección de eventuales excedentes de energía eléctrica a la red de distribución.

### **2.3.3 Características generales de las fuentes analizadas**

#### **Eólica**

La energía eólica, proveniente de las corrientes de viento, es una de las primeras fuentes que ha utilizado el hombre para la navegación en los veleros y en los molinos de viento. Actualmente tiene un potencial muy alto para el suministro de grandes

## *Energías Renovables en Argentina*

cantidades de energía eléctrica sin la liberación de gases que sí presentan las fuentes fósiles (Álvaro Pinilla, 1997).

La generación eléctrica a partir del viento se produce a través de aerogeneradores que pueden encontrarse tanto en tierra como en mar y según la posición del rotor se clasifican en dos tipos: los de eje vertical y los de eje horizontal (modelo más utilizado para la generación eléctrica). Estos últimos presentan varias ventajas respecto a los primeros ya que son más eficientes, no requieren ayuda para arrancar y pueden aprovechar vientos mayores (Álvaro Pinilla, 1997; Clemente Álvarez, 2006).

Argentina posee, a nivel mundial, una de las mejores posiciones en cuanto a potencial eólico se refiere. A lo largo de toda su superficie se encuentran vientos con factores de capacidad muy altos superando en algunos casos el 50% (Imagen 1); sumado a esto, existen también desde hace varios años importantes avances en la fabricación de aerogeneradores dando un plus debido a la posibilidad de generar mayor empleo local (Roger, 2015).

Según la base de datos de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A (CAMMESA) en Argentina la generación eléctrica a partir de esta fuente pasó de los 0,016 TWh en el 2011 hasta alcanzar los 12,9 TWh en el 2021 representando desde el 2019 más del 70% de la generación renovable del país (CAMMESA, 2023).

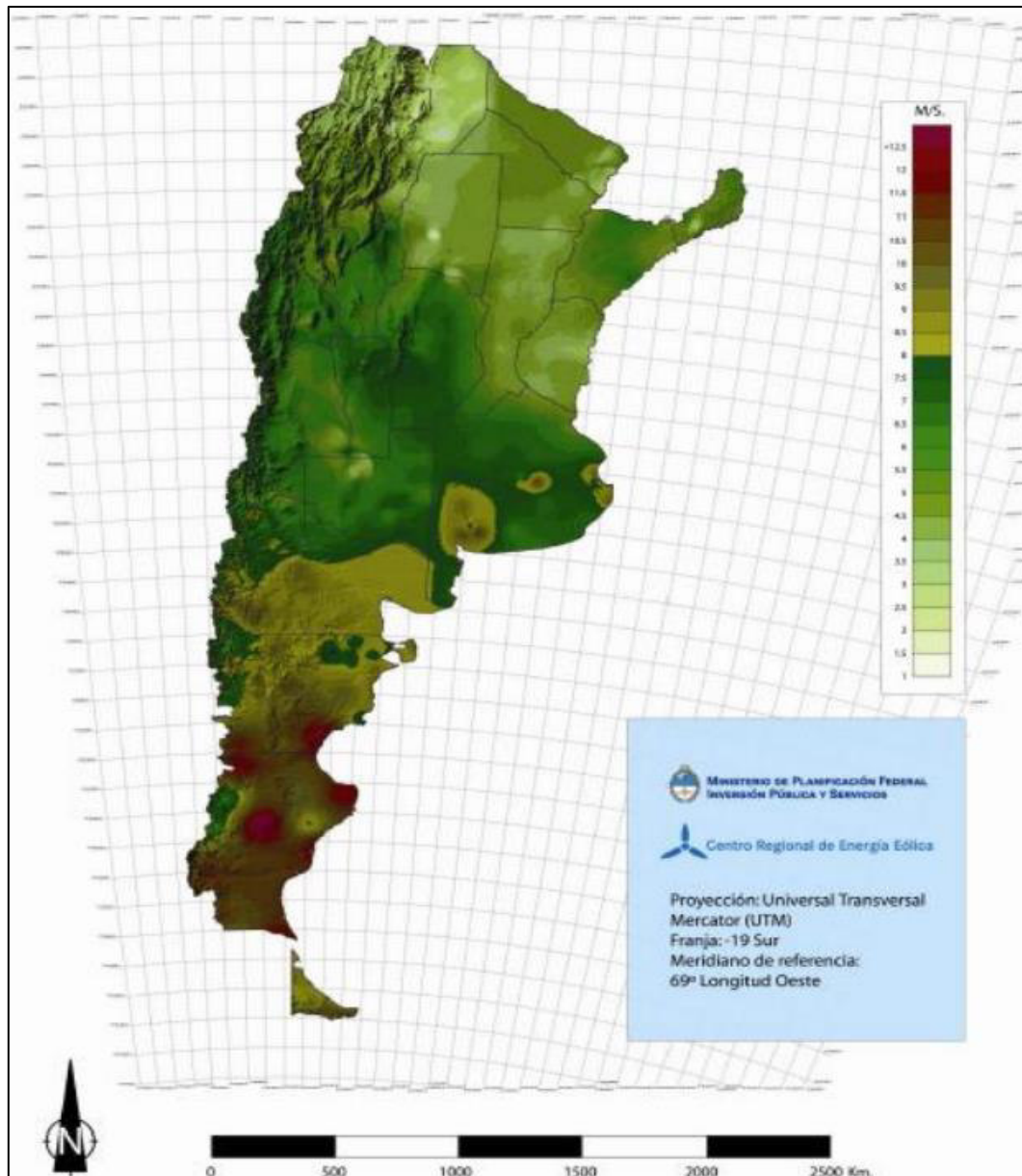


Imagen 1: Potencial eólico argentino. Fuente: Roger, 2015.

## Solar

El sol es la fuente de la vida en la tierra, sin él no sólo los seres vivos no existirían, sino que incluso los fenómenos meteorológicos como las lluvias, las corrientes de viento y la formación de nubes, serían completamente inexistentes. Tanta es la energía que produce que se estima llegan a nosotros 10.000 veces el consumo energético mundial (López- Cózar, 2006).

Existen dos grandes tipos de aprovechamientos para este tipo de energías (Ministerio de Economía, 2018):

## Energías Renovables en Argentina

- **Energía solar térmica:** utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.
- **Energía solar fotovoltaica:** utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. Basada en el efecto fotoeléctrico, la transformación se realiza por medio de celdas fotovoltaicas, que son semiconductores sensibles a la luz solar que provoca una circulación de corriente eléctrica entre sus 2 caras.

Argentina ha hecho un gran avance en la generación de electricidad por medio de esta última, tanto es así que en el 2011 se producían apenas 0,0018 TWh, pero a partir del 2019 hubo un crecimiento exponencial y en tan solo 4 años se logró que la producción superará los 2 TWh, representando así el 12,6% de energía renovable del país (CAMMESA, 2023).

Como se puede ver en la imagen siguiente, durante el verano en la Argentina encontramos valores altos de radiación solar en prácticamente todo su territorio y aunque durante el invierno los valores disminuyen considerablemente en el centro y sur, en el norte y oeste se pueden encontrar todavía valores aptos para el aprovechamiento eléctrico (Secretaría de Energía, 2019).

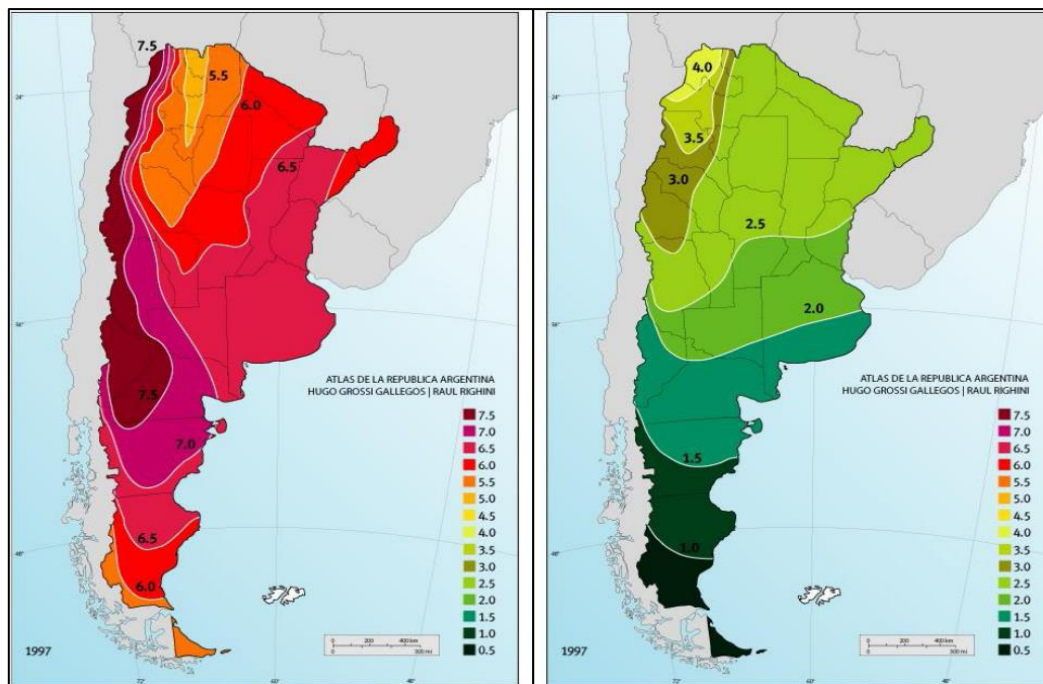


Imagen 2: Potencial solar argentino. Fuente: Secretaría de Energía, 2019.

## 3. Matriz energética nacional

### 3.1 Situación actual

#### 3.1.1 Composición

La matriz energética de un país es el conjunto de fuentes energéticas aprovechables técnica y económicamente en un determinado momento del tiempo. Por lo general se representa en forma de gráficos de fácil visualización y una de sus ventajas es que, al recalcularse todos los años, puede utilizarse para ver la evolución energética de un país o hacer comparaciones con otros (Cárdenas, 2011).

Nuestro país ha tenido siempre una matriz carbono dependiente. Según los balances energéticos publicados por la Secretaría de Energía más del 85% de la energía primaria que se aprovecha corresponde a hidrocarburos (Secretaría de Energía de la Nación, 2021). Lo interesante de esto es que si vemos los registros de hace dos décadas podemos comprobar que estos datos prácticamente no han cambiado. Como podemos ver en el Gráfico 3, ya desde el 2001 los hidrocarburos representan la mayor parte de la matriz energética primaria nacional, al igual que en el último balance publicado en el 2021, esto nos permite ver que se han realizado pocos cambios significativos en el camino de la des carbonización de la estructura energética nacional.

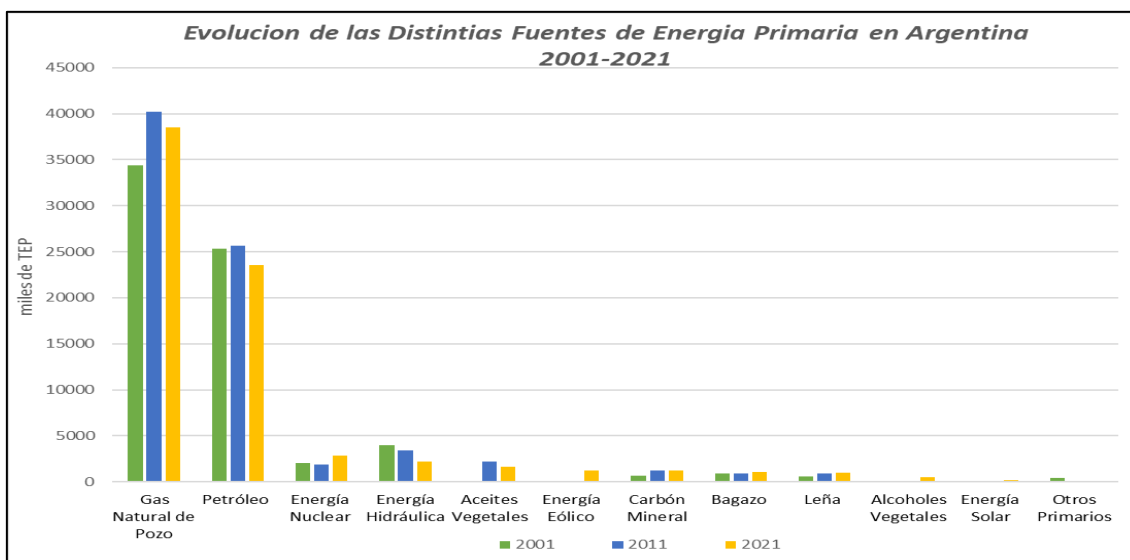


Gráfico 3: Evolución de las fuentes energéticas primarias en Argentina entre 2001 y 2021. Fuente: Secretaría de Energía de la Nación, 2021.

## Energías Renovables en Argentina

### 3.1.2. Generación de energía eléctrica

En lo referido a energía eléctrica, en Argentina la compra y venta está regulada por CAMMESA la cual fue creada por el Decreto Nacional 1192/92 y es la encargada del despacho técnico del Sistema Argentino de Interconexión (SADI) y sus acciones se dividen en un 20% pertenecientes a la Secretaría de Energía de la Nación y el resto a cuatro asociaciones civiles que representan a los agentes del Mercado Mayorista Eléctrico.

Según el documento de CAMMESA “Informe Anual 2022” la demanda total de energía eléctrica durante el periodo 2022 fue de 138,8 TWh (ver Gráfico 4) lo que representa un aumento del 3,6% interanual.

La mayor parte de la demanda corresponde al tipo de usuario residencial 45,5% seguido por los consumidores intermedios (comercios e industrias chicas) 27,8 y los Grandes Consumidores 26,7%; notándose en todos los casos un aumento si se compara con el año anterior.

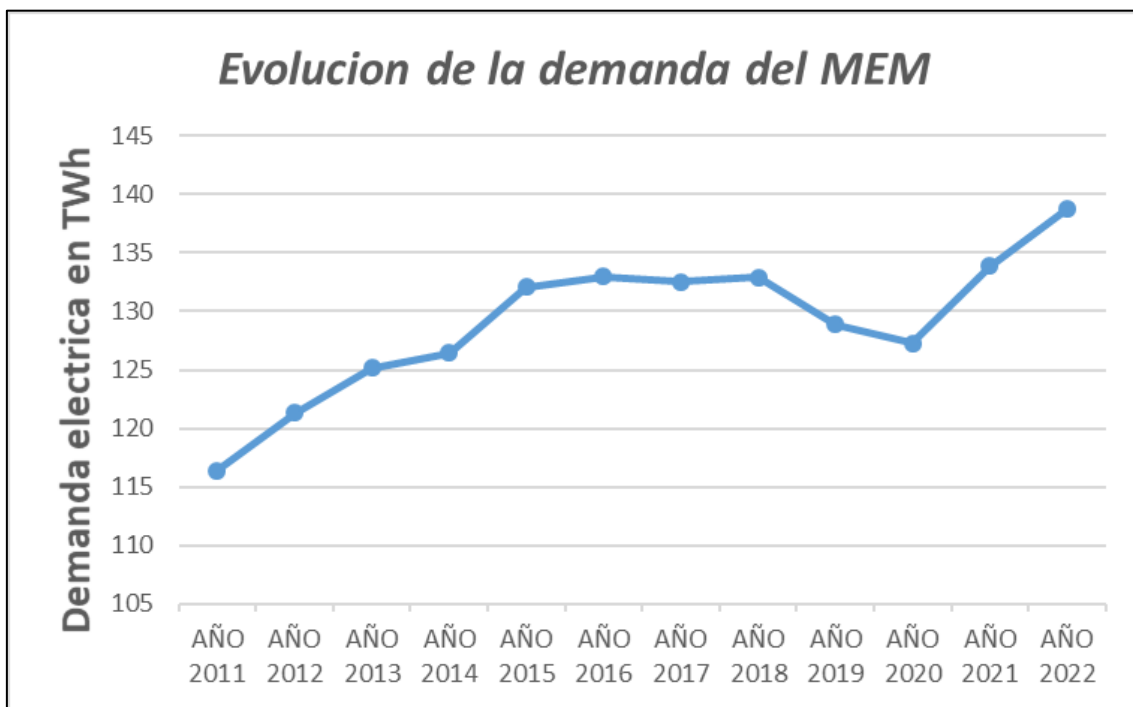


Gráfico 4: Evolución de la demanda del Mercado Eléctrico Mayorista. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de CAMMESA 2023.

En cuanto a la participación de las diferentes fuentes energéticas, la térmica sigue siendo la más predominante de la matriz con 81,8 TWh, seguido por la hidráulica con 30,2 TWh, las renovables con 19,3 TWh y la nuclear 7,5 TWh. Es importante destacar

que tanto la energía térmica como la nuclear muestran una variación negativa respecto al año 2021 de un 9,2% y un 26,6% respectivamente y que las energías renovables alcanzaron en ese año el 13,9% de la demanda abastecida (Ver Gráfico 5).

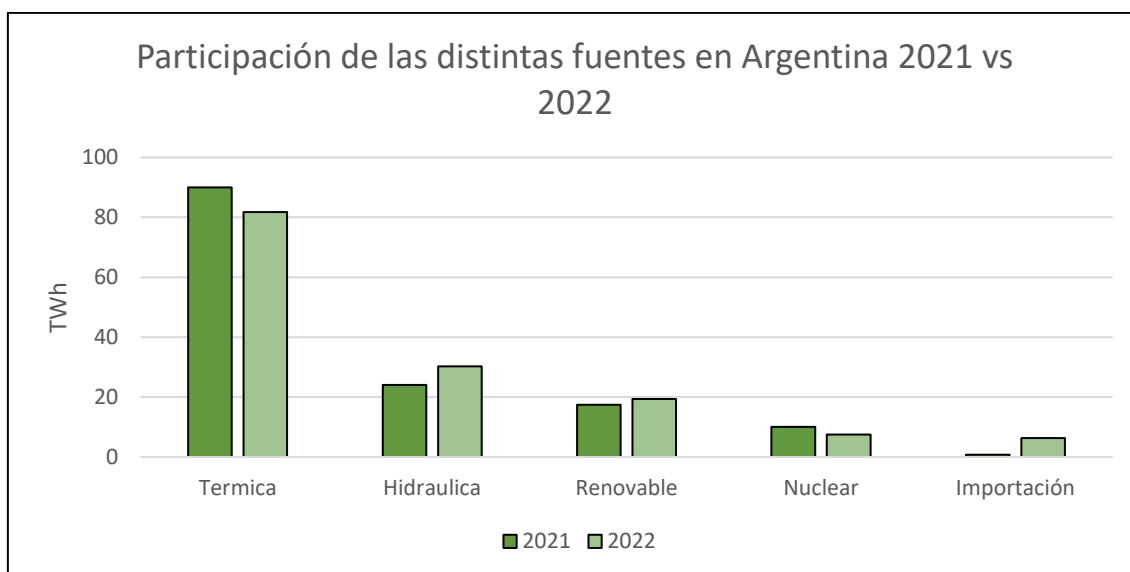


Gráfico 5: Participación de las distintas fuentes energéticas en Argentina 2021 vs 2022. Fuente: Elaboración propia en base al Informe Anual 2022 de CAMMESA.

Estas últimas tuvieron un incremento interanual del 10,9%, siendo la solar la que mostró el mayor crecimiento (33,4%). Dentro de este mundo la que muestra una clara dominancia es la energía eólica con 14,2 TWh (73,2%), seguido por la solar 2,9 TWh, llegando juntos a representar casi el 90% de la generación renovable (73,2% y 15,1% respectivamente). Este aumento de las energías renovables es resultado de una política de inversión que se vivió principalmente en el 2017 donde la misma pasó de 200 millones de dólares a 1652 millones y alcanzando en el 2018 la cifra de 2.247 millones (Magoja, 2022).

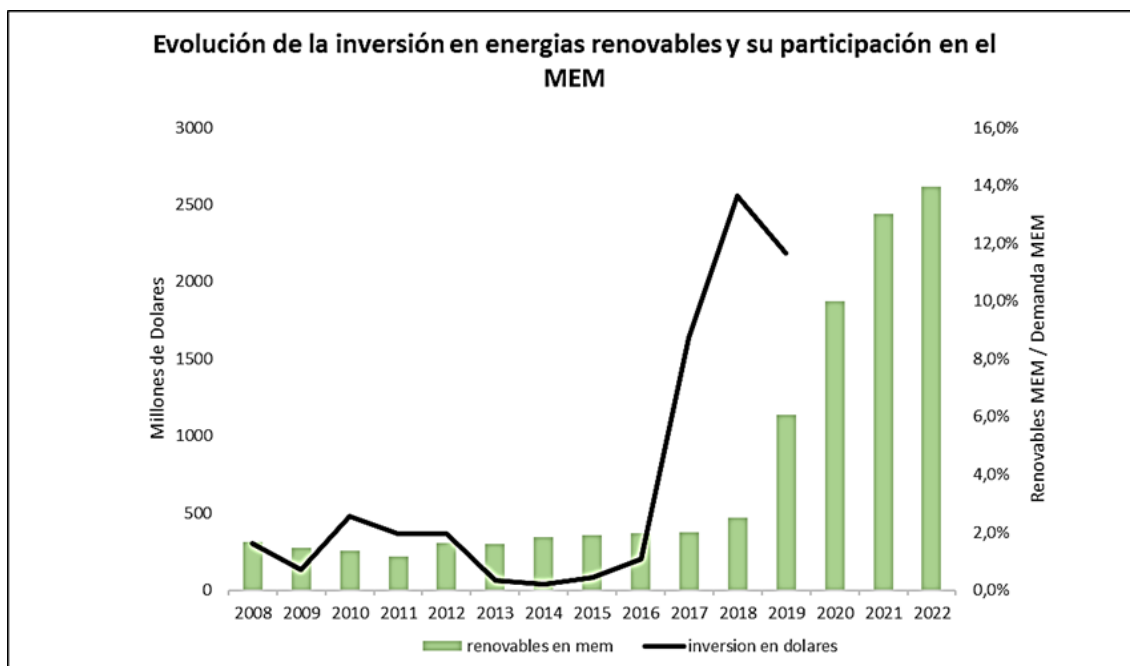


Gráfico 6: Relación de la participación de energías renovables en el MEM y la inversión económica.  
Fuente: Elaboración propia en base a los datos de Magoja, 2022.

## 3.2. Escenarios futuros

La prospectiva es una herramienta muy útil que utilizan los países desde hace ya varias décadas para definir sus prioridades a largo plazo en diferentes áreas (Mesa et al., 2022). En el sector energético, por ejemplo, esta herramienta es muy utilizada para saber cómo se comportará el mercado eléctrico, las futuras demandas de combustibles fósiles, los impactos ambientales que dichas demandas pueden traer consigo y, además, permite planificar una inversión inteligente para ir reduciendo paulatinamente los consumos de hidrocarburos y complementariamente aumentar el de energías renovables.

En nuestro país, la Secretaría de Energía es la encargada de publicar los Escenarios Energéticos los cuales surgen de un proceso de modelización basado en el uso de metodologías, información, supuestos, conocimiento y tecnologías disponibles al momento de su confección (Secretaría de Energía de la Nación, 2019).

A continuación, analizaremos los escenarios publicados para el 2030 y 2050 con el fin de definir:

- Cuanta energía eléctrica se demandará en cada uno de los escenarios
- Como estará compuesta la matriz eléctrica en esos años, en particular qué porcentaje será generado por energía eólica y solar

### 3.2.1 Escenarios al 2030

En el 2019, la Secretaría de Energía de la Nación, a través de la Subsecretaría de Planeamiento Energético, publicó el documento Escenarios Energéticos 2030 que surge como una actualización al escenario publicado en el año 2017. En esta versión, se pudo realizar una ampliación del trabajo al analizar cuestiones como, las exportaciones regionales de gas natural estacionales y firmes, exportaciones de GNL, competencia gas versus gas entre cuencas, ampliación del parque automotor a gas natural y eléctrico, industrialización del gas, entre otras.

En este informe se tomaron en cuenta diferentes variables para confeccionar modelos de demanda energética para el año 2030, que sirven como insumo para la toma de decisiones a todos los involucrados en el sector tanto a nivel público como privado, y los cuales serán utilizados en la presente investigación como marco referencial de la demanda como veremos más adelante. Algunos de los factores considerados para estimar los distintos escenarios fueron: la trayectoria en el crecimiento del PBI, el incremento en el total de hogares, la cantidad total de hogares con conexiones de gas natural, los déficits de grados día de calefacción por provincia y el crecimiento del parque automotor, entre otros.

Los modelos de proyección fueron divididos en 2 grupos con 2 subcategorías cada uno:

#### Políticas existentes

- Escenario Tendencial: la demanda se modela teniendo en cuenta el comportamiento de la demanda en los últimos años en diversas estimaciones de tipo tanto top-down como bottom-up<sup>11</sup>.
- Escenario Eficiente : incorpora las políticas de eficiencia energética en curso que impactarían sobre la demanda tendencial.

---

<sup>11</sup> Top-Down refiere a un tipo de enfoque donde se va de general a lo más específico, generalmente bajo la guía de un referente que toma las decisiones; el enfoque bottom-up, involucra una lógica que va desde lo más pequeño hacia lo general, donde suele ser un equipo el que tome las ideas y decisiones.

## Políticas activas

- Escenario de Electrificación: contempla principalmente una mayor penetración de la energía eléctrica en hogares y en el parque automotor.
- Escenario de Gasificación: asume una fuerte inversión en industrias gas intensivas debido a una mayor disponibilidad del recurso y una mayor utilización de gas natural en el transporte.

La demanda final de energía para el total país en el período 2018-2030, parte de una base de 53,6MMtep y crecería a una tasa anual acumulativa del 1,4% al 2,9%. En todos los casos la demanda final de energía superaría los 60MMtep llegando incluso a alcanzar los 75MMtep en el Escenario de Gasificación, que es el escenario con mayor demanda esperada.

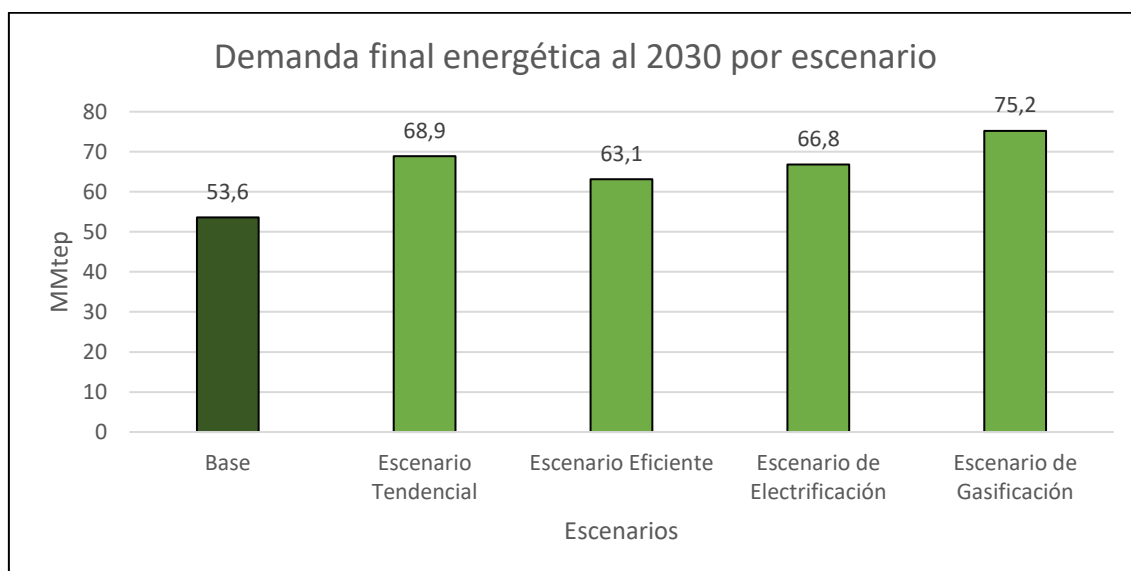


Gráfico 7: Demanda final energética por escenario. Fuente: elaboración propia en base a los datos extraídos del Escenarios Energéticos 2030.

Si vemos con atención el gráfico anterior, podemos notar que el segundo escenario con mayor demanda esperada para el 2030 es el Escenario Tendencial; esto, deja en evidencia que no realizar ningún cambio respecto a la situación actual no es la mejor alternativa. Por el contrario, el escenario con menor demanda energética proyectada es aquel que se basa únicamente en modificar el modo en que consumimos la energía y no en un cambio activo en las políticas o en la matriz. Esta distinción nos permite afirmar que lo más importante no es solo aumentar el volumen de energía producida en el país, sino que es el conjunto de acciones como las inversiones anuales en el suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono y en eficiencia energética en sectores

claves, lo que permitiría, por ejemplo, reducir sustancialmente las emisiones de GEIs (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, 2014).

Para el caso de la energía eléctrica, en el Escenario Energético 2030 (2019) se tomó en cuenta principalmente la relación entre las tasas de crecimiento del PBI y la demanda eléctrica. Además, para cada escenario se ajustaron las variables según el tipo de políticas tomadas y el grado de inserción de diferentes tecnologías como, por ejemplo, la flota vehicular eléctrica, las cocinas y calefactores eléctricos, el uso de luminarias led en establecimientos públicos y privados, así como también el incremento de la actividad industrial y el consecuente aumento de demanda de gas.

En resumen, la Secretaría de Energía estima en su documento que para el 2030 la demanda eléctrica de los diferentes escenarios alcance los siguientes valores:

Escenario Tendencial → 188 TWh

Escenario Eficiente → 167 TWh

Escenario Electrificación → 227 TWh

Escenario Gasificación → 188 TWh

Obviamente el escenario de electrificación es en el cual se prevé la mayor generación eléctrica pero lo interesante es ver cómo se espera que crezca la matriz energética en cada uno de los casos ya que, como veremos a continuación, la mayor participación continuará en manos de los hidrocarburos con la generación térmica (Tabla 1) siendo el Escenario Eficiente donde la diferencia entre energía térmica y renovables sea menor, logrando una brecha de apenas el 7,4%.

Tabla 1: Proyección de la demanda eléctrica por fuente en 2030. Fuente: extraído de Escenarios Energéticos 2030.

Generación	2018	2030			
		Tendencial	Eficiente	Electrificación	Gasificación
Térmica	63,8%	37,1%	32,4%	43,0%	36,4%
Hidráulica	29,1%	26,1%	29,5%	21,7%	26,1%
Nuclear	4,7%	11,6%	13,1%	9,6%	11,6%
Renovable	2,4%	25,2%	25,0%	25,7%	25,9%
<b>Total (TWh)</b>	<b>137</b>	<b>188</b>	<b>167</b>	<b>227</b>	<b>188</b>

## Energías Renovables en Argentina

En todos los escenarios se cumple y se supera el objetivo planteado por ley y aunque podamos pensar que el rango de participación de las energías renovables (25 al 25,9 %) no varía mucho en cualquiera de los casos, debemos tener en cuenta el valor total de energía eléctrica producida para calcular realmente el nivel de generación que se espera (Tabla 2). Con ello, podemos ver que claramente el Escenario de Electrificación es en el cual la generación por fuentes renovables es mayor, casi llegando a los 60 TWh.

Tabla 2: Estimación de la oferta de energía y la cubierta por renovable al 2030. Fuente: elaboración propia.

Escenario	Energía Total (TWh)	Renovable (TWh)	%
Tendencial	188	47,4	25,2
Eficiente	167	41,7	25
Electrificación	227	58,3	25,7
Gasificación	188	48,7	25,9

¿Cuánto corresponderá a cada tipo de fuente renovable en el mix energético proyectado? Como vimos en la sección 2.3.3 *Características generales de las fuentes analizadas*, nuestro país tiene un gran potencial para la generación de electricidad a partir de las energías eólica y solar, siendo la primera de ellas históricamente dominante. Sin embargo, según datos oficiales de CAMMESA (2023) desde hace ya seis años esa relación pasó de 40:1 a 5:1, es decir que por cada TWh que se genera con energía solar, se producen 5 TWh de energía eólica (Gráfico 8).

Por lo tanto, teniendo en cuenta la histórica predominancia de la energía eólica sobre la solar pero también la tendencia alcista que esta viene presentando en los últimos años y la estimación del Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento<sup>12</sup> (CIPPEC) para el 2050 (que será analizada en el próximo apartado), para fines prácticos de esta investigación se supondrá que la relación entre ambos tipos de energías llegará para el 2030 a un mínimo de 2:1 a favor de la eólica gracias a una visión consciente de la importancia de diversificar la matriz energética y a políticas de promoción consecuentes (Blanco, G. y D. Keesle, 2022).

<sup>12</sup> CIPPEC es una organización independiente, apartidaria y sin fines de lucro argentina que produce conocimiento y ofrece recomendaciones para construir mejores políticas públicas. Busca promover políticas para lograr un país desarrollado, más equitativo, con igualdad de oportunidades e instituciones públicas sólidas y eficaces.

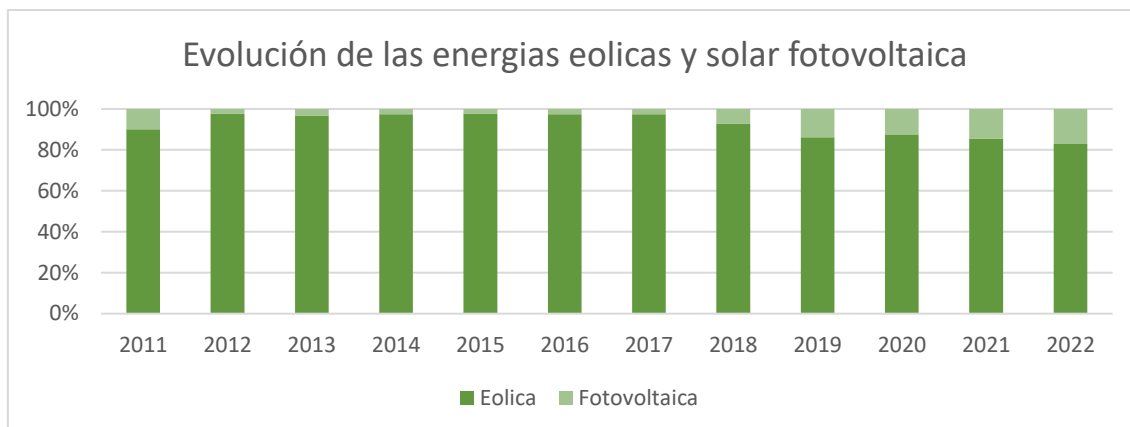


Gráfico 8: Evolución de la energía eólica y solar. Fuente: elaboración propia en base a los datos de CAMMESA.

Teniendo eso en cuenta podemos calcular cuántos TWh serán generados en cada escenario por las diferentes fuentes. En el caso del Escenario Tendencial la energía eólica generaría 31,6 TWh mientras que la solar fotovoltaica unos 15,8 TWh. Para el Escenario Eficiente la eólica produciría unos 27,8 TWh y la solar unos 13,9 TWh. Ya entrando en los escenarios de políticas activas vemos que en el Escenario de Electrificación la eólica alcanzaría los 38,9 TWh y la fotovoltaica por su parte unos 19,4 TWh; por último, en el Escenario de Gasificación los valores de generación para la energía eólica y la solar serían de unos 32,5 TWh y 16,2 TWh respectivamente.

Tabla 3: Resumen comparativo de renovables al 2030. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Total Generación Renovable (TWh)	Generación Eólica (TWh)	Generación Fotovoltaica (TWh)
<b>ET</b>	47,4	31,6	15,8
<b>EE</b>	41,7	27,8	13,9
<b>EEL</b>	58,3	38,9	19,4
<b>EG</b>	48,7	32,5	16,2

Ahora que ya calculamos cuanta energía se demandará en el 2030, según el tipo de fuente, debemos calcular de cuánto será el incremento realmente. Como vimos en el apartado 3.1.2 *Generación de energía eléctrica*, en el 2022 hubo una demanda de 14,2 TWh de energía eólica y 2,9 TWh de solar fotovoltaica, por lo que al 2030 podemos estimar que la demanda energética aumentara de la siguiente forma:

Tabla 4: Incremento en la demanda eléctrica por escenario al 2030. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Energía eólica 2022 (TWh)	Energía eólica 2030 (TWh)	Incremento (TWh)	Energía solar 2022 (TWh)	Energía solar 2030 (TWh)	Incremento (TWh)
ET	14,2	31,6	17,4	2,9	15,8	13,5
EE		27,8	13,6		13,9	11
EEL		38,9	24,7		19,4	16,5
EG		32,5	18,3		16,2	13,3

### 3.2.2 Escenario al 2050

En el año 2020 el CIPPEC lanzó un documento llamado “*De la crisis a la oportunidad del sector energético: escenarios y condiciones para ampliar la oferta a 2050*” (Paula Farina et al., 2020). En el estudio se tomaron en cuenta los factores que llevaron al país a su actual matriz energética y luego, tomando como base los escenarios energéticos, se simula una posible matriz para el año 2050.

Los resultados presentados estiman que para el 2050 el consumo interno de energía alcanzará los 100 Mtep, sumando una tasa anual acumulativa del 1,7% donde el crecimiento hasta 2030 estaría impulsado principalmente por un mayor consumo eléctrico y la desaceleración posterior está explicado por un menor consumo de derivados de petróleo y gas natural. La electrificación del consumo es la tendencia principal, que se refuerza en los años proyectados alcanzando el 32% de la demanda, igualando el consumo de gas natural y de derivados de petróleo, siendo el promedio estimado para 2050 de 375 TWh de energía (Tabla 5). Se espera que para el 2050 las energías renovables ganen participación, a costa de la generación térmica e hidroeléctrica, llegando a alcanzar el 35% de la matriz (21% eólico y 14% solar). La generación térmica disminuye del 67% al 45% en 2050 y la generación hidroeléctrica disminuye su participación del 18% actual a 14% en 2050.

Tabla 5: Demanda eléctrica esperada para el 2050 y su matriz energética. Fuente: Extraído de Farina, 2020.

	TWh	%
<b>Total.</b>	375	100
<b>Térmica.</b>	168,7	45
<b>Hidroeléctrica.</b>	52,5	14
<b>Nuclear.</b>	22,5	6
<b>Eólica.</b>	78,8	21
<b>Solar.</b>	52,5	14

## 4. proyectando costos

### 4.1 Metodología

Ya hemos visto en el capítulo anterior como se compone la matriz energética argentina actualmente y como se espera que sea para los años 2030 y 2050. A su vez, pudimos determinar no solo cuanta electricidad se demandaría sino, además, la participación teórica de la energía eólica y solar en la misma. Por lo tanto, ahora debemos responder a la pregunta, ¿Cuál es la inversión estimada que se requiere para cumplir con dichos valores?

Por un lado, para responder a esta pregunta debemos determinar cuál es el costo, económico y en términos de territorio, es decir la cantidad de superficie que se requiere invertir para la construcción de los parques, que pagamos actualmente para generar ese tipo de energías. Para poder determinar esto, se tomó como fuente la Base de Datos de Energías Renovables del 2024, de CAMMESA, que presenta un balance de generación de energía eléctrica por fuente. De allí se calculó el promedio de generación anual de todas las instalaciones eólicas (0,25 TWh) y fotovoltaicas (0,063 TWh) del país y una vez obtenido ese valor se seleccionaron, de cada tipo, la de mayor generación, la que estuviera más cercana al promedio y la de menor generación. Como resultado, se eligieron las siguientes instalaciones:

- Parque eólico San Jorge – El Mataco (mayor generación)
- Parque eólico El Jume (menor generación)
- Parque eólico Manque (generación promedio)
- Parque solar Guañizuil I (mayor generación)
- Parque solar San Juan I (menor generación)

- Parque solar Caldenes del Oeste (generación promedio)

Una vez seleccionados, se procedió a realizar una búsqueda bibliográfica por internet para conseguir la información necesaria, clave para esta investigación, como, por ejemplo: inversión económica realizada para la construcción del parque, superficie que ocupa el parque, zona donde se implanta y características climáticas de dicho lugar, cantidad de generadores o paneles que posee, potencia habilitada, factor de carga histórica, etc.

Por otro lado, habiendo calculado en apartados anteriores cuanta energía (eólica y solar) más debemos producir para alcanzar los estimados de 2030 y 2050 y, ya teniendo los costos de los parques modelos, se pudieron realizar las estimaciones correspondientes. Para ello, se aplicó la siguiente fórmula donde:

- TWh 2030/2050 refiere a la cantidad extra de energía que debe generarse para cumplir con las estimaciones.
- TWh anuales producidos por la instalación modelo indica la cantidad producida en un año por las instalaciones modelo seleccionadas.
- N° de instalaciones necesarias son, efectivamente, cuantas construcciones de cada tipo hacen falta para con la demanda.

$$\frac{TWh \text{ anual } 2030/2050}{TWh \text{ anuales producidos por la instalación modelo}} = N^{\circ} \text{ de instalaciones}$$

### 4.2 Hipótesis planteadas

Por último, para presentar y analizar los resultados se formularon tres panoramas hipotéticos a mediano y largo plazo. En el primero, al que denominaremos Panorama Ideal, se tomaron en cuenta los parques de mayor generación, teniendo en consideración una visión política de buscar la mayor generación energética posible con la mayor eficiencia. En estos casos, la instalación se daría exclusivamente en aquellos lugares que presenten las mejores características climáticas y la inversión económica estaría casi en su totalidad suministrada por el estado nacional. En el segundo de los casos, el Panorama Promedio, se tomaron los parques con un nivel de generación media. Allí, si bien quedan bastante rezagados en cuanto a niveles de energía producidos por año, se tiene en cuenta principalmente la construcción de instalaciones que no necesitan de condiciones geográficas excelentes, sino que pueden implantarse en buena parte de nuestro país. Por ende, se asume en este panorama una participación

## *Energías Renovables en Argentina*

más federal de las distintas provincias, reflejado en un régimen de inversiones descentralizado, donde cada una de estas, busca promover el desarrollo de la tecnología más favorable según las características geográficas propias. Por último, para el que denominamos Escenario Menor, se evaluaron los parques con menor generación anual.

Cabe aclarar que, en los panoramas previamente dichos, se calcularan los 4 escenarios vistos en las proyecciones para el 2030 así como el estimado para 2050 (Ver cálculos en el Anexo I).

### **4.3 Centrales energéticas modelo**

#### **4.3.1 Energía eólica**

##### **Mataco – San Jorge**

El parque eólico San Jorge y El Mataco perteneciente al grupo industrial argentino Petroquímica Comodoro Rivadavia S.A (PCR)<sup>13</sup> está ubicado en la localidad de Tornquist, situada en la provincia de Buenos Aires, Argentina, conocida por su clima variable y su rica biodiversidad.

Esta instalación cuenta con dos parques ubicados a los lados de la Ruta Nacional 33<sup>14</sup> (Imagen 3) y se encuentra en funcionamiento desde Julio del 2020. La instalación posee 27 aerogeneradores Vestas de 3,6MW y 24 de 4,2MW con una potencia instalada total de 203,4 MW y que, según la base de datos de energías renovables de CAMMESA, tiene una generación anual promedio de 0,9TWh. Ambos complejos abarcan una superficie total de 70 km<sup>2</sup>. con una inversión total cercana a los 300 millones de dólares.

---

<sup>13</sup> PCR es una empresa centenaria argentina que se dedica entre otras a la producción y distribución de materiales para la construcción, la explotación de hidrocarburos y desde el 2016 tiene una división dedicada a la producción de energías renovables.

<sup>14</sup> El parque eólico se encuentra en las siguientes coordenadas: 38° 20' 47.9" S y 62° 18' 35.7" O.



Imagen 3: Ubicación del PE Mataco San Jorge. Fuente: Google Earth

El clima de la zona puede variar, con temperaturas que oscilan entre los 13 y los 36 grados Celsius, y una probabilidad de precipitación del 17%. La ciudad se encuentra en la ecorregión de la Pampa, y alberga el Parque Provincial Ernesto Tornquist, un área protegida que conserva una alta diversidad de especies y endemismos. Los vientos también varían en velocidad y dirección a lo largo del año, contribuyendo a su clima diverso. Durante los meses de verano posee velocidades promedio de más de 25 km/h mientras que en invierno suele mantenerse en 20 km/h.

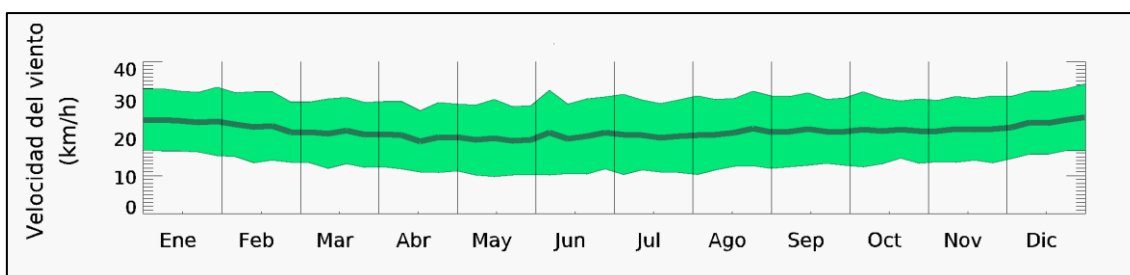


Gráfico 9: Velocidad mensual del viento en Tornquist. Fuente: Meteoblue.

## El Jume

El parque eólico EL Jume, desarrollado por la empresa IMPSA ubicado a 8 kilómetros al norte de la ciudad de Ojo de Agua y a unos 290 kilómetros al sur de la ciudad de Santiago del Estero (Imagen), se encuentra en funcionamiento desde octubre del 2015, luego de una inversión de 20 millones de dólares.

La instalación posee cuatro aerogeneradores de 2MW, distribuidos en un predio de 0,75 km<sup>2</sup>, con una potencia instalada total de 8 MW y una generación anual promedio de 0,008TWh.

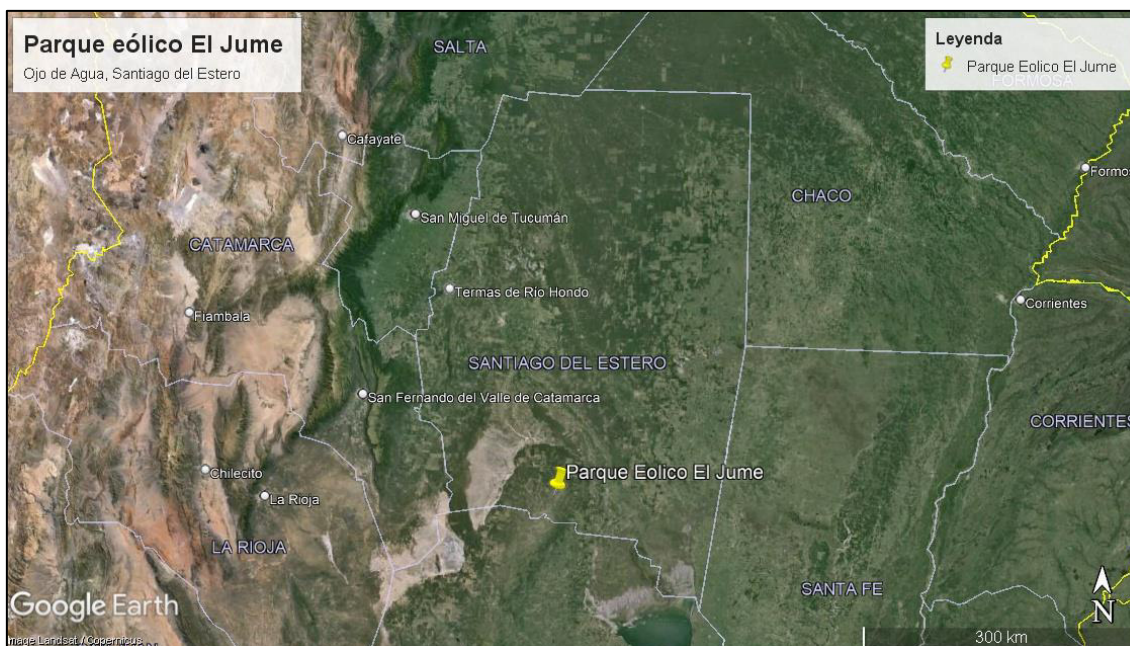


Imagen 4: Ubicación del PE El Jume. Fuente: Google Earth.

El clima de la zona es generalmente cálido, con temperaturas mínimas que suelen ir desde los 5° grados en invierno hasta los 20° en épocas de verano, donde también suelen incrementarse las precipitaciones. Los vientos de la región son bastante parejos durante todo el año, con un promedio cercano a los 7 km/h y momentos donde la velocidad puede subir hasta los 15 km/h principalmente en la época primaveral.

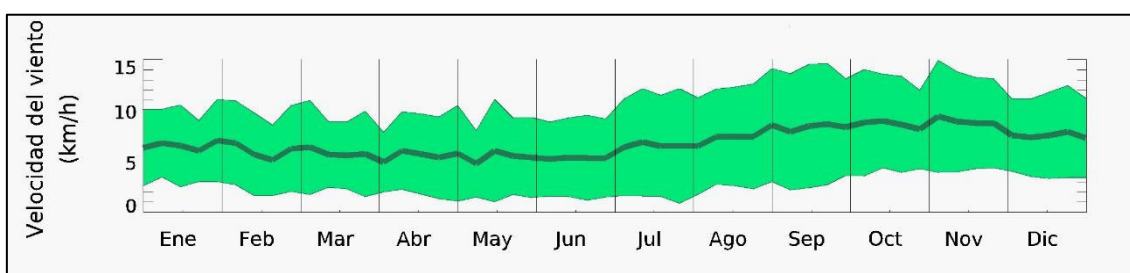


Gráfico 10: Velocidad mensual del viento en Ojo de Agua. Fuente: Meteoblue.

### Manque

El parque eólico Manque se encuentra ubicado en Achiras, provincia de Córdoba y se desarrolla en una superficie de 7,85 km<sup>2</sup>. Esta instalación cuenta con 15 aerogeneradores de 3,8MW que le brindan una potencia instalada total de 57MW y

desde su puesta en marcha en enero del 2020 ha alcanzado valores de generación mensual de hasta 24,1 GWh y un factor de carga histórico del 47,26%. La inversión económica que fue requerida para la construcción de este parque ronda los 283 millones de dólares y ha producido en promedio unos 240,2 GWh anuales.

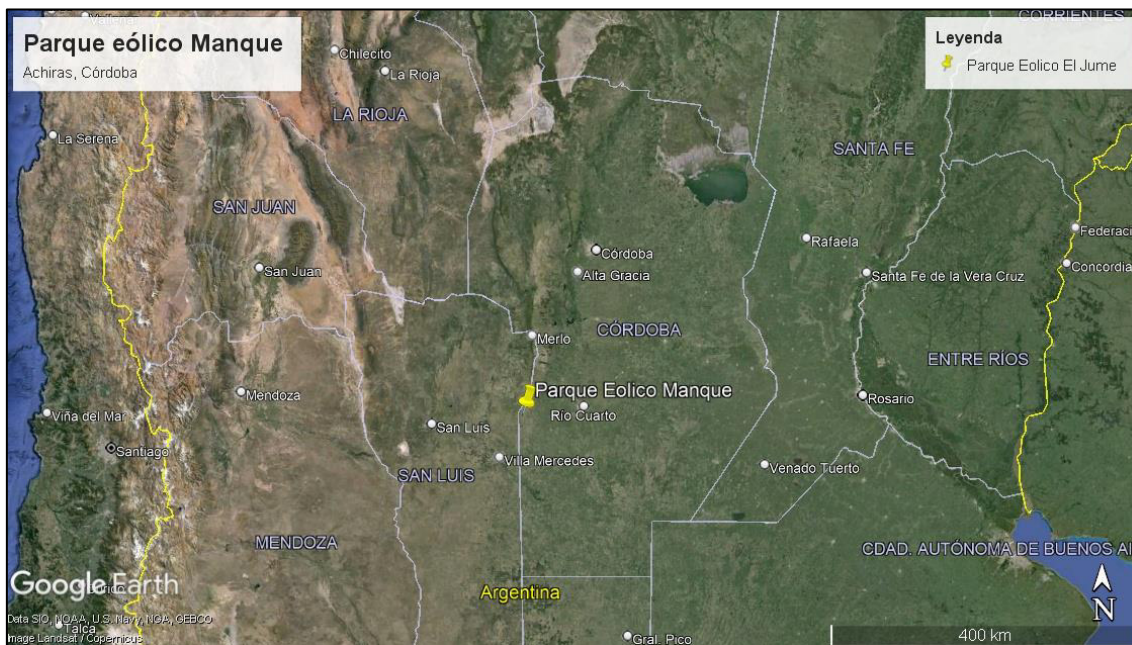


Imagen 5: Ubicación del PE Manque. Fuente: Google Earth.

El parque se encuentra ubicado en la localidad de Achiras, perteneciente al Departamento de Río Cuarto. El clima de esta localidad es templado, con lluvias moderadas durante todo el año y con temperaturas máximas que oscilan entre los 17 y los 30°C. En cuanto a los vientos, se pueden encontrar en todos los meses velocidades cercanas a los 20 km/h, siendo los meses de primavera donde podemos encontrar momentos de hasta 30 km/h.

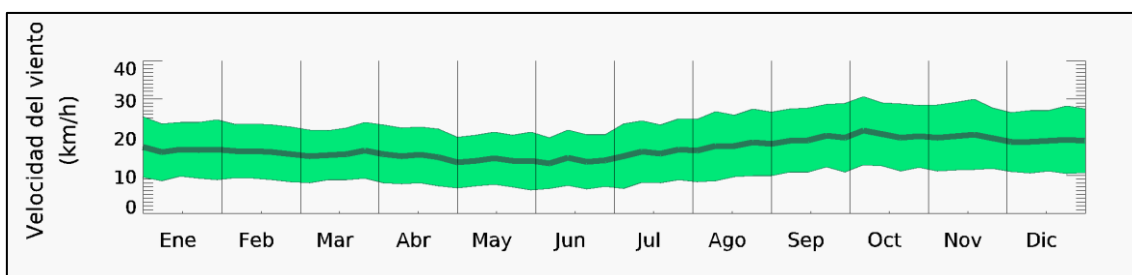


Gráfico 11: Velocidad mensual del viento en Achiras. Fuente: Meteoblue.

### 4.3.2 Energía solar fotovoltaica

#### Guañizuil I

El parque fotovoltaico Guañizuil I, ubicado en la localidad de Las Flores, San Juan, entro en funcionamiento en mayo del 2019 gracias a una inversión de 104 millones de dólares. Esta instalación de 287.080 mil paneles solares ocupa una superficie de 2,2 km<sup>2</sup>, con una potencia instalada total de 80 MW y una generación anual producida en promedio de 224,53 GWh. Según la base de datos de CAMMESA, el parque tiene un factor de carga histórico de 31,46%, convirtiéndolo en uno de los parques solares con mayor factor de carga medido.



Imagen 6: Ubicación del PS Guañizuil I. Fuente Google Earth.

Según el Atlas Solar Global, desarrollado por el Banco Mundial, en la localidad de las flores podemos encontrar una Irradiación Solar Normal Directa (DNI por sus siglas en ingles) de 3.077 kWh/m<sup>2</sup>, valor acorde a lo esperado para la región en la que se encuentra.

#### San Juan I

El parque fotovoltaico San Juan I se encuentra en el departamento de Ullúm, provincia de San Juan, sobre la Ruta Provincial 54 (Imagen 7). La instalación, que requirió cerca de 2,3 millones de dólares para su construcción, fue financiada totalmente con fondos provinciales y cuenta con 4.838 paneles de diferentes tipos (monocristalinos,

## Energías Renovables en Argentina

policristalinos y capa fina). Con una superficie de 0,06 km<sup>2</sup> un factor de carga histórico de 21,22% y una generación anual promedio de 0,002 TW, el parque solar fotovoltaico San Juan I abastece cerca de 1000 hogares.

Según el Atlas Solar Global, desarrollado por el Banco Mundial, en Úllum podemos encontrar una Irradiación Solar Normal Directa (DNI por sus siglas en ingles) de 2546,6 kWh/m<sup>2</sup>.



Imagen 7: Ubicación del San Juan I. Fuente Google Earth.

### Caldenes del Oeste

El Parque Solar Caldenes del Oeste se encuentra ubicado a las afueras de la ciudad de San Luis. Esta instalación, que representó una inversión de 35 millones de dólares, cuenta con 92.394 paneles solares fotovoltaicos, para una potencia total instalada de 24,75 MW, emplazados en un terreno de 0,067 km<sup>2</sup> y genera en promedio unos 60,45 GWh por año y registra un factor de carga de un 28% histórico. Según el Atlas del Banco Mundial, en esa ubicación, la DNI anual es de 2.264 kWh/m<sup>2</sup>, valor promedio de lo que podemos encontrar en otros puntos de la provincia.

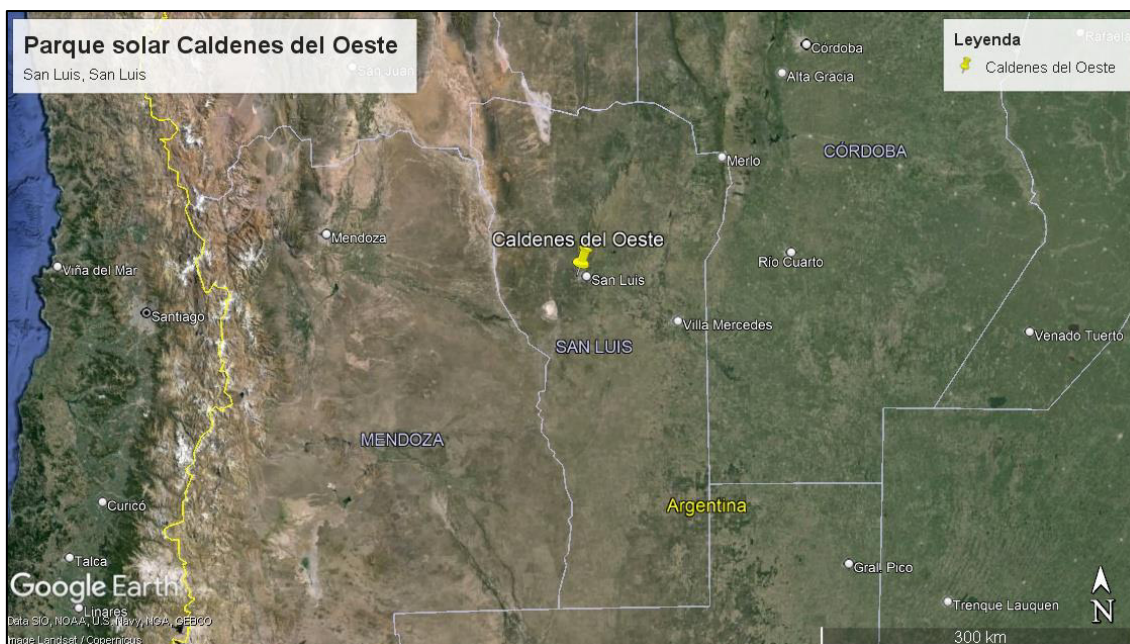


Imagen 8: Ubicación del PS Caldenes del Oeste. Fuente: Google Earth.

## 4.4. Resultados

A continuación, analizaremos los resultados obtenidos de los cálculos hechos para determinar la cantidad de parques a construir, así como también de los costos inherentes a la construcción de estos. Se presentarán los resultados según el panorama analizado mientras que, los cálculos se detallan en los Anexos I y II.

### 4.4.1. Estimación al 2030

El primer caso que analizaremos es el que denominamos Panorama Ideal, el cual se basa en la premisa de que la construcción de las instalaciones tendrá como objetivo la mayor producción posible, principalmente impulsada por políticas nacionales, y que se radicarán en aquellos lugares que posean las mejores condiciones naturales.

Como podemos ver en el gráfico debajo (Gráfico n° 10) los 4 escenarios posibles vistos en el apartado “3.2.1. Escenarios al 2030” implican un incremento considerable en la cantidad de instalaciones que deben encontrarse en funcionamiento para alcanzar con la demanda esperada. Podemos ver allí que el Escenario de Electrificación es aquel donde más deben incrementarse, llegando a necesitar 100 nuevas instalaciones, y que tanto el Escenario de Gasificación como el Tendencial implican la misma cantidad; además, es importante destacar que el que necesita menos construcciones nuevas es

el Escenario Eficiente, concordando con lo establecido sobre la importancia no solo de utilizar fuentes limpias sino también aprender a consumir energía de mejor manera.

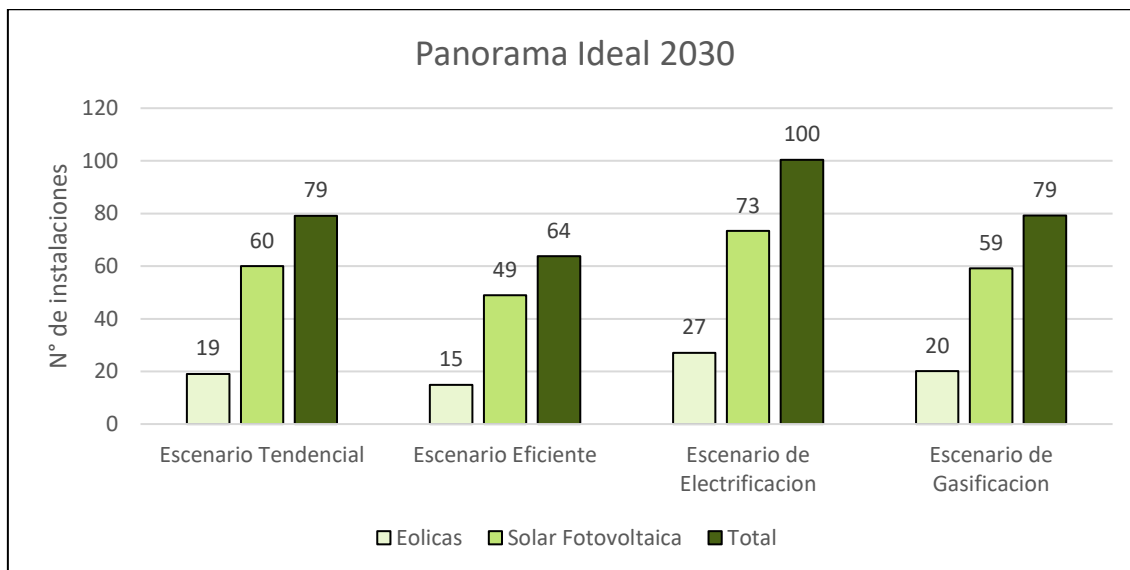


Gráfico 12: Cantidad de instalaciones requeridas para el Panorama Ideal 2030. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a costos, podemos ver en el siguiente gráfico que la inversión económica varía mucho según el escenario, llegando a superar los 15 mil millones de dólares en el caso del Escenario de Electrificación, más de diez veces que el presupuesto asignado para Gastos de Capital al sector de Energía, Combustibles y Minería para el 2024 (1,2 mil millones de dólares<sup>15</sup>) (Ministerio de Hacienda y Finanzas, 2024).

Si miramos la inversión territorial, vemos que la mayor diferencia se da entre el Escenario Eficiente y el de Electrificación, casi duplicando la cantidad de km<sup>2</sup> que necesita este último con relación al primero, con poco más de 2 mil kilómetros cuadrados de superficie. Un dato importante a tener en cuenta es que esta superficie representa apenas el 15% de la superficie total del Área Metropolitana de Buenos Aires (13.285 km<sup>2</sup>).

<sup>15</sup> Se asignaron en el Presupuesto Oficial 952.354,4 millones de pesos como gastos de capital, convertidos tomando como referencia el valor dólar del 2 de enero de 2024 (851,14\$).

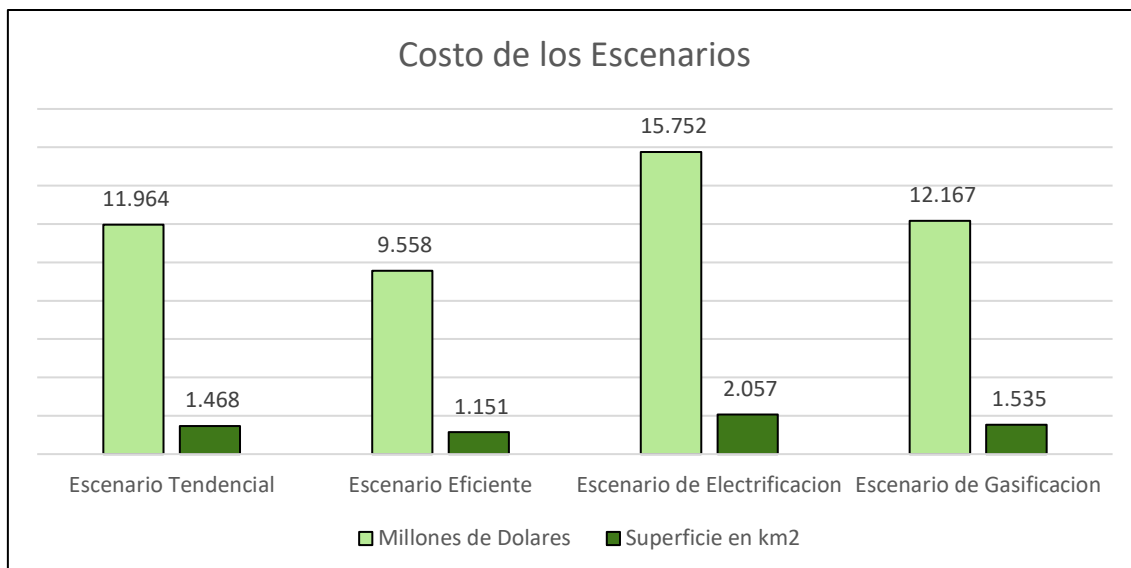


Gráfico 13: Costos de los escenarios del Panorama Ideal 2030. Fuente: Elaboración propia.

El segundo panorama que calculamos es el que denominamos promedio; esto debido a que se utilizaron instalaciones en funcionamiento, con un nivel de generación anual similar al promedio entre todas las instalaciones.

Los resultados obtenidos son muy similares a los vistos en el caso anterior. En todos los escenarios, la cantidad de instalaciones necesarias se triplican debido a la menor generación que posee cada una de estas. Nuevamente, vemos como el Escenario de Electrificación muestra un claro incremento en la cantidad de instalaciones requeridas, llegando casi a las 380, mientras que, el Escenario Eficiente necesita 140 menos que el primero. Los cálculos realizados pueden visualizarse en el Anexo II.

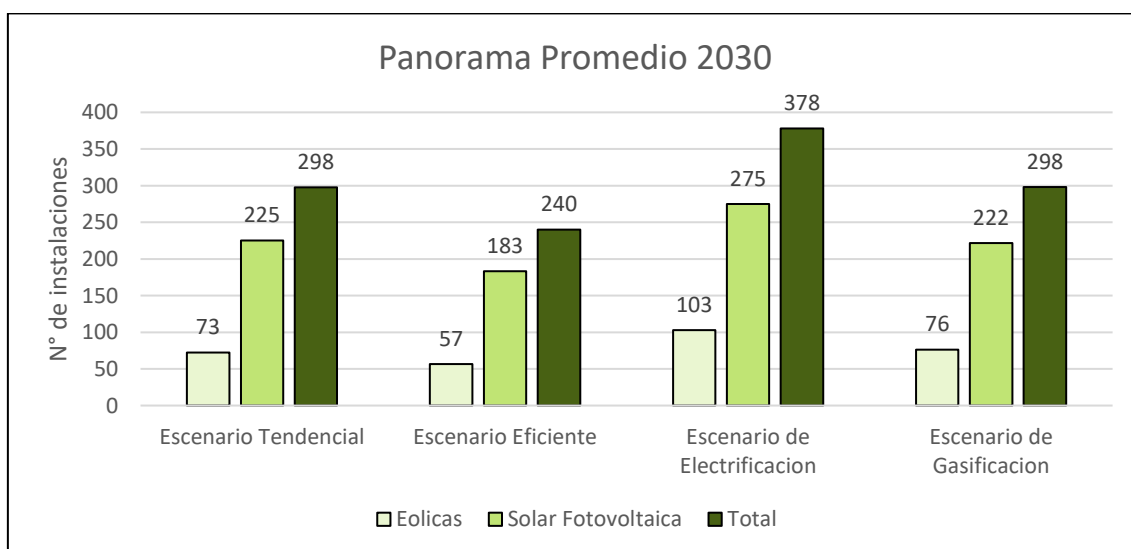


Gráfico 14: Cantidad de instalaciones requeridas para el Panorama Promedio 2030. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los costos implicados, si podemos notar un incremento en la inversión económica necesaria en relación con el Panorama Ideal, donde vemos que se duplica en todos los escenarios analizados, superando en todos los casos el presupuesto asignado al sector energético. Por el contrario, si vemos la inversión territorial notamos una disminución en relación con el Panorama Ideal, debido seguramente, a que las instalaciones de mayor generación requieren de una superficie mucho mayor para la construcción de las instalaciones correspondientes. Esta es una ventaja comparativa si tenemos en cuenta que no todas las provincias tendrán disponible la misma cantidad de terreno con condiciones óptimas para la generación de estos tipos de energías.

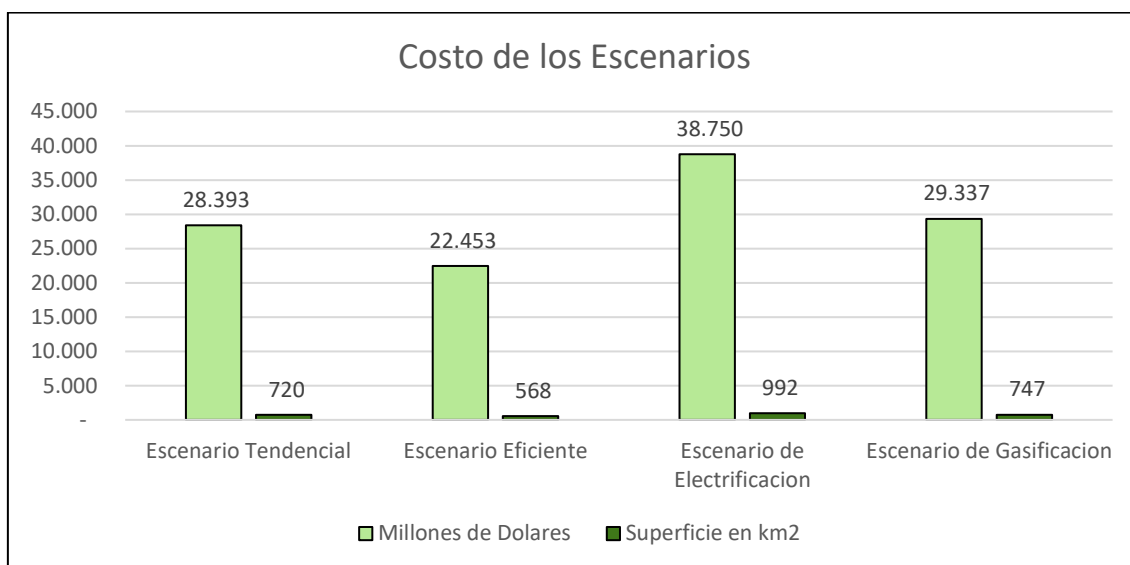


Gráfico 15: Costos de los escenarios del Panorama Promedio 2030. Fuente: Elaboración propia.

El último caso estimado, el Escenario Menor, la cantidad de instalaciones requeridas aumentan exponencialmente. Al igual que en las otras dos estimaciones, el Escenario Eficiente es en el cual se requieren la menor cantidad de instalaciones nuevas para alcanzar la generación estimada, sin embargo, como se ve en el Gráfico n°16 el total de parques asciende a casi 9.000, lo que implica un incremento del 2.994% en relación con los requeridos en el Panorama Promedio.

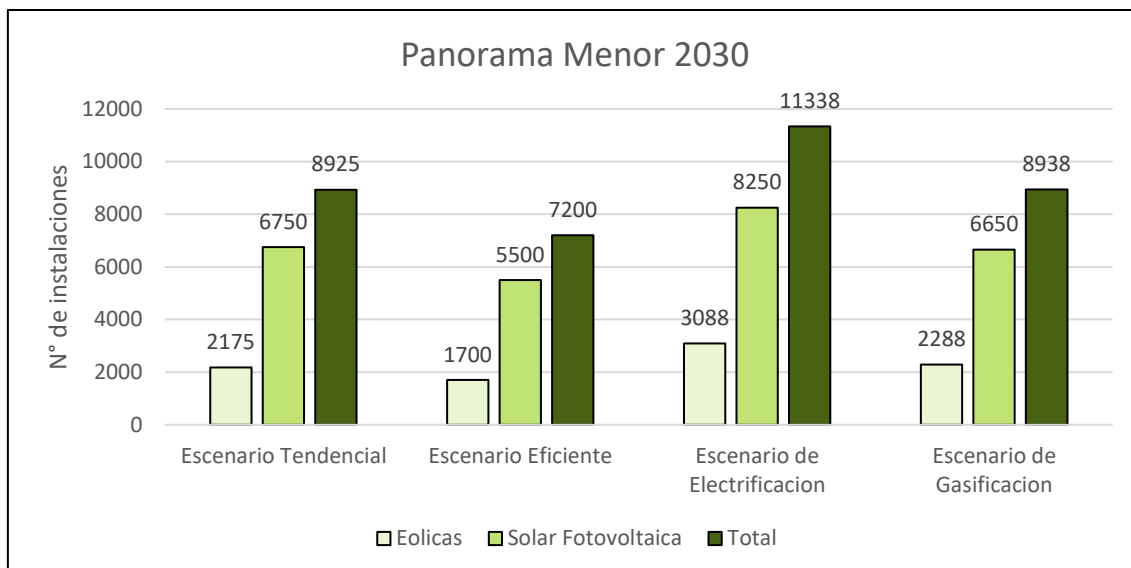


Gráfico 16: Cantidad de instalaciones requeridas para el Panorama Menor 2030. Fuente: elaboración propia.

En cuanto la inversión económica y territorial, si comparamos los costos de este Panorama con los del Panorama Promedio, vemos que son requeridos poco más del doble de inversión monetaria y el triple para la estimación de superficie ocupada. Al igual que antes, el Escenario Eficiente es en el cual se requiere la menor cantidad en comparación con los demás panoramas, reforzando la importancia de tomar medidas que involucren una reducción en los consumos. Pueden verse los cálculos realizados en el Anexo II.

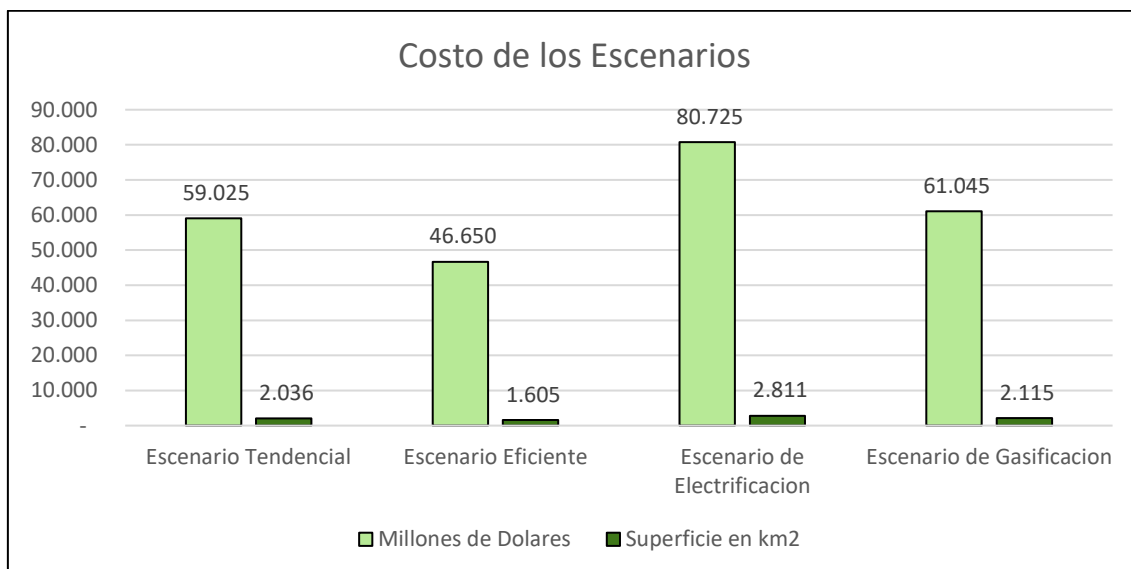


Gráfico 17: Costos de los escenarios del Panorama Menor 2030. Fuente: Elaboración propia.

### 4.4.2. Estimación al 2050

Al calcular las instalaciones estimadas para 2050 vemos que hay una clara diferencia entre los panoramas donde, el Panorama Promedio casi cuadruplica en cantidad total al Panorama Ideal y el Panorama Menor es cien veces mayor a este (Los cálculos realizados se encuentran en el Anexo I). Algo muy interesante a destacar, es que el Panorama Ideal posee menos cantidad de instalaciones totales (320) que casi todos los escenarios analizados en el Panorama Promedio 2030, lo que podemos tomar como demostración de por qué es importante que el estado analice cuidadosamente donde y que tipo de energía busca fomentar.

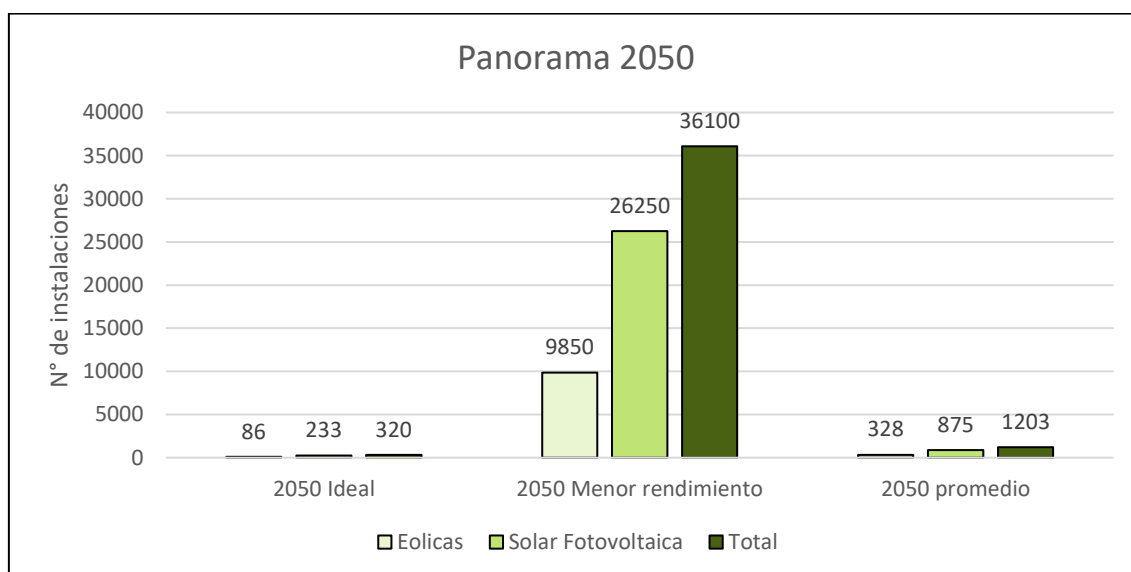


Gráfico 18: Cantidad de instalaciones requeridas para el 2050. Fuente: elaboración propia.

Con relación a los costos económicos estimados, los cálculos realizados (Anexo II) nos muestran claramente que el Panorama Ideal es mucho menor a los otros dos analizados, llegando a ser una quinta parte de lo estipulado en el Panorama Menor. En relación con la inversión territorial, el Panorama Promedio es el que requiere la menor cantidad de kilómetros cuadrados para su construcción mientras que el Panorama Menor es el que requiere la mayor cantidad. Es interesante ver que el Panorama Ideal, que involucra las instalaciones con mayor generación, requiere el doble de superficie en comparación con el Panorama Promedio. Esto nos permite inferir que lograr la mayor generación de energía no supone necesariamente una inversión económica mayor, aunque si es casi seguro que requiera de mayor superficie afectada.

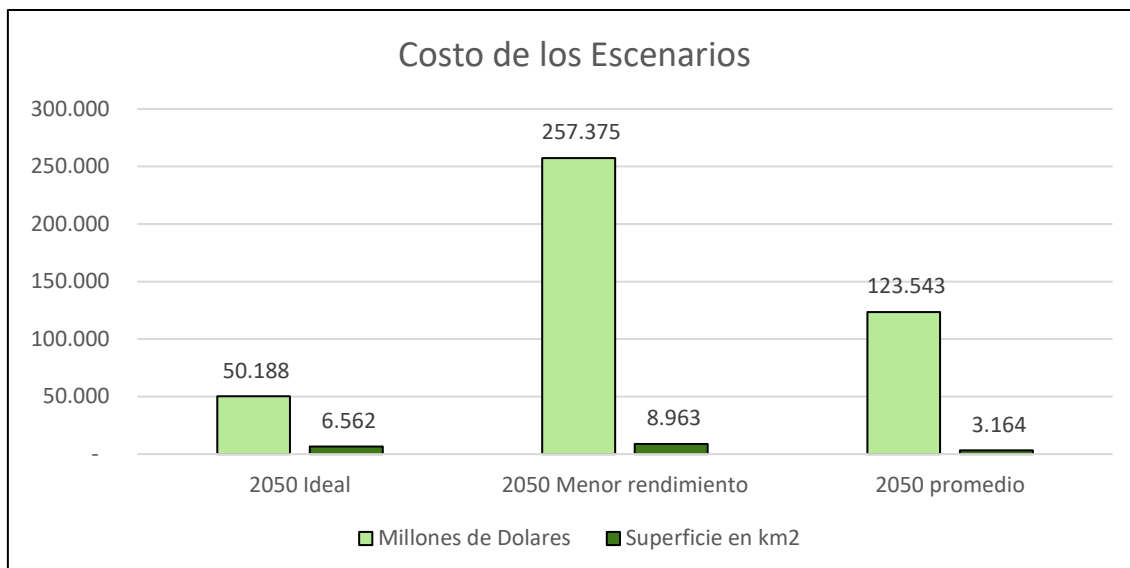


Gráfico 19: Costos para el 2050 según panorama. Fuente: Elaboración propia

## 5. Conclusión

Según lo visto en el apartado anterior, podemos afirmar que la energía eólica ha demostrado ser una fuente de energía rentable en términos de inversión económica y capacidad de generación. Sin embargo, dado que esta investigación se centra en escenarios modelados para los años 2030 y 2050, en los cuales se contempla una participación significativa de la energía solar, resulta relevante analizar ambas fuentes en conjunto. La energía solar, a pesar de su inversión inicial más elevada, complementa a la eólica y contribuye a la diversificación de la matriz energética, asegurando un suministro estable. En este sentido, la discusión sobre la mejor alternativa incluirá ambas fuentes, en función de sus contribuciones al mix energético futuro.

Se estima que para el 2030 serán necesarios entre 9,5 y 80,7 mil millones de dólares en inversión, dependiendo del nivel de expansión energética que se busque alcanzar. Con el presupuesto actual de 1,2 mil millones anuales, esto implicaría un plazo de entre 8 y 67 años para llegar a los niveles de generación requeridos, evidenciando la situación crucial en la que nos encontramos. Si no se implementan medidas urgentes para incentivar la inversión, el cumplimiento de los objetivos estipulados por ley podría demorar más de seis décadas. Sin embargo, al analizar las inversiones pasadas, observamos picos de hasta 2,5 mil millones de dólares anuales (Magoja, 2022), lo que reduciría el tiempo a entre 4 y 32 años. Además, si se destinara una inversión constante de 2 mil millones anuales y se adoptaran políticas orientadas al *Escenario Eficiente*, el plazo se reduciría a menos de cinco años. Esta relación de inversión y tiempo puede

observarse en el Gráfico N°20, que muestra cómo una mayor inversión permite una acumulación de capital exponencial, reduciendo significativamente los tiempos para alcanzar las metas de generación.

Para los escenarios del Panorama Promedio y Menor, se requieren como mínimo 10 y 20 años respectivamente, para cumplir con la inversión estimada para los Escenarios Ideales de cada uno. Esto deja en evidencia la gran diferencia que existe entre los tres Panoramas analizados y como el Panorama Menor es por diferencia el caso más desfavorable.

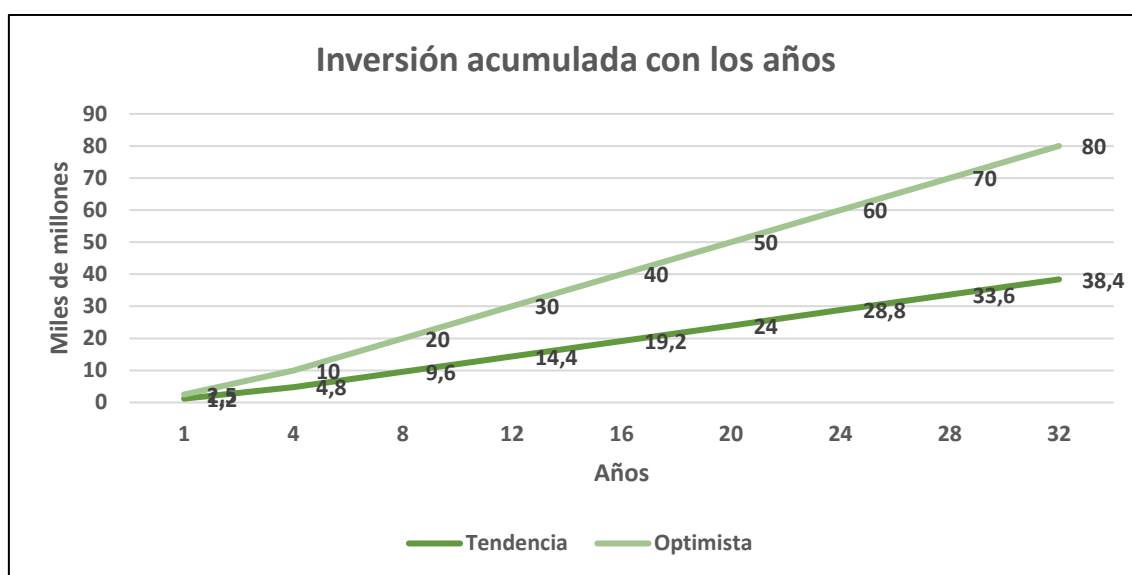


Gráfico 20: Curvas de inversión optimista y tendencial. Fuente: Elaboración propia.

Otro factor clave a considerar es el aspecto territorial, que incluye la disponibilidad de superficie, la accesibilidad de zonas óptimas, y la conexión a la red eléctrica. En todos los escenarios analizados, el Panorama Ideal requiere más superficie que el Panorama Promedio, dado que busca maximizar la producción aprovechando áreas extensas. Este aspecto cobra relevancia considerando que, en muchas provincias, las zonas con mejores condiciones naturales carecen de la infraestructura necesaria para facilitar el transporte de maquinaria e insumos para la construcción, así como de una conexión adecuada a la red eléctrica. En estos casos, aunque los puntos seleccionados cuenten con condiciones de viento o radiación solar óptimas, algunos de ellos se deberán descartar, ya que acondicionar dichos lugares requiere una inversión adicional en caminos, instalaciones, y redes de conexión.

En el Panorama Menor, la superficie requerida es aún mayor para todos los escenarios, necesitando al menos 500 km<sup>2</sup> adicionales en comparación con el Panorama Ideal, lo

cual lo convierte en la opción menos favorable desde el punto de vista territorial y económico. Por ello, la elección de escenario no puede depender únicamente de la inversión monetaria; factores como la extensión de terreno requerido y la accesibilidad son cruciales, ya que, como se observa en el gráfico siguiente, una decisión inadecuada puede implicar costos significativamente mayores de lo necesario.

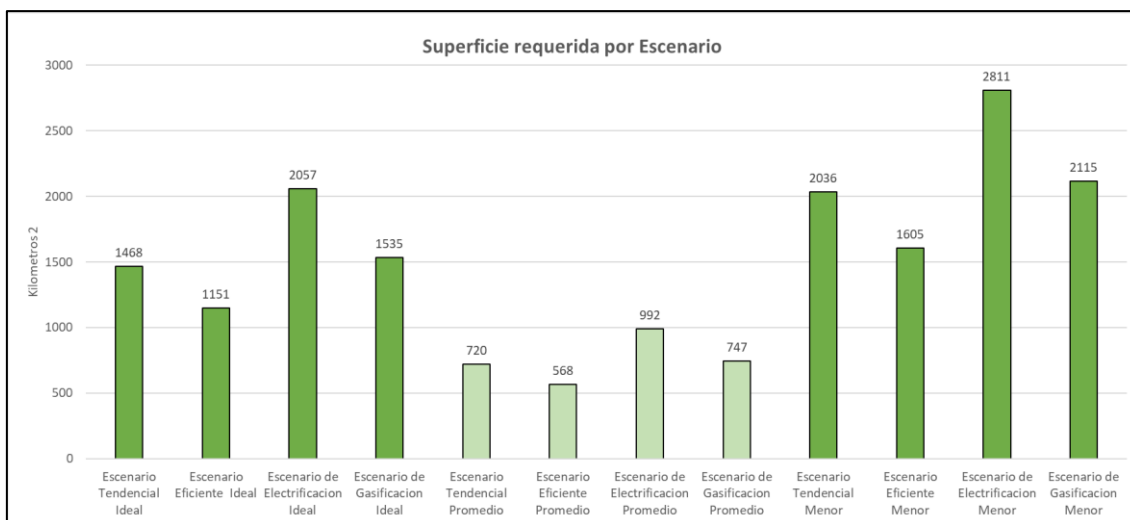


Gráfico 21: Superficies requeridas estimadas según escenario y panorama para el 2030. fuente: Elaboración propia.

En conclusión, para cumplir con los objetivos de energías renovables establecidos por ley, es fundamental que las distintas autoridades gubernamentales tomen decisiones estratégicas, urgentes y bien analizadas.

En primer lugar, la promoción de programas nacionales como RenovAr es clave para el desarrollo de infraestructura energética en provincias o regiones con recursos económicos limitados. Estos programas permitirán construir instalaciones “ideales” que favorezcan la colaboración entre el sector público y el privado, beneficiando tanto a los ciudadanos como al sistema interconectado nacional. Además, fomentar la construcción de instalaciones privadas mediante incentivos fiscales, como exenciones impositivas o créditos blandos, es crucial para atraer inversiones de empresas nacionales e internacionales y fortalecer el sector de energías renovables. Esto también incentivaría a pequeñas y medianas empresas a especializarse en instalaciones de menor envergadura, las cuales podrían ser distribuidas a lo largo de todo el país.

Finalmente, la colaboración de los gobiernos provinciales con el sector privado es esencial para el desarrollo energético regional, ya que no solo permite optimizar el uso de los recursos naturales predominantes en cada provincia, logrando la soberanía



## *Energías Renovables en Argentina*

energética, sino que también fomenta el acceso a un servicio eléctrico de calidad en las zonas más alejadas. De esta forma, se impulsa el desarrollo económico y social de las comunidades, al tiempo que se asegura la preservación ambiental a través de políticas de largo plazo que beneficien a todos.



### 6. Bibliografía

Alvaro Pinilla. (1997). *Manual de aplicacion e la energia eolica*. Instituto de Ciencias Nucleares y Energias Alternativas.

Baddi, M.H., Guillen, A., & Abreu, J.L. (2016). Energias Renovables y Conservacion de Energia. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 11(1), 141-155.

Blanco, G. y D. Keesle. (2022). *Transición energética en la Argentina: Construyendo alternativas*. Centro de Tecnologías Ambientales y Energía, Facultad de Ingeniería, UNICEN. Fundación ambiente y Recursos Naturales.

CAMMESA. (2023). *Informe Anual 2022*.

Cárdenas, G. J. (2011). *Matriz energética argentina. Situación actual y posibilidades de diversificación*. 100, 32-36.

Cassagne, E. (2017). El régimen de las energías renovables en Argentina. *Revista de Derecho Administrativo Económico*, 47-68. <https://doi.org/10.7764/redae.24.3>

Clemente Alvarez. (2006). *Energía Eólica* (Vol. 3). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

Cleveland, C. J. (2004). *Net energy from the extraction of oil and gas in the United States*.

Consejo Nacional de Coordinacion de Políticas Sociales. (2021). *Informe de País 2021*. 193.

Convencion Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climatico. (2015a). *Acuerdo de Paris*.

Convencion Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climatico. (2015b). *Acuerdo de Paris*.

Giordano, D. N. (2021a). *Desarrollo de las energías renovables en Argentina (2017-2020)*. 59.

Giordano, D. N. (2021b). *Desarrollo de las energías renovables en Argentina (2017-2020)*. 59.



López- Cózar, J. M. (2006). *Energía Solar Termica* (Vol. 4).

Magoja, E. E. (2022). El camino de la justicia energética en Argentina: Desafíos y riesgos de las energías renovables en el desarrollo de la sustentabilidad ambiental, económica y social. *Revista de la Facultad de Derecho*.

Mariana Ballenilla & Fernando Ballenilla. (2007). La tasa de retorno energetico. *El Ecologista*, 55, 24-28.

Mesa, N., Cortegoso, J., & Saravia, L. (2022). *LA PROSPECTIVA COMO UNA HERRAMIENTA PARA ORIENTAR LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DEL SISTEMA ENERGÉTICO*.

Minaker, N. G., Pettorossi, N. J., & Spinosa, L. M. (2012). *Estudio de la Energía Eólica en Argentina*. Universidad Argentina de la Empresa Departamento de Administración y Recursos Humanos.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Cuarto informe bienal de actualización de la Republica Argentina a la Convencion Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climatico*. 342.

Ministerio de Economía. (2018). *¿Qué son las energías renovables? Argentina*. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/renovables/que-son-las-energias-renovables>

Ministerio de Hacienda y Finanzas. (2024). *Presupuesto Oficial 2024*. <https://www.economia.gob.ar/onp/presupuestos/2024.html>

Murphy, D. J., & Hall, C. A. S. (2010). Year in review-EROI or energy return on (energy) invested: Review: energy return on investment. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1185(1), Article 1. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05282.x>

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.

Organización de las Naciones Unidas. (2021a). *El Acuerdo de París | Naciones Unidas*. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>



Organización de las Naciones Unidas. (2021b). *El Acuerdo de París* | Naciones Unidas. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2014). *Cambio Climático 2014. Informe de Síntesis*.

Paula Farina, Sergio Drucaroff, & Diego Rivas. (2020). *De la crisis a la oportunidad del sector energético: Escenarios y condiciones para ampliar la oferta a 2050* (Documento de Trabajo N°200; Número Documento de Trabajo N°200). CIPPEC.

Roger, D. (2015). *Ventana de oportunidad para el desarrollo del sector eólico argentino*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27864.70408>

Secretaría de Energía. (2019). *Guía del Recurso Solar*. 154.

Secretaría de Energía de la Nación. (2012). *Centrales Eléctricas*.

Secretaría de Energía de la Nación. (2019). *Escenario Energético 2030*. 191.

Secretaría de Energía de la Nación. (2021). *Balance Energético Nacional*. Secretaría de Energía de la Nación.

## 7. Anexos

### Anexo I – Cálculo de las instalaciones requeridas.

A continuación, se describen los cálculos realizados para la obtención de la cantidad de parques eólicos y solares fotovoltaicos necesarios para el presente trabajo. Como se ve debajo, la ecuación utilizada consta de 2 variables, la cantidad de energía que se debería producir según las diferentes proyecciones (TWh anual 2030/2050) y la cantidad de energía que produce cada una de las instalaciones tomadas como modelos vistas en el apartado 4.2 (TWh anuales producidos por la instalación modelo). El resultado obtenido, el n° de instalaciones, fue luego multiplicado por el costo económico y territorial de cada una para obtener los detalles de inversión requerida para cada caso y expresados oportunamente en la sección 4.3.

$$\frac{TWh \text{ anual } 2030/2050}{TWh \text{ anuales producidos por la instalación modelo}} = N^{\circ} \text{ de instalaciones}$$

A continuación, se presentan los cálculos que fueron realizados para determinar la cantidad de instalaciones requeridas en cada panorama analizado.

**2030**

#### Panorama Ideal

– **Escenario Tendencial**

- **Eólica**

$$\frac{17,4 \text{ TWh}}{0,912 \text{ TWh}} = 19$$

- **Solar**

$$\frac{13,5 \text{ TWh}}{0,225 \text{ TWh}} = 60$$

– **Escenario Eficiente**

- **Eólica**

$$\frac{13,6 \text{ TWh}}{0,912 \text{ TWh}} = 15$$

- **Solar**

$$\frac{11 \text{ TWh}}{0,225 \text{ TWh}} = 49$$

- Escenario de Electrificación
  - *Eólica*

$$\frac{24,7 \text{ TWh}}{0,912 \text{ TWh}} = 27$$

- *Solar*

$$\frac{16,5 \text{ TWh}}{0,225 \text{ TWh}} = 73$$

- Escenario de Gasificación
  - *Eólica*

$$\frac{18,3 \text{ TWh}}{0,912 \text{ TWh}} = 20$$

- *Solar*

$$\frac{13,3 \text{ TWh}}{0,225 \text{ TWh}} = 59$$

## Panorama Promedio

- Escenario Tendencial
  - *Eólica*

$$\frac{17,4 \text{ TWh}}{0,24 \text{ TWh}} = 73$$

- *Solar*

$$\frac{13,5 \text{ TWh}}{0,06 \text{ TWh}} = 225$$

- Escenario Eficiente
  - *Eólica*

$$\frac{13,6 \text{ TWh}}{0,24 \text{ TWh}} = 57$$

- *Solar*

$$\frac{11 \text{ TWh}}{0,06 \text{ TWh}} = 183$$

– Escenario de Electrificación

○ *Eólica*

$$\frac{24,7 \text{ TWh}}{0,24 \text{ TWh}} = 103$$

○ *Solar*

$$\frac{16,5 \text{ TWh}}{0,06 \text{ TWh}} = 275$$

– Escenario de Gasificación

○ *Eólica*

$$\frac{18,3 \text{ TWh}}{0,24 \text{ TWh}} = 76$$

○ *Solar*

$$\frac{13,3 \text{ TWh}}{0,06 \text{ TWh}} = 222$$

## Panorama Menor

– Escenario Tendencial

○ *Eólica*

$$\frac{17,4 \text{ TWh}}{0,008 \text{ TWh}} = 2175$$

○ *Solar*

$$\frac{13,5 \text{ TWh}}{0,002 \text{ TWh}} = 6750$$

– Escenario Eficiente

○ *Eólica*

$$\frac{13,6 \text{ TWh}}{0,008 \text{ TWh}} = 1700$$

○ *Solar*

$$\frac{11 \text{ TWh}}{0,002 \text{ TWh}} = 5500$$

– Escenario de Electrificación

○ *Eólica*

$$\frac{24,7 \text{ TWh}}{0,008 \text{ TWh}} = 3088$$

- **Solar**

$$\frac{16,5 \text{ TWh}}{0,002 \text{ TWh}} = 8250$$

– **Escenario de Gasificación**

- **Eólica**

$$\frac{18,3 \text{ TWh}}{0,008 \text{ TWh}} = 2288$$

- **Solar**

$$\frac{13,3 \text{ TWh}}{0,002 \text{ TWh}} = 6650$$

**2050**

**Panorama Ideal**

- **Eólica**

$$\frac{78,8 \text{ TWh}}{0,912 \text{ TWh}} = 86$$

- **Solar**

$$\frac{52,5 \text{ TWh}}{0,225 \text{ TWh}} = 233$$

**Panorama Promedio**

- **Eólica**

$$\frac{78,8 \text{ TWh}}{0,24 \text{ TWh}} = 328$$

- **Solar**

$$\frac{52,5 \text{ TWh}}{0,06 \text{ TWh}} = 875$$



## Panorama Menor

- **Eólica**

$$\frac{78,8 \text{ TWh}}{0,008 \text{ TWh}} = 9850$$

- **Solar**

$$\frac{52,5 \text{ TWh}}{0,002 \text{ TWh}} = 26250$$

## Anexo II – Cálculo de los costos.

2030

### Panorama Ideal

– Escenario Tendencial

○ Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
19	300	5.700
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	70	1.330

○ Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
60	104	6.240
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	2,2	132

– Escenario Eficiente

○ Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
15	300	4.500
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	70	1.050

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
49	104	5.096
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	2,2	107,8

- Escenario de Electrificación

- Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
27	300	8.100
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	70	1.890

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
73	104	7.592
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	2,2	160

– Escenario de Gasificación

○ Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
20	300	6.000
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	70	1.400

○ Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
59	104	6.136
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	2,2	129,8

### Panorama Promedio

– Escenario Tendencial

○ Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
73	283	20.659
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	7,85	573,05

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
225	35	7.875
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,67	150,75

- Escenario Eficiente

- Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
57	283	16.131
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	7,85	447,45

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
183	35	6.405
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,67	122,61

– Escenario de Electrificación

○ Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
103	283	29.149
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	7,85	808,55

○ Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
275	35	9.625
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,67	184,25

– Escenario de Gasificación

○ Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
76	283	21.508
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	7,85	596,6

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
222	35	7.770
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,67	148,74

### Panorama Menor

- Escenario Tendencial

- Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
2.175	20	43.500
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,75	1.631,25

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
6.750	2,3	15.525
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,06	405

– Escenario Eficiente

○ Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
1.700	20	34.000
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,75	1.275

○ Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
5.500	2,3	12.650
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,06	330

– Escenario de Electrificación

○ Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
3.088	20	61.760
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,75	2.316

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
8.250	2,3	18.975
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,06	495

- Escenario de Gasificación

- Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
2.288	20	45.760
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,75	1.716

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
6.650	2,3	15.295
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,06	399

2050

## Panorama Ideal

- Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
86	300	25.800
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	70	6.020

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
233	104	24.232
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	2,2	512,6

## Panorama Promedio

- Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
328	283	92.824
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	7,85	2.574,8

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
875	35	30.625
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,67	586,25

## Panorama Menor

- Eólica

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
9.850	20	197.000
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,75	7.387,5

- Solar

N° de instalaciones	Costo del parque modelo en millones de dólares	Costo total en millones de dólares
26.250	2,3	60.375
	Costo del parque modelo en Km <sup>2</sup>	Costo total en Km <sup>2</sup>
	0,06	1.575