
Incorporación de aerogeneradores del tipo “NRGP 82 1,5MW Clase II” a la matriz energética de Argentina

Alumna: Valentina Sánchez

Directora: Ing. Sofía Díaz Vélez

Codirectora: Ing. Esp. Florencia Castagnaro

Universidad FASTA de Mar del Plata
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Ambiental
Mar del Plata, Argentina
4 de Octubre de 2021

Resumen

El presente proyecto tiene por objeto evaluar la incidencia que tendrá la instalación de aerogeneradores NRG 82 1,5 MW clase II en la matriz energética de Argentina. La energía en el País se genera aproximadamente a base de un 68% de la quema de combustibles fósiles, lo que ocasiona una gran cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, resultando estos la causa raíz del cambio climático. De allí se desprende la necesidad de avanzar hacia un modelo sostenible como resultan ser las energías renovables.

Argentina presenta un gran potencial para aprovechar la energía eólica, sobre todo en la zona de la Patagonia. Los vientos promedio resultan ser de $9 \frac{m}{s}$ y en algunos casos superior a los 12 u $12,5 \frac{m}{s}$. Claro está que el país presenta una gran viabilidad para desarrollar este tipo de proyecto. Sin embargo, hoy en día el problema principal que presenta el Sistema Argentino de Interconexión resulta ser la poca capacidad de transmisión disponible con la que cuenta (32MW). Se evidencia así, la necesidad de ampliar esta última o descomprimir los puntos de interconexión, ya que algunos de ellos se encuentran ocupados por proyectos varados debido a múltiples factores, específicamente los económicos.

Se llevó a cabo una evaluación de la totalidad de los puntos de interconexión seleccionados como posibles candidatos para inyectar energía. Para ello se tuvo en cuenta la clase de aerogenerador a instalar, la capacidad de transmisión disponible, la disponibilidad de los vientos, la logística y la superficie del terreno. Ello permitió cuantificar efectivamente el número de aerogeneradores que se podrán incorporar a la matriz y el consecuente ahorro de emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Las localidades elegidas - correspondientes al Corredor de La Costa - resultaron ser Mar del Plata, Miramar y Balcarce.

Palabras claves

Energía Eólica – Aerogenerador NRG 82 1,5MW clase II – Matriz energética Argentina – Capacidad de transmisión – Puntos de Interconexión - Gases de Efecto Invernadero.

Contenido

Resumen.....	i
Palabras claves.....	i
Contenido.....	ii
Índice de tablas.....	iv
Índice de Figuras.....	v
Tabla de constantes.....	vi
Glosario.....	vi
I. Introducción.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
II. Marco teórico.....	2
2.1 Cambio climático.....	2
2.2 Energías renovables.....	6
2.2.1 Energía Eólica.....	7
2.3 Normativa vigente.....	10
2.4 Situación energética en Argentina.....	14
2.4.1 Sistema Argentino de Interconexión.....	21
2.4.2 Capacidad de transmisión y puntos de interconexiones disponibles en Argentina.....	23
III. Desarrollo.....	24
3.1 Descripción general de la ciudad de Castelli y de la situación actual frente a la energía eólica.....	24
3.2 Caso de estudio: Instalación del aerogenerador NRG 82 1,5MW en Cerro de la Gloria, Castelli.....	26
3.2.1 Empresas involucradas.....	26
3.2.2 Desarrollo del Proyecto.....	27
3.2.3 Descripción del aerogenerador NRG 82 1,5MW.....	32
3.3 Metodología.....	36
3.3.1 Elección de corredores en base a la clase de aerogenerador.....	36
3.3.2 Elección de los PDIs en base a la capacidad de inyección disponible a la red.....	42
3.3.3 Elección de los PDIs en base a los vientos de la Provincia de Buenos Aires.....	48
3.3.4 Elección de los PDIs conforme la distancia al lugar de fabricación (QM Equipment S.A.).....	52

3.3.5 Elección de la cantidad de aerogeneradores a instalar en los PDIs en base a la superficie disponible	53
3.3.5 Energía y cantidad de aerogeneradores que se podrían incorporar al Sistema Argentino de Interconexión	57
3.3.6 Estimación del ahorro de emisiones de GEI.....	58
3.4 Propuestas de mejora para la matriz energética actual de Argentina.....	60
IV. Conclusión	60
VI. Bibliografía.....	62
VII. Anexo.....	65

Índice de tablas

Tabla 1. Reacciones químicas de combustión. Fuente: elaboración propia.....	4
Tabla 2. PDIs del corredor de La Costa, Anexo 3.2 Informe MATER. Fuente: CAMMESA ..	38
Tabla 3. PDIs del corredor de GBA, Anexo 3.2 Informe MATER. Fuente: CAMMESA	38
Tabla 4. PDIs del corredor de Bs As, Anexo 3.2 Informe MATER. Fuente: CAMMESA	39
Tabla 5. PDIs del corredor del COMAHUE, Anexo 3.2 Informe MATER. Fuente: CAMMESA	41
Tabla 6. PDIs del corredor de La Costa seleccionados en base a la capacidad de inyección disponible a la red. Fuente: Propia.....	44
Tabla 7. PDIs del corredor de GBA seleccionados en base a la capacidad de inyección disponible a la red. Fuente: Propia.....	44
Tabla 8. PDIs del corredor de Bs As seleccionados en base a la capacidad de inyección disponible a la red. Fuente: Propia.....	46
Tabla 9. PDIs del corredor del COMAHUE seleccionados en base a la capacidad de inyección disponible a la red. Fuente: Propia	47
Figura 16. Mapa de vientos de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: En línea, disponible: https://eapcsur.com/mapa-eolico-buenos-aires/	48
Figura 17. Mapa de vientos de la Provincia de Argentina. Fuente: En línea, disponible: https://www.meteorologiaenred.com/pampero-zonda-sudestada.html	49
Figura 18. Representación gráfica del Sudeste de la provincia de Buenos Aires. Fuente: En línea, disponible: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Sudeste-de-la-provincia-de-Buenos-Aires-Datos-con-base-en-Cascardo-et-al_fig1_262753701	50
Figura 19. Estaciones transformadoras y líneas de tensión del Corredor de La Costa. Fuente: propia	50
Figura 20. Estaciones transformadoras y líneas de tensión del Corredor del COMAHUE. Fuente: propia	51
Tabla 10. PDIs del corredor de La Costa seleccionados en base a los vientos de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: Propia.....	52
Tabla 11. PDIs del corredor del COMAHUE seleccionados en base a los vientos de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: Propia	52
Tabla 12. PDIs del corredor de La Costa seleccionados en base a la distancia al lugar de fabricación. Fuente: Propia.....	53
Figura 21. Zona geográfica de la localidad de Mar del Plata en donde se podrían instalar los aerogeneradores. Fuente: propia	54
Figura 22. Representación geográfica del lugar específico que podrían ocupar los aerogeneradores en la localidad de Mar del Plata. Fuente: propia.....	55
Figura 23. Zona geográfica de la localidad de Miramar en donde se podrían instalar los aerogeneradores. Fuente: propia	55
Figura 24. Representación geográfica del lugar específico que podrían ocupar los aerogeneradores en la localidad de Miramar. Fuente: propia	56

Figura 25. Zona geográfica de la localidad de Balcarce en donde se podrían instalar los aerogeneradores. Fuente: propia.....	56
Figura 26. Representación geográfica del lugar específico que podrían ocupar los aerogeneradores en la localidad de Balcarce. Fuente: propia.....	57
Tabla 13. Representación de la “Cantidad de combustible vs Cantidad de energía generada” con la utilización de tecnología antigua. Fuente: Central Termoeléctrica 9 de Julio, Mar del Plata.....	58
Tabla 14. Representación de la “Cantidad de combustible vs Cantidad de energía generada” con la utilización de tecnología nueva. Fuente: Central Termoeléctrica 9 de Julio, Mar del Plata.....	59

Índice de Figuras

Figura 1. Representación gráfica del efecto invernadero natural y aumentado por la actividad humana. Fuente: en línea, disponible: https://www.ck12.org/book/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-tierra-grados-6-8-en-espa%C3%B1ol/section/7.13/	4
Figura 2. Representación gráfica de los cambios que se generaron en el 2020 en Argentina en cuanto a la electricidad diferenciado por fuentes. Fuente: Informe “La transición energética de Argentina produce resultados alentadores, pero corre el riesgo de detenerse tal como comenzó” Grupo de expertos independiente sobre el clima y la energía (EMBER - Coal to clean energy policy).....	15
Figura 3. Potencia instalada de energías renovables por región en MW. Fuente: “Panorama de la energía eólica en Argentina”, 2020.....	18
Figura 4. Mapa de vientos de Argentina. Fuente: en línea, disponible: http://energiasdemipais.educ.ar/fuentes-de-energia-potencial/energia-eolica/	19
Figura 5. Representación de los proyectos RenovAr en Argentina. Fuente: en línea, disponible: https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php	20
Figura 6. Representación del tendido de los cables eléctricos en Argentina. Fuente: en línea, disponible: https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php?t=1	22
Figura 7. Representación gráfica de la velocidad promedio del viento en la ciudad de Castelli. Fuente: en línea, disponible: https://es.weatherspark.com/y/29085/Clima-promedio-en-Castelli-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o	25
Figura 8. Representación gráfica de la dirección del viento en la ciudad de Castelli. Fuente: en línea, disponible: https://es.weatherspark.com/y/29085/Clima-promedio-en-Castelli-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o	25
Figura 9. Localidad de Cerro de la Gloria, Castelli. Fuente: en línea, disponible: https://unidades-territoriales.obraspublicas.gob.ar/Localities/Details/d2dd84b9-e099-4707-8685-6577700b0b83	28
Figura 10. Gráfico “velocidad del viento vs potencia entregada” del aerogenerador NRG P82 1,5MW. Fuente: NRG Patagonia S.A.....	30
Figura 11. Excavación del pozo en el predio Cerro de la Gloria. Fuente: propia.....	31
Figura 12. Jaula de pernos en el predio Cerro de la Gloria. Fuente: propia.....	31

Figura 13. Cimentación de la zapata en el predio Cerro de la Gloria. Fuente: propia.....32
 Figura 14. Buje del aerogenerador NRGP82 1,5MW. Fuente: propia.....35
 Figura 15. Góndola del aerogenerador NRGP82 1,5MW. Fuente: propia35

Tabla de unidades

Término	Unidad	Símbolo
Energía	Kilovatio-Hora	kWh
Gas Natural	Metros cúbicos	m ³
Gases de Efecto Invernadero	Toneladas de dióxido de carbono / año	tCO2/Año
Potencia	Vatio	W
Velocidad del viento	Metros/Segundos y Kilómetro/Hora	m/s y km/h
Velocidad del generador	Revoluciones por minuto	r.p.m

Tabla de constantes

Término	Valor
Factor de emisión del Gas Natural	0,182
Factor de capacidad	0,40

Glosario

Anexo MATER: Informe publicado por la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima en donde se detallan cuestiones referenciales a la energía renovable del País como son el listado de los grandes usuarios, los contratos, las líneas y estaciones transformadoras del país y su capacidad disponible, entre otras.

Alta tensión o media tensión: sistema eléctrico utilizado en las instalaciones de elevadas potencias (grandes edificios, centros comerciales, naves industriales). Los empalmes de alta tensión son trifásicos, pudiendo ser aéreos o subterráneos.

Baja tensión: sistema eléctrico utilizado en instalaciones de baja potencia (casas, pequeños locales comerciales e industriales). Los empalmes de baja tensión pueden ser monofásicos o trifásicos, aéreos o subterráneos.

Capacidad de Transmisión: es la potencia máxima que se puede transmitir a través de una línea de transmisión; tomando en cuenta restricciones técnicas de operación como: el límite térmico, caída de tensión, límite de estabilidad en estado estable, etc.

Energía: se define como la capacidad de realizar trabajo, de producir movimiento, de generar cambio. La unidad correspondiente a la energía eléctrica es el kilovatio-hora (kWh) definido como el trabajo realizado durante una hora por una máquina que tiene una potencia de un kilovatio (kW).

Estación transformadora: es una instalación formada por elementos de mando, corte, medida, regulación, transformación y protección. Su misión consiste en reducir los valores de alta tensión procedentes de las subestaciones transformadoras en valores de media tensión.

Factor de capacidad: es un indicador de rendimiento operativo obtenido por la relación entre la generación promedio y la capacidad de generación promedio disponible, durante un intervalo de tiempo especificado.

Factor de emisión: es un valor representativo que relaciona la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión del contaminante.

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Es el órgano internacional encargado de evaluar los conocimientos científicos relativos al cambio climático. Fue establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero.

GEOSADI: es un mapa web en el cual se muestra el Sistema Argentino de Interconexión Eléctrico (Estaciones transformadoras, líneas, centrales, entre otras).

Nodo: forman parte de la red de transmisión, en él se modela una inyección o un retiro físico de energía.

Programa Provincial de Incentivos a la Generación de Energía Distribuida (PROINGED): es un Instituto de la Provincia de Buenos Aires que tiene como objetivo brindar la asistencia técnica y financiera necesaria para que proyectos de generación de energía eléctrica distribuida.

Potencia: es la proporción con la que la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico por unidad de tiempo, medida en vatios (W). Este parámetro indica la cantidad de energía transferida desde una fuente a uno o varios elementos en un periodo de tiempo.

Punto de Interconexión (PDI): es el lugar de conexión posible de un proyecto. Puede ser una línea o una estación transformadora (ET) y tiene una determinada capacidad de potencia disponible para conectar y transmitir.

Subestación transformadora: Instalación compuesta por elementos de mando, corte, medida, regulación, transformación y protección. Su misión consiste en reducir los valores de muy alta tensión a valores aptos para la distribución eléctrica.

Viento sudestada: resulta un fenómeno común en la región del Río de la Plata. Consiste en una rotación de vientos fríos del sur al cuadrante del sudeste de la Provincia de Buenos Aires.

Zapata: estructura -generalmente de hormigón- que permite el anclaje seguro del aerogenerador al terreno.

I. Introducción

Desde la revolución industrial el hombre ha utilizado combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) conocidos comúnmente como “energías convencionales”, para satisfacer sus necesidades. Los aspectos negativos de los mismos resultan ser varios: por un lado, se encuentran en la naturaleza en forma limitada, por el otro, presentan una baja tasa de generación comparada con el consumo que se tiene de estas energías, y el más visible -hoy día- resulta ser la contaminación que generan en el proceso de combustión.

El petróleo, el carbón y el gas natural se han ido formando a lo largo de millones de años gracias a diferentes reacciones químicas que han sufrido los restos de seres vivos producto de su descomposición, almacenamiento y finalmente depósito en diferentes lugares de la tierra. Es por ello, que su proceso de regeneración resulta muy lento comparado con el elevado consumo que se tiene. A ello se suma el impacto ambiental negativo durante las etapas de extracción: la minería para los combustibles fósiles sólidos (carbón) y la perforación para los líquidos y gaseosos (petróleo y gas natural).

En el caso de la primera -minería- se puede observar la contaminación atmosférica producto de la actividad extractiva que libera CO₂, CO y mezcla explosiva de metano y aire, emisiones de la voladura en sí y lo propio de la actividad minera, combustión de carbón (CO_x, NO_x y Sox). (Medioambiente & Carlos)

En relación a la perforación del petróleo y gas natural, resultan ser varios los gases que se emiten a la atmósfera durante dichos procesos, fundamentalmente el CO₂ y CH₄. Recientes estudios han demostrado que si bien el CO₂ es el principal gas que contribuye con el efecto invernadero, se está registrando un gran aumento en las emisiones de CH₄ producto de esta actividad que ponen en peligro la temperatura media del planeta. Lo que ocurre es que el CH₄ fósil escapa hacia la atmósfera, ya sea de manera natural (filtración) o de manera antrópica (explotación). Este último resulta ser el caso más común. Cabe destacar que estos efectos se generan a lo largo de todo el ciclo de vida de los combustibles, es decir, desde su extracción y transporte a las centrales de generación eléctrica en las que deben ser quemados, hasta la diferente utilidad que se le da.

La liberación de los gases de efecto invernadero (GEI) ya mencionados generan un aumento de la temperatura media global del planeta, que, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) si este valor aumenta por encima de 1,5°C, se llegaría a un punto de no retorno, un colapso ecosistémico masivo. Sin perjuicio del escenario precedentemente descrito, resulta más que evidente afirmar que la energía es considerada imprescindible en el actuar cotidiano del hombre y que resulta la base de cualquier actividad, influyendo tanto en su desarrollo social como

tecnológico. De allí la necesidad de avanzar hacia un modelo sostenible y equitativo como resultan ser las energías renovables.

El presente proyecto en primer lugar describirá el impacto que genera los GEI al aumentar su concentración por encima de la permitida, luego llevará a cabo una recopilación de los tratados que abordaron dicha problemática, justificando la necesidad de incorporar energías renovables a la matriz actual, haciendo hincapié en la del tipo eólico.

En la parte del desarrollo, se tomará como caso de estudio el proyecto de instalar un aerogenerador clase NRGP 82 1,5 MW que se pretende llevar a cabo en Cerro de La Gloria, Castelli. Posteriormente se describirán sus características técnicas, se evaluará en base a la capacidad de transmisión disponible que tiene Argentina, la energía que se podría inyectar a la matriz y con ello se determinará la cantidad exacta de este tipo de aerogeneradores. Seguidamente se calculará el ahorro de emisiones de GEI y se extraerán conclusiones acerca de la incorporación de los mismos a la matriz energética actual. Finalmente se harán propuestas de mejoras al Sistema Argentino de Interconexión.

1.1 Objetivo general

Evaluar la incidencia que tendrá la instalación de aerogeneradores NRGP 82 1,5 MW clase II en la matriz energética de Argentina.

1.2 Objetivos específicos

- Describir la situación energética de Argentina.
- Describir el proyecto que se pretende llevar a cabo en Cerro de la Gloria.
- Investigar la capacidad disponible de transmisión de energía de Argentina.
- Determinar la cantidad de aerogeneradores NRGP 82 1,5 MW clase II que se podrían inyectar a la red nacional.
- Describir el impacto que generaría en la matriz energética de Argentina.
- Cuantificar el ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero.

II. Marco teórico

2.1 Cambio climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático (CMNUCC) define al mismo como *“un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana*

que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables”. (Unidas, 1992)

El incremento de determinados gases en la atmósfera son los que desencadenan en el fenómeno ya mencionado. Estos gases son conocidos como “gases de efecto invernadero” (GEI, a partir de ahora). A continuación, se dan a conocer aquellos que inciden en mayor medida:

- Dióxido de carbono (CO₂).
- Metano (CH₄).
- Óxido nitroso (N₂O).
- Hidroclorofluorocarbonos (HFC).
- Perfluorocarbonos (PFC).
- Hexafluoruro de azufre (SF₆).

La mayoría de estos gases se encuentran en la atmósfera y se producen de manera natural. Sin la presencia de ellos la temperatura de la tierra sería negativa y no existiría la vida como tal, de allí la importancia del llamado efecto invernadero natural.

Sin embargo, el aumento por encima de la concentración natural es lo que genera impactos negativos. La radiación solar ingresa al planeta en forma de onda larga, en donde, parte de ella se deposita en diferentes capas del planeta como puede ser la litósfera, hidrósfera y atmósfera. Esta radiación es reflejada y tiende a salir de la tierra en forma de onda corta (infrarrojos). Los gases ya mencionados, producto de diferentes actividades antropogénicas, tienden a acumularse en la atmósfera terrestre absorbiendo dicho calor e impidiendo así que pueda salir de la tierra, lo que conlleva a un aumento en la temperatura media global. (Instituto de Hidrología)

La siguiente imagen permite visualizar la diferencia entre el “Efecto Invernadero natural” y el “Efecto Invernadero” que comúnmente se asocia con el Cambio Climático:



Figura 1. Representación gráfica del efecto invernadero natural y aumentado por la actividad humana. Fuente: en línea, disponible: <https://www.ck12.org/book/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-tierra-grados-6-8-en-espa%C3%B1ol/section/7.13/>

La diferencia se puede observar en la cantidad de calor “reemitido”, es decir, retenido en la tierra, el que resulta claramente mayor en el efecto invernadero antropogénico y menor en relación al que se da en el de origen natural. En efecto, es en este último donde podrá el calor escapar fácilmente hacia la atmósfera.

Entre las principales causas del aumento de la temperatura media global se pueden encontrar la combustión del carbón, petróleo y gas, la tala de bosques, el desarrollo de la ganadería, la utilización de fertilizantes, entre otras. Sin embargo, muchos científicos afirman que el GEI más abundante resulta ser el CO₂ que fundamentalmente proviene de la quema de combustibles fósiles. Estos están compuestos principalmente por alcanos (metano, etano, propano y butano), por lo que al quemarse dan como resultado CO₂, H₂O y calor. Las siguientes ecuaciones permiten visualizar lo mencionado:

Nombre	Fórmula química	Combustión
Metano	CH ₄	CH ₄ + 2O ₂ → CO ₂ + 2H ₂ O + Energía
Etano	C ₂ H ₆	2C ₂ H ₆ + 7O ₂ → 4CO ₂ + 6H ₂ O + Energía
Propano	C ₃ H ₈	C ₃ H ₈ + 5O ₂ → 3CO ₂ + 4H ₂ O + Energía
Butano	C ₄ H ₁₀	2C ₄ H ₁₀ + 13O ₂ → 8CO ₂ + 10H ₂ O + Energía

Tabla 1. Reacciones químicas de combustión. Fuente: elaboración propia

La energía que proviene de la quema de combustibles fósiles se convierte en electricidad y calor en plantas eléctricas, perdiéndose gran parte de la misma, atento a la imposibilidad de almacenamiento.

El cambio climático resulta ser una problemática ya instalada desde hace tiempo. Para brindar información actualizada se tomó como referencia el sexto informe del IPCC donde se advierte la generación de olas de calor, incendios, inundaciones y sequías cada vez más severas y recurrentes. Dicha problemática se asocia con los “puntos de inflexión”, es decir, con cambios irreversibles que se podrían generar en el ecosistema si no se toman medidas a tiempo, registrándose por el momento al menos 12 de ellos. Sin embargo, profesionales de la Universidad de Oxford afirman que se considera un problema tratable, para lo cual el calentamiento global se tendría que limitar a no mucho más de lo que se registra hoy en día.

El informe expresa la realidad que está viviendo actualmente el mundo. A fines de junio del presente, se manifestaron en Canadá (Municipio de Lytton, Columbia Británica) temperaturas de aproximadamente 50°C, evidencia de una ola de calor nunca antes vista. En Groenlandia se registró el deshielo de los glaciares y en la Gran Barrera de Coral de Australia se vieron afectados los corales, presentando una especie de blanqueamiento debido a trastornos en el clima, entre tantos otros episodios que actualmente se encuentra atravesando el planeta.

Resulta importante conocer a partir de cuándo los países comenzaron a tomar conciencia de la problemática del Cambio Climático. En tal sentido, a continuación se describe de manera resumida las etapas por las que han ido transitando a nivel mundial cada uno de ellos, hasta la actualidad. A saber:

La CMNUCC entró en vigencia el 21 de marzo de 1994. En ella 197 países se comprometían a reducir y estabilizar la concentración GEI en un plazo lo suficientemente razonable para evitar el deterioro del ecosistema (Organización de las Naciones Unidas, s.f.). En 1997 se logra poner en marcha, gracias al Protocolo de Kioto, constituyendo este el primer tratado internacional con objetivos de reducción de emisiones. A partir de su vigencia, los países comienzan a tomar conciencia sobre los impactos ambientales de los GEI, con la consiguiente adhesión a nuevas leyes y políticas, donde los Estados más desarrollados e industrializados se proponían lograr dicho objetivo, entre los años 2008 y 2012 (Boix). Estas reducciones se incluían dentro del “primer periodo” en donde se establecía que debían ser de al menos un 5% por debajo de los niveles de 1990. El segundo periodo -lanzado en la Cumbre de Doha en el año 2012- modificó el plazo (1 de enero del 2013 al 31 de diciembre de 2020), asumió nuevos compromisos y llevó a cabo una nueva revisión de la lista de los GEI (Demográfico, s.f.). Sin embargo, dicha enmienda logra entrar en vigor recién el 31 de diciembre de 2020, cuando efectivamente consigue la firma de más de 144 partes (Organización de las Naciones Unidas, La Enmienda de Doha, s.f.).

En el año 2020 entró en vigencia el acuerdo de París. En él los países firmantes (incluido Argentina) se comprometen a cumplir con los objetivos de descarbonización hasta alcanzar el 0 neto para el año 2050. Además, se establece como objetivo principal mantener el calentamiento global por debajo de los 2°C. En este acuerdo, se pide a los países que esbocen y comuniquen sus acciones climáticas posteriores al año 2020, conocidas como “contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC)”. (Instituto de Relaciones Internacionales, 2015).

Resulta más que evidente que la problemática ha ido logrando trascendencia a nivel mundial (fundamentalmente a partir de 1997) y que hoy en día muchas de las inversiones

de grandes industrias se encuentran apostando a fuentes más limpias, tal el caso de las energías renovables.

2.2 Energías renovables

Se denomina energías renovables a *“aquellas fuentes energéticas basadas en la utilización del sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal, entre otras. Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles, como sucede con las energías convencionales, sino recursos capaces de renovarse ilimitadamente. Su impacto ambiental es de menor magnitud dado que además de no emplear recursos finitos, no generan contaminantes. Sus beneficios van desde la diversificación de la matriz energética del país hasta el fomento a la industria nacional; y desde el desarrollo de las economías regionales hasta el impulso al turismo”* (Ministerio de Economía, s.f.).

A continuación, se describen las fuentes y tecnologías de la energía renovable consideradas en el informe “Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático” desarrollado por el IPCC en el año 2011 (Climático, 2011):

-Bioenergía: puede obtenerse mediante diversas fuentes de biomasa: de residuos forestales, agrarios o pecuarios; una rotación rápida de plantaciones forestales; cultivos energéticos; componentes orgánicos de residuos sólidos urbanos, y otras fuentes de desechos orgánicos. Mediante diversos procesos, estos materiales pueden ser utilizados para producir de forma directa electricidad o calor, o para generar combustibles gaseosos, líquidos o sólidos.

- **Energía solar directa:** aprovecha la energía irradiada por el sol para producir electricidad mediante procesos fotovoltaicos o mediante la energía por concentración solar, generando energía térmica para usos de iluminación directa y para producir combustibles.

- **Energía geotérmica:** aprovecha la energía térmica accesible del interior de la Tierra. El calor es extraído de reservorios geotérmicos mediante pozos. Los reservorios suficientemente calientes y permeables en estado natural se denominan "reservorios hidrotérmicos", mientras que otros, cuya temperatura es suficientemente elevada pero que es necesario mejorar mediante estimulación hidráulica, se denominan "sistemas geotérmicos mejorados". Una vez en la superficie, es posible utilizar fluidos a distintas temperaturas para generar electricidad, o destinarlos directamente a aplicaciones alimentadas de energía térmica.

- **Energía hidroeléctrica:** aprovecha la energía potencial de un salto de agua, principalmente para convertir electricidad. Los proyectos de energía hidroeléctrica pueden consistir en presas con embalses, proyectos a lo largo de un río o en mitad de la corriente, y

pueden abarcar todo tipo de escalas. Los proyectos de energía hidroeléctrica explotan un recurso que varía a lo largo del tiempo. Sin embargo, la producción controlable generada en embalses por las centrales hidroeléctricas permite cubrir los picos de la demanda eléctrica, y ayuda a equilibrar otros sistemas de electricidad cuya producción de energía renovable es muy variable. La utilización de los embalses de energía hidroeléctrica refleja frecuentemente sus múltiples usos de agua potable, riego, control de crecidas y sequías, navegación, o suministro de energía, entre otros.

- **Energía oceánica:** se obtiene a partir de la energía potencial, cinética, térmica o química del agua de mar, que puede ser transformada para suministrar electricidad, energía térmica o agua potable. Es posible utilizar tecnologías muy diversas: muros de contención de la amplitud de la marea, turbinas submarinas para las corrientes de marea y oceánicas, intercambiadores de calor para la conversión de energía térmica oceánica, y una gran diversidad de dispositivos que permiten controlar la energía del oleaje y los gradientes de salinidad.

- **Energía eólica:** utiliza la energía cinética del aire en movimiento. La aplicación de mayor interés para la mitigación del cambio climático consiste en producir electricidad a partir de grandes turbinas eólicas instaladas en tierra firme o en el mar o agua dulce (aguas adentro).

El presente trabajo se enfocará en esta última clasificación -energía eólica-.

2.2.1 Energía Eólica

La energía eólica remonta sus orígenes a miles de años antes de Cristo, cuando comenzó a ser aprovechada por los antiguos egipcios en la navegación a vela por el Nilo. A medida que pasaban los años se generalizó en diferentes partes del mundo la utilización de molinos con diversas aplicaciones: molienda de todo tipo de material, principalmente cereales, preparación de pasta de papel, propulsión de los barcos, prensado de aceitunos, por mencionar alguno de sus usos. Recién en 1887 el norteamericano Charles F. Brush construyó la primera máquina considerada aerogeneradora, pudiendo años después el danés Paul Le Cour, comenzar a utilizar la energía eléctrica de los aerogeneradores para producir hidrógeno (por electrólisis) y alimentar así lámparas de gas (Instituto de Investigaciones Eléctricas Gerencia de Energías No Convencionales, 2007). Se puede afirmar así que fue en Dinamarca, a fines del siglo XIX, cuando comenzaron a instalarse los primeros aerogeneradores modernos.

Ahora bien, la energía eólica presenta ventajas y desventajas. Entre las primeras cabe mencionar que la misma es inagotable o se produce a una velocidad más rápida que su

consumo. Por otro lado, se destaca el poco mantenimiento que requieren las tecnologías asociadas a su aprovechamiento, pues si bien necesitan inspecciones con determinada periodicidad, muchas de ellas se pueden realizar en tiempo real (sensores que indican el estado del mismo mientras está funcionando) o de manera visual, sin tener que realizar reiteradas paradas. Asimismo, el costo de la turbina y su mantenimiento resultan relativamente bajos. Sin embargo, no puede desconocerse la limitación que traduce la impredecibilidad que se genera con los vientos, ello con la consecuente incapacidad de poder almacenar este tipo de energía. En efecto se deben aprovechar las ráfagas de alta magnitud en el instante en que se generan, sin poder hacer acopio de las mismas. Por otro lado, se puede mencionar el impacto visual propio de los parques eólicos, producto de la multiplicidad de torres de grandes dimensiones. A ello cabe sumar la repercusión que tienen sobre las aves, por el efecto migratorio que provocan y el obstáculo que se traduce en riesgo para estos mamíferos, por la falta de visualización de las palas.

A pesar de las desventajas expuestas, la energía eólica representa una de las fuentes más viables y elegidas en el mundo. En Argentina existe un gran potencial para su desarrollo, particularmente en la zona patagónica, serrana y costera de la provincia de Buenos Aires.

Al día de hoy los equipos que se utilizan para aprovechar la energía eólica son los siguientes:

-Molino: tal y como se mencionó en un principio su principal utilidad se da en el campo para extraer agua del subsuelo. Debido al diseño que presentan (12 a 16 palas) estos equipos no requieren gran intensidad de viento para iniciar el trabajo. Hoy en día resulta de gran aplicación en países tales como Australia, Sudáfrica, Holanda y Dinamarca (Energía, 2008).

-Aerogenerador: es un generador de electricidad activado por la acción del viento. Se basa en el principio de funcionamiento de los antiguos molinos. En este caso, la energía eólica mueve la hélice y, a través de un sistema mecánico de engranajes, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica (Giner, 2013). Pueden presentar eje vertical u horizontal, resultando estos últimos los más comunes y utilizados hoy en día. La diferencia entre ambos radica en que, en el primero de los casos, la orientación con respecto a la dirección del viento es indiferente, es decir, se va a accionar cualquiera sea su ubicación, en cambio, en el segundo esta orientación deberá ser perpendicular a la dirección predominante del viento. Cada aerogenerador está compuesto por un anemómetro y una veleta que le permite orientarse sobre la torre y girar en torno a la dirección del viento. La fuerza de este -energía cinética- hace girar las palas, las que están unidas al aerogenerador a través del buje. Este

se encuentra acoplado al llamado “eje lento”, en la medida que se aumenta la velocidad se producirá electricidad, y se transferirá por consiguiente al “eje rápido” unido al generador. El mismo transforma la energía cinética en electricidad, y la conduce por el interior de la torre hasta su base, donde se encuentra el transformador, cuyo objetivo es elevar la tensión para poder conducirla, ya sea a los parques o determinados puntos de consumo.

Estos equipos generalmente funcionan con una velocidad superior a $4 \frac{m}{s}$ lo que equivale a $15 \frac{km}{h}$ e inferior a $25 \frac{m}{s}$ ($90 \frac{km}{h}$). Ello debe ser así toda vez que, de superar este valor, se podrían producir daños en el propio equipo. La potencia máxima se registra entre los 12 y $15 \frac{m}{s}$ (40 y $55 \frac{km}{h}$) (Energía, 2008).

Existe una clasificación general de los aerogeneradores en cuanto a la velocidad de rotación. A saber:

- **Velocidad constante:** la variación de la velocidad es menor del 2%; para conseguir un mayor aprovechamiento del viento, la configuración más utilizada es la de un motor asíncrono conectado a la red eléctrica.
- **Velocidad prácticamente constante:** la variación de la velocidad es menor del 10%; son generadores asíncronos con resistencias en el rotor, de forma que permiten mayores desviaciones de deslizamiento.
- **Velocidad variable:** son los aerogeneradores con mayor presencia en el mercado, son asíncronos doblemente alimentados y generadores síncronos conectados a la red mediante un enlace de continua, en ambos casos las variaciones de velocidad obtenidas son similares. En la segunda opción se encuentran los sistemas de transmisión directa que utilizan un generador síncrono multipolos sin caja multiplicadora. El aerogenerador NRGP 82 1,5MW clase II se incluye dentro de la clasificación de velocidad variable.

Los tres modelos pueden estar conectados directamente a la red de corriente alterna (generalmente trifásica) o de manera indirecta: caso de la corriente que proviene del alternador y atraviesa una serie de dispositivos que ajustan la corriente para igualarla a la de la red. En generadores asíncronos esto ocurre de forma automática. (Aerogeneradores Modernos, s.f.)

2.3 Normativa vigente

El marco normativo constituye el pilar fundamental para el desarrollo de cualquier tipo de actividad y/o proyecto dentro de un territorio. A la hora de desarrollar el presente se debió recurrir a determinadas leyes y reglamentos de carácter nacional y provincial. A continuación, se da a conocer el marco normativo correspondiente:

Leyes nacionales:

1) Constitución Nacional

Artículo 41°: Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, InfoLEG, s.f.).

2) Ley 25.019/98: Régimen nacional de energía eólica y solar:

Artículo 1°: Declárase de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional. El Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la Nación, a través de la Secretaría de Energía promoverá la investigación y el uso de energías no convencionales o renovables.

La actividad de generación de energía eléctrica de origen eólico y solar no requiere autorización previa del Poder Ejecutivo nacional para su ejercicio

Artículo 2°: La generación de energía eléctrica de origen eólico y solar podrá ser realizada por personas físicas o jurídicas con domicilio en el país, constituidas de acuerdo a la legislación vigente (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, InfoLEG, s.f.).

3) Ley 25.675/02: Ley general del ambiente

Artículo 1°: La presente ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, InfoLEG, s.f.).

4) Ley 26.190/06: Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica

Artículo 2°: Se establece como objetivo del presente régimen lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional, en el plazo de diez (10) años a partir de la puesta en vigencia del presente régimen.

Artículo 3°: La presente ley promueve la realización de nuevas inversiones en emprendimientos de producción de energía eléctrica, a partir del uso de fuentes renovables de energía en todo el territorio nacional, entendiéndose por tales la construcción de las obras civiles, electromecánicas y de montaje, la fabricación y/o importación de componentes para su integración a equipos fabricados localmente y la explotación comercial (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, InfoLEG, s.f.).

5) Ley 27.191/15: Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica

Artículo 1°: Sustituyese el artículo 2° de la ley 26.190, “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica”, por el siguiente:

Artículo 2°: Se establece como objetivo del presente régimen lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2017.

Artículo 5°: Se establece como objetivo de la Segunda Etapa del “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica” instituido por la ley 26.190, con las modificaciones introducidas por la presente ley, lograr una contribución de las fuentes renovables de energía hasta alcanzar el veinte por ciento (20%) del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2025.

Artículo 8°: Establécese que todos los usuarios de energía eléctrica de la República Argentina deberán contribuir con el cumplimiento de los objetivos fijados en la ley 26.190, modificada por la presente, y en el Capítulo II de esta ley, del modo dispuesto en este Capítulo.

A tales efectos, cada sujeto obligado deberá alcanzar la incorporación mínima del ocho por ciento (8%) del total del consumo propio de energía eléctrica, con energía proveniente de las fuentes renovables, al 31 de diciembre de 2017, y del veinte por ciento (20%) al 31 de diciembre de 2025. El cumplimiento de estas obligaciones deberá hacerse en forma gradual, de acuerdo con el siguiente cronograma:

- 1) Al 31 de diciembre de 2017, deberán alcanzar como mínimo el ocho por ciento (8%) del total del consumo propio de energía eléctrica.
- 2) Al 31 de diciembre de 2019, deberán alcanzar como mínimo el doce por ciento (12%) del total del consumo propio de energía eléctrica.
- 3) Al 31 de diciembre de 2021, deberán alcanzar como mínimo el dieciséis por ciento (16%) del total del consumo propio de energía eléctrica.
- 4) Al 31 de diciembre de 2023, deberán alcanzar como mínimo el dieciocho por ciento (18%) del total del consumo propio de energía eléctrica.
- 5) Al 31 de diciembre de 2025, deberán alcanzar como mínimo el veinte por ciento (20%) del total del consumo propio de energía eléctrica (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, InfoLEG, s.f.).

6) Ley 27.424/17: Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública

Artículo 1°: La presente ley tiene por objeto fijar las políticas y establecer las condiciones jurídicas y contractuales para la generación de energía eléctrica de origen renovable por parte de usuarios de la red de distribución, para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red, y establecer la obligación de los prestadores del servicio público de distribución de facilitar dicha inyección, asegurando el libre acceso a la red de distribución, sin perjuicio de las facultades propias de las provincia.

Artículo 2°: Declárase 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, todo ello bajo las pautas técnicas que fije la reglamentación en línea con la planificación eléctrica federal, considerando como objetivos la eficiencia energética, la reducción de pérdidas en el sistema interconectado, la potencial reducción de costos para el sistema eléctrico en su conjunto, la protección ambiental prevista en el artículo 41 de la Constitución Nacional y la protección de

los derechos de los usuarios en cuanto a la equidad, no discriminación y libre acceso en los servicios e instalaciones de transporte y distribución de electricidad.

Artículo 5°: Todo usuario-generador tiene derecho a generar para autoconsumo energía eléctrica a partir de fuentes renovables y a inyectar sus excedentes de energía eléctrica a la red de distribución reuniendo los requisitos técnicos que establezca la reglamentación.

Artículo 8°: La conexión del equipamiento para la generación distribuida de origen renovable por parte del usuario-generador, para su autoconsumo con inyección de sus excedentes a la red, deberá contar con previa autorización. La misma será solicitada por el usuario-generador al distribuidor. El distribuidor deberá expedirse en el mismo plazo que la reglamentación local establezca para la solicitud de medidores y no podrá rechazar la solicitud si se tratare de instalación de equipos certificados. Cumplido el plazo o rechazada la solicitud, el usuario-generador podrá dirigir el reclamo al ente regulador jurisdiccional (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, InfoLEG, s.f.).

Resolución Nacional:

1) Resolución 281-E/2017: Régimen del Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable.

Artículo 6°: Con sujeción a los criterios que a tal efecto defina la Secretaría de energía eléctrica, el Organismo Encargado del Despacho (OED), publicará en su sitio web, en forma permanente y con actualización mensual, la capacidad de transporte disponible para la incorporación de energía producida por centrales de generación, cogeneración o autogeneración de fuentes renovables, consignando la información de que disponga sobre las solicitudes de acceso ingresadas y en trámite.

Artículo 8°: El Organismo Encargado del Despacho (OED) tendrá un ordenamiento de las prioridades de despacho asignables a la generación de fuentes renovables en aquellos nodos del sistema que lo requieran por limitaciones de transporte existentes en el punto de interconexión al sistema y/o por limitaciones en los corredores de transporte a los que se vincula dicho punto de interconexión.

Artículo 9°: Créase El Registro Nacional de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica de Fuentes Renovables (RENPER). En el ámbito de la Subsecretaría de Energías Renovables de la Secretaría de energía eléctrica de este Ministerio, en el que se registrarán

todos los proyectos de generación, cogeneración y autogeneración de energía eléctrica de fuente renovable que se desarrollen con conexión al Sistema Argentino de Interconexión (SADI) (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, InfoLEG, s.f.).

Leyes de la Provincia de Buenos Aires:

- 1) Ley 14.838/16:** Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de energía destinada a la producción de Energía Eléctrica

Artículo 1°: La Provincia de Buenos Aires adhiere a la Ley Nacional N° 26.190 y modificatoria Ley N° 27.191 "Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de energía destinada a la producción de Energía Eléctrica".

Artículo 2°: Serán beneficiarios de la presente Ley las personas físicas y/o jurídicas que sean titulares de las inversiones y/o concesionarios de proyectos de instalación de centrales de generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de fuentes renovables de energía con radicación en el territorio provincial, cuya producción esté destinada al Mercado Eléctrico Mayorista y/o la prestación de servicios públicos.

Artículo 14°: Invítase a los Municipios de la Provincia de Buenos Aires a adherir a la presente Ley y a brindar los beneficios impositivos que resulten necesarios a los fines de promover la producción de la energía eléctrica mediante fuentes renovables de energía (htt).

- 2) Ley 27.424/17:** Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública

Actualmente la Honorable Cámara de Diputados aprobó la adhesión parcial a la Ley Nacional N° 27.424. En caso de su aprobación total, Buenos Aires se convertirá en la décimo tercera provincia en adherir a una ley que ya cuenta con dos distribuidoras inscriptas en su territorio, como lo son la Empresa Distribuidora y Comercializadora Norte S.A. (Edenor) y la Empresa Distribuidora y Comercializadora Sur S.A. (Edesur) (Estratégica, 2021).

2.4 Situación energética en Argentina

Según un informe publicado por el EMBER (Grupo de expertos independientes sobre el clima y la energía) en marzo del presente año, el 68 % de la electricidad de Argentina se sigue generando a base de combustibles fósiles. No obstante, se observó una disminución en un 3 % entre los años 2015 y 2020, dando lugar a un aumento en la energía eólica y solar, sobre todo entre el 2018 y 2020. Sin embargo, hoy en día el gas continúa siendo el pilar fundamental de la matriz energética del país. Para brindar datos más actualizados, se procedió a analizar lo ocurrido durante el año 2020. Se observó una disminución en la demanda de energía, resultando la causa principal el COVID-19, y el aumento de exportaciones a Brasil. A la par de ello se registró un aumento en la generación de los dos tipos de energía renovables ya mencionadas -eólica y solar- no así en la del tipo hidráulico y las bioenergías (Tunbridge, 2021). El siguiente gráfico permite visualizar lo mencionado:

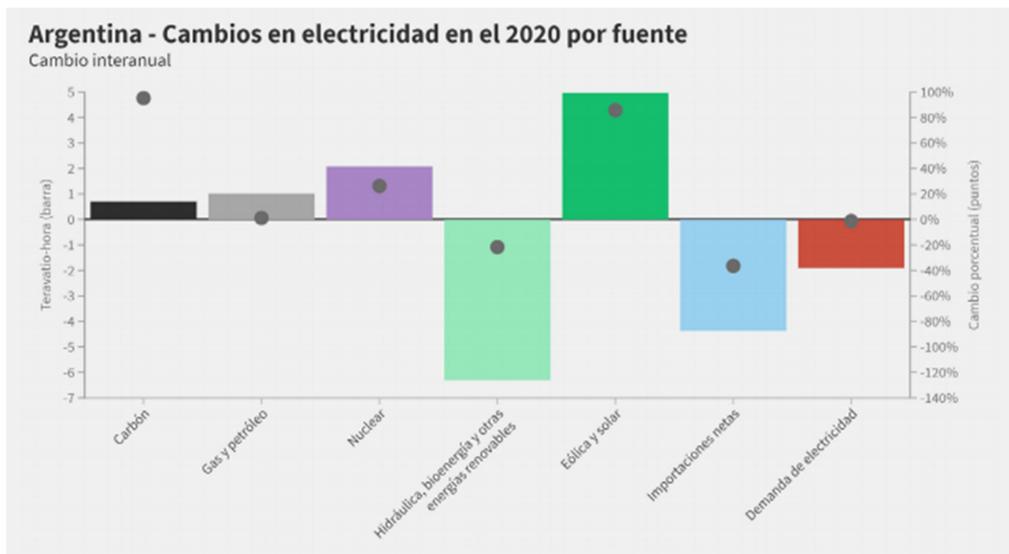


Figura 2. Representación gráfica de los cambios que se generaron en el 2020 en Argentina en cuanto a la electricidad diferenciado por fuentes. Fuente: Informe “La transición energética de Argentina produce resultados alentadores, pero corre el riesgo de detenerse tal como comenzó” Grupo de expertos independiente sobre el clima y la energía (EMBER - Coal to clean energy policy)

Los valores negativos correspondientes al eje de ordenadas, permiten visualizar los descensos referidos en cuanto a la generación de energía hidráulica, bioenergía y otros tipos de renovables, descenso en las importaciones y disminución en la demanda, por las razones ya mencionadas. Mientras que el salto significativo que registra la imagen corresponde a las energías del tipo eólico y solar. Esto permite afirmar que ambas lideran el crecimiento de las renovables, no así las bioenergías, que se encuentran frenadas fundamentalmente por disputas en precios en las licitaciones. Lo mismo ocurre en relación a los aprovechamientos hidráulicos que se encuentran afectados debido a malas condiciones

climáticas (Agricultura, Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina, 2020) .

Para plasmar en valores lo mencionado en el párrafo precedente, se puede afirmar que del total de la demanda eléctrica del país, el 9,7% fue abastecido por fuentes renovables. Este valor representó un incremento significativo en comparación al 2019 en donde ese porcentaje resultó ser del 5,9%. Este crecimiento se debió a la puesta en marcha de 39 proyectos, en 11 provincias, con una potencia instalada de 1.524 MW. Estos proyectos se registraron en (Aires G. d., 2021):

- Provincia de Buenos Aires: 9 son de tecnología eólica y 2 de biomasa
- Mendoza: 5 correspondientes a PAH y 1 es de tecnología solar
- Córdoba: 2 de biogás, 2 de tecnología eólica y 1 de biomasa
- Chubut: 4 de tecnología eólica
- Jujuy: 3 de tecnología solar
- San Luis: 3 de biogás
- Corrientes: 2 de biomasa
- La Rioja: 1 de tecnología eólica y 1 de tecnología solar
- Neuquén: 1 de tecnología eólica
- San Juan: 1 de tecnología solar
- Santa Fe: 1 de biogás

Argentina es un país dotado de equilibrados recursos energéticos, tanto renovables como no renovables, y el análisis de los balances realizados para los últimos quince años muestra que el país ha alcanzado niveles aceptables de autoabastecimiento (Agricultura, Breve panorama de la situación actual en la República Argentina, s.f.).

Los mismos se encuentran distribuidos de manera heterogénea a lo largo de toda la superficie. El sistema de información geográfico (SIG) presentado por el gobierno, permite visualizar este aspecto. En primer lugar, la generación de energía a partir de combustibles fósiles se encuentra distribuida a lo largo de todo el país de forma suficientemente homogénea, a diferencia de las centrales nucleares que se sitúan exclusivamente en Córdoba y al norte de la Provincia de Buenos Aires. De igual manera ocurre con las centrales térmicas (biomasa y biogás), las cuales además de ubicarse en las dos provincias mencionadas anteriormente, se localizan en el norte del país (Salta y Misiones). Por otra parte, las centrales hidráulicas se encuentran distribuidas en la costa oeste y en el noreste de Argentina. La energía solar se sitúa en la parte del noroeste, y la zona cuyana específicamente en San Juan, en tanto que la eólica se concentra mayormente en la costa

este de la Patagonia y sudeste de la Provincia de Buenos Aires (Secretaría de Energía, s.f.). Claro está que esta distribución se debe a la localización de los recursos, es decir, el noroeste del país y la zona de Cuyo presentan irradiaciones solares tales, que permiten generar electricidad y aprovecharla en gran medida. A diferencia de ello, el sudeste de la Provincia de Buenos Aires y más específicamente el sur del País, se presentan potencialmente aptos para la energía eólica que requiere el buen aprovechamiento de los vientos.

Según la Asociación Argentina de Energía Eólica, la dotación de recursos naturales para la generación de la misma es muy alta, ya que dispone de vientos de más de $6 \frac{m}{s}$ en el 70 % de su territorio, con una dirección y constancia tal que permiten obtener factores de capacidad del 35 % y superiores. En el caso de generación solar fotovoltaica, según el Atlas de Energía Solar de la República Argentina, más de la mitad del territorio nacional recibe una irradiación solar media anual superior a los $3,5 \frac{kwh}{m^2}$, lo que lo hace técnicamente viable para su explotación (Argentina, 2017).

El siguiente gráfico muestra la potencia instalada de cada tecnología para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables según las distintas regiones del país para el año 2019.

Gráfico 1: Potencia instalada de energías renovables por región en MW.

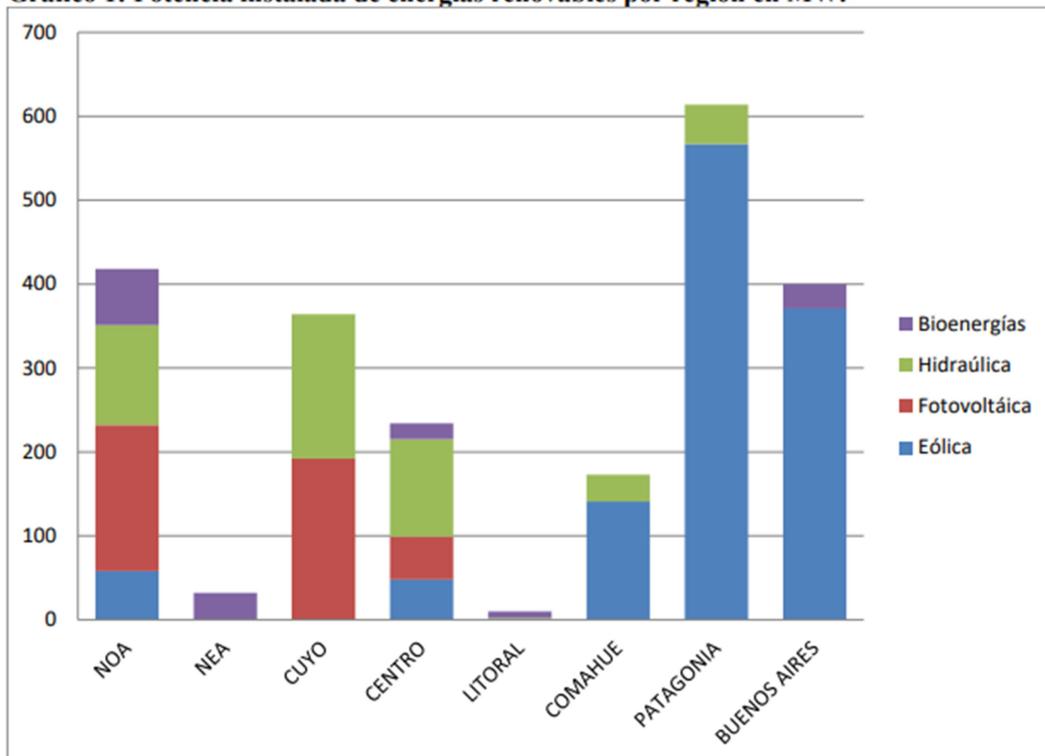


Figura 3. Potencia instalada de energías renovables por región en MW. Fuente: "Panorama de la energía eólica en Argentina", 2020

Dicho gráfico permite visualizar lo mencionado precedentemente, en cuanto a la localización de la energía en cada Provincia (Educar, s.f.).

El factor viento resulta un tanto complejo al estar influenciado por los efectos térmicos y por el giro de la tierra, que es justamente lo que produce que haya zonas más ventosas que otras. También ejercen su influencia: la presión, la topografía, el suelo, las montañas, las serranías e incluso el mar. Todas estas cuestiones contribuyen a que la mayoría de los parques eólicos instalados, se encuentren en las provincias de Chubut, Santa Cruz, Neuquén y Buenos Aires.

Hoy en día existen cuatro clases de vientos. Las clases uno y dos son las que presentan mayor importancia comercial, la clase tres se sitúa en los países más desarrollados, mientras que la del tipo cuatro, prácticamente no presenta aplicación por el momento. Dentro de la primera se destacan los vientos más fuertes, es decir, de mayor intensidad, por lo tanto, de mayor capacidad energética. Se incluye en esta clasificación la Patagonia con un promedio superior a $9 \frac{m}{s}$. Como se puede observar en el siguiente mapa en las provincias de Chubut y sobre todo en Santa Cruz los vientos alcanzan una magnitud de hasta $12-12,5 \frac{m}{s}$. En la segunda se sitúa la zona central del país, como es el caso de Buenos Aires, sur de Córdoba, norte de la Patagonia, San Luis e incluso el sur de Santa Fe. Los vientos suelen rondar entre los $7,5$ y los $9 \frac{m}{s}$. Quizá estos valores parecen insignificantes, pero hay que tener en cuenta que están definidos en función de la velocidad media anual, es decir, como si estuviesen las 24 horas de los 365 días del año soplando a tal magnitud.

A continuación, se permite visualizar el mapa de vientos de Argentina:

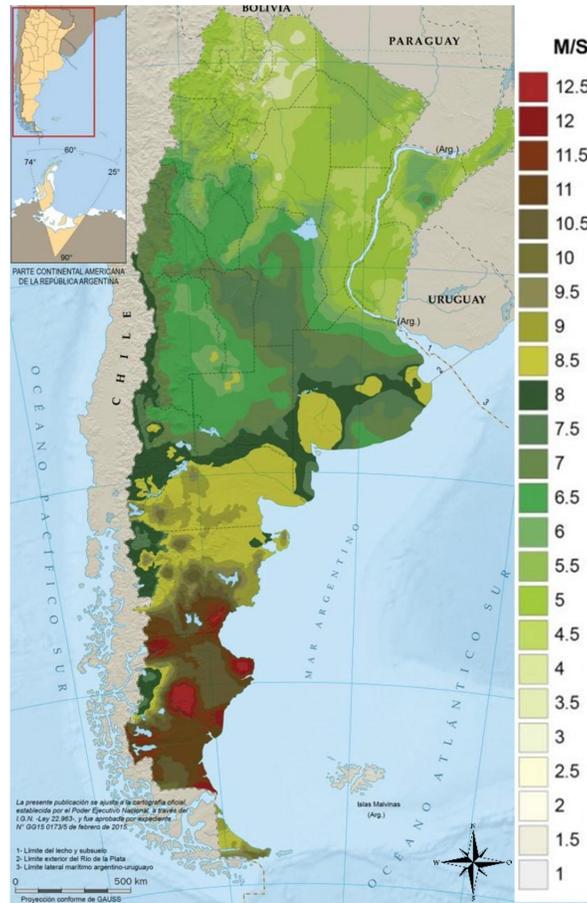


Figura 4. Mapa de vientos de Argentina. Fuente: en línea, disponible: <http://energiasdemipais.educ.ar/fuentes-de-energia-potencial/energia-eolica/>

Resulta importante aclarar que estos datos son aproximados, en la medida que no aseguran que en las zonas geográficas referidas se registren efectivamente estos vientos. Sin embargo, lo recopilado traduce un alto grado de probabilidad de aparición de los mismos.

A efectos de fomentar el uso de energías renovables en la matriz energética argentina, conforme lo prescripto por las Leyes N 26.190 y N° 27.191 y el Decreto N° 531/2016, el Gobierno decide llevar adelante este proyecto estratégico, basándose en el lanzamiento del plan RenovAr como uno de sus pilares fundamentales. En él se incluyen licitaciones públicas periódicas en las que las distintas empresas presentan sus proyectos de inversión y el precio al cual están dispuestos a vender su capacidad (Argentina, 2017).

La primera ronda del programa RenovAr (1 y 1.5) fue puesta en marcha en el año 2016, en la que se adjudicaron 59 proyectos (2.423,5 MW), en tanto que en la segunda (RenovAr 2) se vieron adjudicados 88 proyectos (2.043 MW), y en la tercera (RenovAr 3) un total de 38 proyectos (259,08 MW) (AIREC, 2019). En este último se debió limitar la potencia máxima de los proyectos a 10 MW por la falta de capacidad de inyección a la red.

Estos programas están conformados por proyectos correspondientes a energía eólica, solar fotovoltaica, biomasa, biogás y pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. La distribución de ellos se ha emitido en base a la localización -ya mencionada- de los recursos en el País. En el caso de la solar fotovoltaica se vio adjudicada principalmente en la zona Centro, Noroeste y Cuyo del país, la eólica apuntó fundamentalmente a la región sur, aunque también a la zona de San Juan, Córdoba y la Provincia de Buenos Aires. El biogás y la biomasa la región centro y noreste incluida la Provincia de Buenos Aires y por último los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos se centraron en las provincias de Río Negro, San Juan, Mendoza y Córdoba.

A continuación, se permiten visualizar los proyectos del programa RenovAr mencionados precedentemente:



Figura 5. Representación de los proyectos RenovAr en Argentina. Fuente: en línea, disponible: <https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php>

Referencias:

- Eólico
- Solar fotovoltaica
- Biomasa
- Biogás
- PAH
- Biogás de relleno sanitario

Además de los programas, han surgido proyectos de energías renovables en el marco del régimen del Mercado a Término de Energías Renovables (MaTER) establecido por la resolución 281/2017, la cual permite a los grandes usuarios (demanda de potencia igual o mayor a 300 kW) poder cumplir con los objetivos -establecidos por la Ley 27.191- de cobertura de sus consumos de energía eléctrica por contratación individual, por cogeneración o autogeneración de energía eléctrica de fuente renovable, es decir, por cuenta propia (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, InfoLEG, s.f.).

Resulta más que evidente que Argentina se encuentra encaminada hacia un modelo más sostenible. Datos actuales -Abril 2021- brindados por la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA) avalan dicha afirmación al demostrar que, de la totalidad de la demanda de energía eléctrica, el 13,2% corresponde a fuentes renovables, presidido por la eólica y en segundo lugar, la solar. Todo ello evidencia que existe un compromiso firme por lograr el 20% que establece la Ley para el año 2025.

2.4.1 Sistema Argentino de Interconexión

El Sistema Argentino de Interconexión (SADI) es una red de recolección y distribución - administrada por CAMMESA- a la que se conectan todas las centrales de generación eléctrica del país. Hasta el 2004 la Patagonia tenía su propio sistema, pero en el año 2014 finalmente se logró conectar a la red nacional, por lo que solamente Tierra del Fuego quedó fuera de esta matriz, la que hoy en día se encuentra en tratativas para incorporarse. Resultan dos los subsistemas de la red, por un lado se encuentra el Sistema de Transporte de Energía Eléctrica de Alta tensión que vincula a las regiones eléctricas y por el otro, el Sistema Troncal que une y distribuye energía dentro de la misma región. Para poder transportar la electricidad a grandes distancias, se necesita elevar la tensión para reducir la intensidad que circula por la línea y, de tal forma, prevenir las pérdidas de energía, mientras que la distribución se realiza a tensiones medias o bajas para que de esta forma llegue a los clientes o consumidores.

De acuerdo al SIG de CAMMESA en tiempo real, las líneas que conforman la matriz energética del País resultan ser de 500, 345-330, 220, 132 y 66-33 kV. Transener S.A. es la empresa encargada de transportar la energía de alta tensión en todo el sistema nacional, mientras que el resto de las empresas (Transba S.A., Transnoa S.A., Transpa S.A., Transnea S.A., Distrocuyo S.A. y COTDT Comahue) se encargan de la distribución troncal dentro de las regiones ya mencionadas.

Transener S.A. está integrada por casi 12.400 kilómetros de línea de transmisión, adicionando 6.228 kilómetros de líneas que componen la red de la Provincia de Buenos Aires (Transba S.A.). Se encarga de realizar el mantenimiento de estaciones

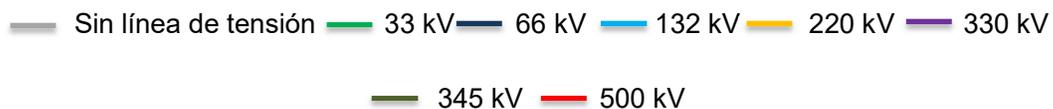
transformadoras de 500, 220 y 132 kV, tanto de sus redes como de propiedad de terceros, en todo el país (TRANSENER, s.f.). Tal y como se mencionó, opera las líneas de alta tensión que abarcan instalaciones de tensiones iguales o mayores a 220 kV hasta 500 kV. Mientras que el resto de las empresas -por distribución troncal- se focaliza en instalaciones de tensiones iguales o superiores a 132 kV y menores a 400 kV.

El siguiente mapa obtenido del SIG del Gobierno (datos brindados por CAMMESA), permite visualizar el tendido eléctrico Nacional. A saber:



Figura 6. Representación del tendido de los cables eléctricos en Argentina. Fuente: en línea, disponible: <https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php?t=1>

Referencias:



Al tener que recorrer grandes distancias, se debe elevar la tensión eléctrica (generalmente líneas de 500kV) principalmente para reducir las pérdidas en el transporte y una vez que llega a las subestaciones transformadoras reductoras, disminuirla, para que las empresas distribuidoras finalmente hagan llegar la energía a los usuarios. Resulta importante aclarar que la red de transporte está mallada, lo que significa que todos los puntos están interconectados y que, si se produce una incidencia en algún lugar, el abastecimiento está garantizado ya que la electricidad puede llegar desde otra línea. Además, la red de transporte está telecontrolada, es decir, los desperfectos se pueden detectar y aislar desde el centro de control, el cual monitorea constantemente la transformación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica (Anónima, s.f.).

Pese a lo mencionado, una de las opciones para disminuir estas pérdidas de transporte y distribución a las que está expuesto el SADI, radica en la generación de energía de manera más descentralizada, in-situ y a menor escala. Esto permite que la misma no tenga que recorrer grandes distancias, pueda al mismo tiempo descomprimir y liberar capacidad del sistema, reducir la saturación del mismo y con ello los problemas que acarrea. Además, no solo genera beneficios para la red eléctrica, sino también para los usuarios, quienes sufrirán menos interrupciones, pagarán un costo menor e incluso verán una mejora en la calidad de la energía. Esto se enmarca en el Decreto Reglamentario N° 986/2018 de la Ley N° 27.424 de Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública que, como su nombre lo indica, el objetivo principal radica en el establecimiento de las condiciones para que los “usuarios-generadores” cuenten con la posibilidad de generar energía eléctrica de origen renovable para su autoconsumo e inyectar los excedentes a la red (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, InfoLEG, s.f.).

2.4.2 Capacidad de transmisión y puntos de interconexiones disponibles en Argentina

Una de las problemáticas a las que se enfrenta actualmente la Argentina, resulta ser la limitación que presenta la capacidad de transporte eléctrico, debido principalmente a la falta de infraestructura, es decir, a la falta de obras de redes de transmisión. A ello se le suma la falta de financiamiento lo que genera que mucho de los proyectos de origen renovable (entre 14 y 16) se encuentren hoy en día frenados. Estos proyectos si bien no se encuentran ejecutados, están actualmente ocupando la capacidad de transporte del país. De acuerdo a datos brindados por el Gerente General de la Cámara Eólica Argentina (CEA), se estima que aproximadamente 1.500 MW están varados e impidiendo que otros proyectos se puedan implementar. Sus causas resultan ser varias, entre ellas se puede mencionar la pandemia (COVID-19), la cual ha detenido y paralizado varias planificaciones, por otro lado, la situación macroeconómica del país que influye notablemente a la hora de invertir en estos

proyectos e incluso la importación de tecnología y equipamientos la que está sujeta a fuerte carga impositiva que desalienta a los inversores (Cronista, 2021) .

Desde la CEA y la compañía energética GENNEIA S.A. se afirma que la Argentina se encuentra actualmente encaminada hacia el objetivo que establece la Ley N° 27.191/15 de fomentar el uso de fuentes renovables para modificar la matriz energética Argentina. Para ello resulta fundamental llevar a cabo la construcción de nuevas redes de transmisión, ya que, la última inversión se registró en la década del 90" (SE, 2021).

Para poder conocer la capacidad de transmisión disponible de inyección a la red actual de Argentina, se debió recurrir, tal y como lo establece el artículo 6° de la Resolución 281-E/2017 "Régimen del Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable", a información brindada por CAMMESA (Organismo encargado del despacho en Argentina). El Organismo publica, de manera permanente y con actualizaciones mensuales, la capacidad disponible en cada punto de interconexión (PDI) para incorporar energía producida por centrales de generación, cogeneración o autogeneración de fuentes renovables.

Para obtener tanto ese dato, se recurrió al último informe MATER que fue publicado en abril del presente año. En él se describen las capacidades disponibles en los diferentes PDI y regiones. También se pueden observar los proyectos que han solicitado prioridad de despacho sobre la capacidad de transporte, entre tantos otros datos. Resulta importante aclarar que existe la posibilidad de solicitar inclusión de un nuevo PDI con su capacidad asociada (S.A. C. A., 2021). Esta información será abordada y detallada en el apartado 3.3.

III. Desarrollo

3.1 Descripción general de la ciudad de Castelli y de la situación actual frente a la energía eólica

La ciudad de Castelli (cabecera del Partido del mismo nombre) está ubicada en el Centro Este de la Provincia de Buenos Aires. Presenta una superficie de 2100 km² y una población de 8.205 Habitantes, lo que equivale a una densidad poblacional de $3,9 \frac{Hab}{km^2}$ (Aires G. d.). Las coordenadas geográficas son: -36,089° (latitud), -57,804° (longitud). En cuanto a su topografía abunda la tierra apta para cultivo, arbustos y árboles de diferentes clases, y terrenos abiertos y llanos.

En relación a los registros de temperatura, el periodo más caluroso que se registra comprende la franja diciembre-marzo con un promedio diario de 25°C, en tanto que mayo-agosto resulta ser inferior a 16°C. Las precipitaciones resultan ser abundantes entre los meses de septiembre y abril registrándose un 25%, en tanto que en abril-septiembre la temporada resulta ser más seca, con tan solo un 16%. Otro dato a relevar, radica en la

velocidad promedio por hora de los vientos, la que presenta variaciones estacionales leves en el transcurso del año. De agosto a febrero se registra un promedio de más de $15,9 \frac{km}{h}$ mientras que el periodo febrero-agosto es de aproximadamente $14,5 \frac{km}{h}$. A continuación, se visualiza lo expuesto en relación a la última de las variables analizadas:

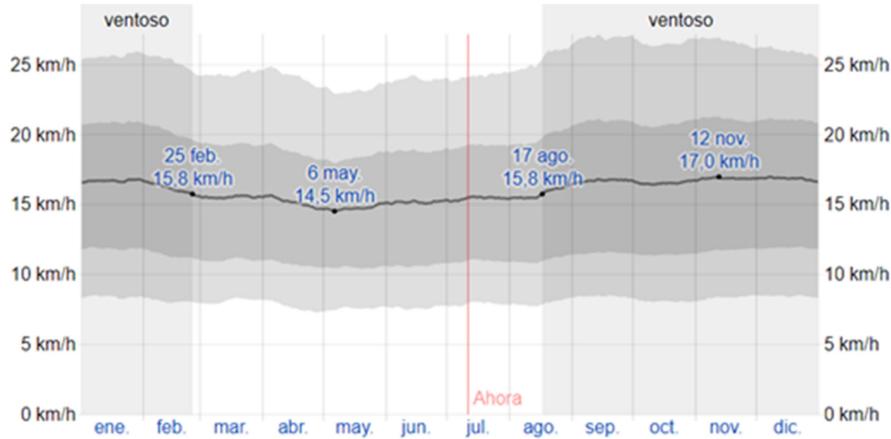


Figura 7. Representación gráfica de la velocidad promedio del viento en la ciudad de Castelli. Fuente: en línea, disponible: <https://es.weatherspark.com/y/29085/Clima-promedio-en-Castelli-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Seguidamente se visualiza el gráfico correspondiente a la dirección del viento. La mayor frecuencia proveniente del norte, se registra entre los meses de marzo a mayo y julio a septiembre, con un 31%; la correspondiente al oeste, en los meses de mayo a julio con un máximo de 34%, mientras que la del este se da en la franja de septiembre-marzo con un 36%.

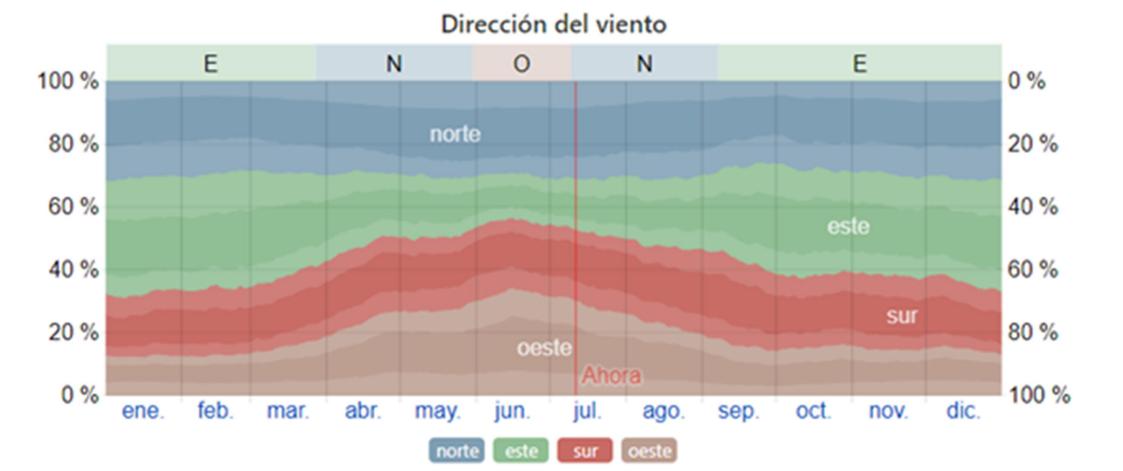


Figura 8. Representación gráfica de la dirección del viento en la ciudad de Castelli. Fuente: en línea, disponible: <https://es.weatherspark.com/y/29085/Clima-promedio-en-Castelli-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Los datos mencionados precedentemente fueron obtenidos gracias a un análisis estadístico de informes climatológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos entre los periodos de 1/01/1980 y 31/12/2016 (weatherspark, s.f.).

Las condiciones descritas precedentemente contribuyen a que Castelli se encuentre actualmente apostando al programa “Ciudad Futura”. El objetivo del mencionado apunta a que la ciudad se convierta en un distrito sustentable y que logre autoabastecimiento de energía a través de fuentes más limpias. Con esta predisposición de la ciudad el programa es llevado a cabo por la Cooperativa de Electricidad y de Consumo de Castelli Ltda (CUECCA). La empresa se encuentra encargada principalmente, de la prestación de servicios públicos tales como energía eléctrica y agua potable. Además de ello presta otro tipo de servicios sociales como la televisión por cable, provisión de electrodomésticos, internet y gas envasado (Castelli, s.f.).

Uno de los primeros proyectos que surgió fue la puesta en marcha del primer aerogenerador para el abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuente eólica en Cerro de la Gloria. Desde la ciudad existe un gran compromiso hacia el desarrollo sostenible, sobre todo en la captación de energía eólica.

3.2 Caso de estudio: Instalación del aerogenerador NRG 82 1,5MW en Cerro de la Gloria, Castelli

3.2.1 Empresas involucradas

Antes de dar a conocer el proyecto que se llevará a cabo en Cerro de La Gloria, se procederá a hacer mención de dos de los miembros que resultaron partícipes en la fabricación, ensamble y montaje del aerogenerador, a saber:

-NRG Patagonia S.A: es una empresa de Comodoro Rivadavia -Chubut- dedicada al diseño y fabricación de aerogeneradores de alta potencia. Fue establecida en el año 2006 y su objetivo principal es promover y alentar el desarrollo de la industria nacional eólica. Los servicios que presta dicha empresa abarcan todas las fases de un proyecto: *análisis preliminar del sitio, servicios de medición y captura de datos eólicos, diseño de parques, provisión y montaje de los aerogeneradores y servicios post venta de operación y mantenimiento*. Dicha empresa cuenta con 2 modelos de aerogeneradores que permiten desarrollar parques eólicos en Argentina. El modelo Clase 1 (NRGP 64) para vientos de la Patagonia, y el modelo Clase 2 (NRGP 82) para todas las demás provincias o regiones argentinas con vientos aptos para generación eólica (NRG PATAGONIA S.A., s.f.). Uno de los parques más conocidos en donde se encuentra instalado el primero de los

modelos es el “Parque Eólico Tordillo” ubicado a 40 km al oeste de Comodoro Rivadavia. El mismo pertenece a ENARSA y la Provincia de Chubut, a través de la sociedad de VIENTOS DE LA PATAGONIA I S.A. Datos brindados por la Cámara Argentina de Energías Renovables y por personal exclusivo del proyecto afirman que el mencionado parque entrega energía al SADI con un porcentaje promedio de Capacidad del 40% y que los resultados son ampliamente positivos. Actualmente se encuentra en desarrollo el segundo de los modelos (NRGP 82) (Renovables, s.f.).

-QM Equipment S.A: es una empresa de Mar del Plata -Buenos Aires- fundada en el 2004. Está encargada del diseño, construcción y comercialización de soluciones tecnológicas, eficientes e innovadoras a los sectores del gas, petróleo e industria en general. Actualmente se encuentra incursionando en el ámbito de energías renovables, participando específicamente del proceso de ensamblaje del nacelle y hub para el aerogenerador NRG Patagonia. Este constituye uno de los primeros pasos de la empresa en el rubro de las energías renovables (QM Equipment S.A., s.f.).

En relación a los proveedores que se involucraron en el proyecto, el 50% fue de origen nacional y el restante de procedencia internacional: Astillero Regnicoli SAICA, Norhidraulica, OXICORTE S.A., LM Wind Power, Bonfiglioli Transmissions Private Limited, Mita-Teknik A/S, por mencionar algunos de ellos.

No puede dejar de mencionarse la participación necesaria de la Cooperativa para concretar la propuesta.

3.2.2 Desarrollo del Proyecto

El 3 diciembre del 2018 NRG Patagonia S.A. firma de manera conjunta con la Cooperativa de Usuarios de Electricidad y de Consumo de Castelli, un acuerdo para llevar adelante un Proyecto de energía eólica. A este se llega gracias al Programa Provincial de Incentivos a la Generación de Energía Distribuida de Buenos Aires (PROINGED), el que aportó la información eólica del sitio. El instituto efectuó una serie de mediciones y contribuyó con datos de distintos puntos y regiones del país, es decir, llevó a cabo un mapeo de la Provincia de Buenos Aires. Resulta importante aclarar que en un principio no se necesita tener mediciones exactas del sitio elegido, sino que se puede efectuar una extrapolación con una confirmación y validación posterior en la realidad. Además del PROINGED cabe referenciar que, desde otro lugar, también se recibió el apoyo del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación.

El mencionado proyecto consiste en instalar un aerogenerador en la Localidad de Cerro de La Gloria, lo que permite que la ciudad de Castelli pueda autogenerar energía renovable,

abasteciendo de esta forma a la red propia de distribución eléctrica y reemplazando parcialmente las compras al SADI (Eólica, 2018). En un principio el proyecto estaba diseñado para ser finalizado en diciembre del 2019, sin embargo, obstáculos de diversa índole, a lo que se sumó el contexto de público conocimiento (COVID19) lo aplazaron para octubre del 2021 (NRG PATAGONIA S.A., s.f.).

Dicha localidad pertenece al partido de Castelli, y se encuentra ubicada en la Ruta Provincial 11 - km 190, aproximadamente a 50 km de la ciudad cabecera del Partido homónimo, a metros del Río Salado “Canal 15” y cerca de la Bahía Samborombón. A continuación, se permite observar el paraje:



Figura 9. Localidad de Cerro de la Gloria, Castelli. Fuente: en línea, disponible: <https://unidades-territoriales.obraspublicas.gob.ar/Localities/Details/d2dd84b9-e099-4707-8685-6577700b0b83>

El proyecto generó un gran impacto en la industria nacional. Se calcula que el mismo requeriría la adquisición de un 42% de componentes nacionales y el mismo porcentaje de importados. Además, se registraría un 16% de los procesos de ensamble, transporte y montaje, constituyendo así el 100% del aerogenerador a montar en sitio. A eso se suma la Obra civil y electromecánica, obteniendo como resultado un 70% de inversión productiva real en la industria nacional (Regional, 2021).

El aerogenerador está diseñado para abastecer a 1.200 hogares, y CUECCA tendrá dos opciones a elegir: podrá tomar la energía del aerogenerador como un ahorro de lo que se compra al mercado interconectado u optar por venderla en el MATER y posicionarse frente a este organismo como comprador. La posible operatoria descrita se encuentra dentro del marco regulatorio de Argentina.

A la hora de definir el presente fueron varios los factores que se tuvieron en cuenta. En primer lugar, la elección de la zona, la que necesariamente debe ser ventosa. Para la misma se recurrió a información tal, como la forma de la vegetación, ya que muchas veces la inclinación de los árboles o arbustos da indicios de los vientos del territorio. La logística fue otro de los factores relevados para definir el movimiento del equipamiento y las estructuras de grandes volúmenes, tanto en la etapa previa como posterior a la construcción, hasta llegar al montaje. La conexión eléctrica se convirtió en un dato decisivo a la hora de emprender el proyecto. La misma depende de varios factores como los recursos, tipo y precio de tecnología a emplear, y fundamentalmente el costo de la derivación de energía, ya que los equipos generalmente necesitan estar conectados. Esto necesariamente conlleva un costo extra, a lo que cabe sumar el correspondiente a la tensión en la que se va a transportar. Los acuerdos con los propietarios también jugaron un papel importante, en este caso se consensuó con la familia Uranga -dueña del paraje Cerro de La Gloria-. Por último y a los efectos de cumplir con las exigencias legales y definir la zona apta para instalar el aerogenerador, se llevaron a cabo una serie de estudios de medición de la dureza del suelo, de vientos, recolección de datos y análisis de información necesaria para elaborar el correspondiente estudio de impacto ambiental. Este trabajo fue llevado a cabo, en su mayoría, por Ingenieros pertenecientes a la Universidad Nacional de La Plata (Limitada, s.f.).

Después de haber tenido en cuenta los datos preliminares mencionados en el párrafo precedente y a fin de tomar la decisión final de instalar el aerogenerador en el sitio elegido, se recurrió a un acuerdo con el superficiario -dueño del campo- en el que se debió fijar el tiempo del convenio. Cabe aclarar que el mínimo debe ser de 20 años para asegurarse de esta forma que el aerogenerador va a poder producir energía y funcionar sin inconvenientes, con autorización previa del dueño. Finalmente se validaron todas las cuestiones antes mencionadas, siendo la más importante la variable viento. Al efecto se colocó la torre con 3 anemómetros a distintas alturas (10, 40 y 70 u 80 m) en el lapso de un año. Este último valor depende de la altura preliminar a la que se desea instalar el aerogenerador, en el caso en estudio, fue a 80 m. El mismo registra y graba cada 10 minutos los datos, corroborando los vientos correspondientes. Cabe aclarar que se debe hacer un estudio de la zona (mínimo de un año), en el que se tengan en cuenta otras fuentes para poder disminuir las diferencias e incertezas que se puedan generar producto de las deficiencias que puedan llegar a tener las palas para aprovechar energía, defecto de los instrumentos de medición, interrupciones e incluso presencia o ausencia de años calurosos. Todo ello da indicios de la imposibilidad de aprovechamiento -en su totalidad- del recurso. Sin embargo, como en la mayoría de los casos, en el presente se llevó a cabo -a través de un software de cálculo- la confección de una curva del viento con la del equipo,

para predecir cuánta energía en cada época del año podría generar. De esta forma se obtuvo una ecuación energética y se hizo el cálculo económico que tradujo en forma aproximada el precio al que se podría vender la misma y establecer -de acuerdo al tipo de financiación- la cantidad de años de recupero o devolución al inversor. Estos suelen ser de 5 a 7 años mínimo, ya que es el periodo común que requieren estos proyectos para poder pagarse.

Se pudo acceder a través del personal exclusivo de NRG Patagonia al gráfico siguiente:

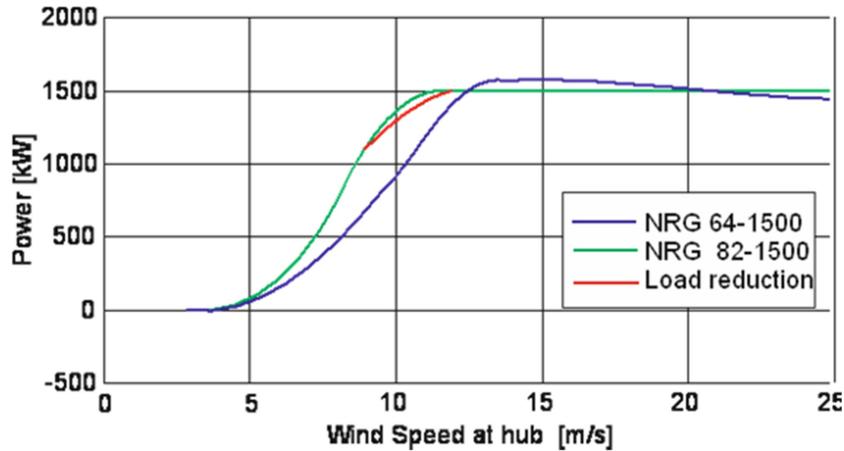


Figura 10. Gráfico "velocidad del viento vs potencia entregada" del aerogenerador NRG P82 1,5MW. Fuente: NRG Patagonia S.A.

Por cuestiones de confidencialidad el esquema precedente da una idea aproximada en relación a la potencia que efectivamente puede entregar el equipo, que es el área bajo la curva verde. Se puede observar que recién a partir de los $4 \frac{m}{s}$ comienza a generar potencia, a los $12,5 / 13 \frac{m}{s}$ se genera el máximo pico, en tanto que a partir de este valor comienza a disminuir hasta llegar a los $25 \frac{m}{s}$, momento en el que el equipo podría llegar a registrar daños.

Luego de haber evaluado la totalidad de los datos preliminares y de haberlos tenido en cuenta en la etapa de diseño, se procedió a preparar el sitio. A continuación, se permite observar el proceso desde la excavación hasta el montaje. En el trabajo de campo realizado para esta tesis se obtuvieron las siguientes imágenes que muestran parte del proceso, a la fecha.

1- Excavación:



Figura 11. Excavación del pozo en el predio Cerro de la Gloria. Fuente: propia

La excavación para la zapata generalmente resulta de 4-5 m de profundidad. Esta se realiza mediante la utilización de maquinaria pesada (retroexcavadora) y en caso de ser necesario se puede rellenar con piedra y hormigón hasta la cota que se desea (Vicente, 2016).

2- Construcción jaula de pernos:



Figura 12. Jaula de pernos en el predio Cerro de la Gloria. Fuente: propia



Figura 12. Jaula de pernos en el predio Cerro de la Gloria. Fuente: propia

Se puede visualizar en el centro la inserción de la virola y el ferrallado de la armadura superior. En ella se introduce parte del hierro a través de la virola para asegurar su unión con la losa del interior (Vicente, 2016).

3- Hormigonado:



Figura 13. Cimentación de la zapata en el predio Cerro de la Gloria. Fuente: propia

Se crea la losa de hormigón para formar la zapata de la estructura eólica. En la segunda imagen se observa que la virola, ya hormigonada por dentro y por fuera, sobresale unos cm (40/50 cm suelen ser), lo que hace que las maniobras posteriores resulten más simples (Vicente, 2016).

A la fecha no se han concretado las últimas dos etapas del proceso:

4- Relleno: es la etapa de regeneración de la plataforma con el material retirado previamente de la excavación (Vicente, 2016).

5- Montaje del aerogenerador en sitio.

3.2.3 Descripción del aerogenerador NRGP 82 1,5MW

Es de velocidad variable, desarrollado para trabajar en entornos de vientos clase IEC IIB. Según la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) esta clase se refiere a una velocidad media anual del viento máxima de $8,5 \frac{m}{s}$ (Marco A. Borja, 2009). La velocidad de viento de arranque comienza en los $4 \frac{m}{s}$ y la de corte en $25 \frac{m}{s}$.

La altura del piso hasta el centro de la nariz es de 80 m, el diámetro del rotor 82 m y la velocidad nominal del generador es de 1.500 r.p.m (S.A. N. P.).

Fue diseñado teniendo en cuenta un rango de temperatura ambiente entre los $-30^{\circ}C/-20^{\circ}C$ y los $40^{\circ}C$ aproximadamente, en un aire con una densidad de $1.228 \frac{kg}{m^3}$ y un terreno de clase IEC 61400-12-1. La metodología que propone la IEC permite llevar a cabo comparaciones entre diferentes modelos de aerogeneradores y diferentes condiciones específicas del sitio (Commission, s.f.).

Diseño mecánico:

Rotor: es el nexo entre las palas y el buje. En este caso es de 82 m, compuesto por 3 palas soportadas por un núcleo de fundición nodular de acero. Dependiendo las condiciones de viento, el sistema de pitch ajustará continuamente el ángulo de paso de las palas para maximizar la producción de energía y reducir las cargas.

Palas: están conformadas por dos paneles laminados pegados, que conforman el perfil aerodinámico. El laminado no-estructural en los paneles aerodinámicos es una construcción en sándwich, que tiene dos capas entre laminado y material base. La superficie de la pala cuenta con un recubrimiento de material resistente al clima y a los rayos UV. Además, la pala cuenta con un conductor para descarga a tierra y receptor de rayos. El largo de las mismas es de 40 m y el material es Poliéster reforzado con fibra de vidrio (material base.: Madera Balsa y espuma de PVC).

Rodamiento de las palas: son del tipo doble pista de bolas con 4 puntos de contacto, con corona interior para el accionamiento de paso de pala.

Sistema de Pitch: controla el ángulo de paso de las palas de rotor, basado en mediciones en tiempo real de diferentes parámetros operativos de la turbina, con el propósito de ajustar la potencia de salida y alcanzar la máxima eficiencia en la obtención de la potencia del viento. También actúa como principal protección de la turbina, siendo el sistema de freno primario al orientar las palas fuera de la incidencia del viento para frenar el rotor cuando el sistema de control así lo determina.

Buje (hub): es la pieza de unión entre las palas y el eje principal, y por lo tanto el transmisor de la fuerza del viento al interior de la góndola. En este caso, es del tipo esférico y se encuentra a 79.082 m de altura.

Eje principal: este soporta el rotor, transfiriendo las fuerzas de reacción al rodamiento principal y el torque a la caja multiplicadora. El eje es de acero con brida de conexión.

Portarodamiento principal: este alojamiento contiene al rodamiento principal, y transfiere las fuerzas de reacción desde este hacia el chasis principal.

Rodamiento Principal: soporta y transfiere a la estructura el peso y las fuerzas de arrastre desde el rotor.

Caja multiplicadora: transforma la rotación de baja velocidad y alto torque desde el rotor, en rotación de alta velocidad y bajo torque en el lado del generador, esta unidad es una combinación de una etapa planetaria y dos etapas helicoidales.

Acoplamiento de alta velocidad: el acoplamiento elástico transmite el torque desde el eje de alta velocidad de la caja multiplicadora hacia el eje de entrada en el generador. Este está diseñado para compensar desalineaciones entre generador y caja multiplicadora.

Sistema de frenos

Chasis principal

Chasis del generador

Sistema de Yaw: asegura que el aerogenerador estará siempre produciendo la máxima cantidad de energía, al mantener el rotor correctamente orientado en la dirección del viento. La góndola del está montada sobre este sistema, que a su vez se encuentra fijo a la torre y permite el giro relativo entre ambos sistemas.

El giro de este sistema este accionado por 4 motores reductores asíncronos con sistema de freno. El sistema de control recibe información sobre la dirección del viento de los sensores ubicados sobre la góndola para determinar la correcta posición del rotor y góndola. El sistema se desactiva automáticamente cuando la velocidad de viento se encuentra por debajo de los $3 \frac{m}{s}$.

Torre: soporta la góndola y el rotor. Es de acero y el acceso en ella es mediante escalera y ascensor.

A continuación, se permiten visualizar algunas de las imágenes obtenidas en el proceso de ensamblaje llevado a cabo en QM EQUIPMENT S.A.:



Figura 14. Buje del aerogenerador NRG P82 1,5MW. Fuente: propia

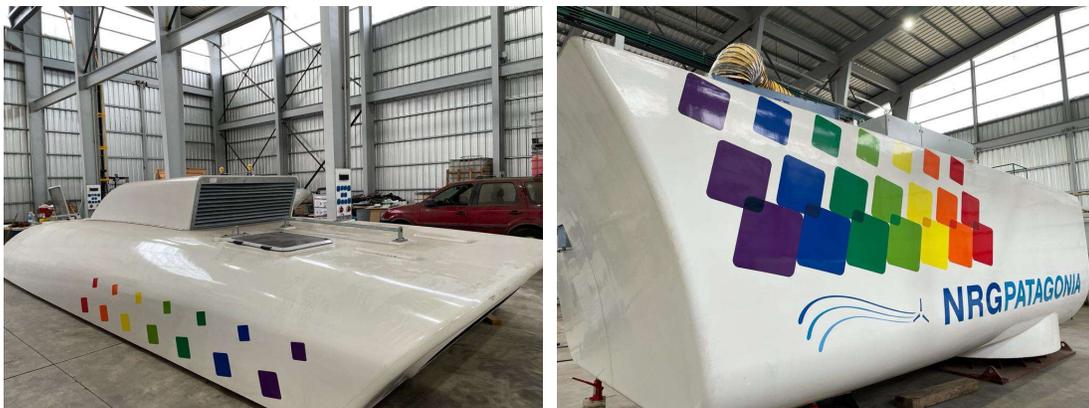


Figura 15. Góndola del aerogenerador NRG P82 1,5MW. Fuente: propia

En la primera imagen se da a conocer el núcleo de palas que es el hub, donde van insertadas las tres palas. La tarea de diseño generalmente empieza por las aspas, se define su diámetro (82 m) y la medición de cada una de ellas (41 m).

La segunda imagen corresponde a la góndola, en ella se aloja el sistema de generación que justamente es el que transmite el movimiento de las palas del rotor hacia la caja multiplicadora. Esta eleva la velocidad de rotación para llevar la potencia al generador de la máquina (1.500 r.p.m). La potencia es transformada por el sistema de control para finalmente despacharse a línea.

3.3 Metodología

En este apartado se explican en detalle los procedimientos llevados a cabo para poder seleccionar los puntos de interconexión donde se inyectará energía renovable:

- 1) Tomando como referencia el Anexo MATER (Anexo), publicado por CAMMESA en junio del presente año, se seleccionaron los corredores aptos en base al diseño de la clase de aerogenerador a instalar (NRGP82 1,5MW) para este tipo de proyecto.
- 2) Analizando el mismo Anexo referido precedentemente, se descartaron todos aquellos nodos que poseían capacidad de transmisión disponible 0.
- 3) Se recurrió al mapa de vientos de la Provincia de Buenos Aires a efectos de seleccionar los PDIs que poseían vientos de mayor intensidad. Este criterio general permitió descartar gran cantidad de PDIs. Sin embargo, se llevó a cabo un segundo nivel de análisis en donde se acotaron los mismos al sudeste de la Provincia de Buenos Aires, por la incidencia del viento sudestada. En este punto se ubicaron geográficamente todas las líneas y estaciones transformadoras (ET) en un mapa, recurriendo simultáneamente al GEOSADI -acceso libre en la página web de CAMMESA- que determina las ubicaciones de las diferentes estaciones y las líneas que conectan diferentes zonas con las tensiones correspondientes.
- 4) Se acudió a la logística como herramienta útil, atento la conveniencia del traslado de los equipos desde el lugar de fabricación (QM Equipment S.A. – Parque Industrial General Savio) hasta el de instalación.
- 5) Finalmente, con los nodos ya seleccionados y a los efectos de definir la cantidad exacta de aerogeneradores que se podrían instalar en cada uno de los puntos, se utilizó nuevamente la herramienta Google Earth. Ello permitió determinar si efectivamente los lugares seleccionados cumplían con los espacios y distancias requeridas entre sí y en relación a las construcciones cercanas.

A continuación, se explica detalladamente cada uno de los pasos.

3.3.1 Elección de corredores en base a la clase de aerogenerador

En el citado Anexo se pueden observar todos los corredores que componen la matriz energética Argentina. A saber: COMAHUE, La Costa, Patagonia, NOA (Noroeste Argentino), Centro, Cuyo, Litoral, NEA (Noreste Argentino), GBA (Gran Buenos Aires) y Bs As.

Para seleccionar los corredores, se tuvo en cuenta la ubicación geográfica de los PDIs incluidos dentro de ellos. Los mismos están limitados a la provincia de Buenos Aires toda

vez que, la clase de aerogenerador a instalar está diseñado para trabajar con el tipo de vientos que allí se registran. Por tal motivo fueron descartados los correspondientes a la Patagonia, el NOA, Centro, Cuyo, Litoral y el NEA.

Analizados los cuatro restantes: La Costa, GBA, Bs As y COMAHUE, se decidió tomar en su totalidad los tres primeros, ya que la totalidad de los PDIs cumplen, de manera general, con la especificación antes mencionada. En relación al COMAHUE, se seleccionaron solamente los que se encuentran dentro de la Provincia -desde el 1.142 que corresponde a Olavarría hasta el 1.270 que es Guillermo Brown-. A continuación, se permite visualizar lo expuesto:

Corredor	Identificación	Nombre
LA COSTA	2000	Línea 132 kV Las Armas – Madariaga
	2001	ET Pinamar
	2011	Línea 132 kV Pinamar – Mar de Ajó
	2009	ET Mar de Ajó
	2002	ET Mar del Tuyú
	2012	ET Las Toninas
	2013	ET Las Toninas
	2003	ET San Clemente del Tuyú
	2030	ET Vivotatá
	2031	Línea 132 kV Vivotatá – Mar del Plata
	2038	Línea 132 kV Vivotatá – Quequén – Necochea
	2010	ET Miramar
	2019	Línea 132 kV Miramar – Necochea
	2020	ET Necochea
	2036	Línea 132 kV Necochea – Tandil
	2035	Línea 132 kV Tandil – Balcarce
	2032	ET Balcarce
	2039	Línea 132 kV Balcarce – Vivotatá
	2037	Línea 132 kV Vivotatá – Mar del Plata
	2033	ET Balcarce
2034	Línea 33 kV Tandil – Vela	

Tabla 2. PDIs del corredor de La Costa, Anexo 3.2 Informe MATER. Fuente: CAMMESA

Corredor	Identificación	Nombre
GBA	9001	E.T. Rotonda (Alimentadores N° 26246 y N°26247)
	9002	E.T. Rotonda (Alimentador N° 26236 y N°26237)
	9010	E.T. Pantanosa
	9011	E.T. Pantanosa
	9020	E.T. Tolosa
	9021	E.T. Dique
	9030	E.T. Villa Dominico

Tabla 3. PDIs del corredor de GBA, Anexo 3.2 Informe MATER. Fuente: CAMMESA

Corredor	Identificación	Nombre
BS AS	9450	Magdalena – Verónica
	9451	E.T. Verónica
	9453	Chascomús – Verónica
	9452	Alimentador Brandsen
	9500	E.T. Pergamino
	9510	E.T. Pergamino
	9513	Capitán Sarmiento – Carmen de Areco
	9514	Alimentador Ucre 1
	9511	E.T. Roque Pérez
	9512	Roque Pérez – Establecimiento Cabaña Argentina
	7030	E.T. Rojas
	9461	Matheu – Campana III
	9462	E.T. Campana III
	9643	Campana III – Zarate
	9000	E.T. Luján I
	9454	E.T. Luján II
	9455	Mercedes – Luján
	9456	E.T. Mercedes
	9457	Chivilcoy - Mercedes
	9458	E.T. Chivilcoy
	9520	E.T. Chivilcoy
	9459	25 de Mayo – Chivilcoy
	9460	E.T. 25 de Mayo
	9521	Saladillo – General Alvear
	9522	Distribuidor 1 General Alvear
	9523	Alimentador 9 Sala 2
	9530	E.T. General Villegas

Tabla 4. PDIs del corredor de Bs As, Anexo 3.2 Informe MATER. Fuente: CAMMESA

Corredor	Identificación	Nombre
	1142	ET Olavarría 500 kV
	1133	Línea 132 kV Olavarría – Los Teros
	1166	ET Los Teros
	1167	Línea 132 kV Los Teros- Tandil
	1134	Línea 132 kV Olavarría – Barker II
	1156	ET Barker II
	1157	Línea Barker II – Barker
	1158	ET Barker
	1151	Línea 132 kV Olavarría – Henderson
	1135	ET Olavarría vieja
	1153	ET Loma Negra
	1154	ET Calera Avellaneda
	1155	Línea 132 kV Loma Negra – Olavarría
	1136	ET Olavarría 132 kV
	1137	ET Chillar
	1138	Línea 132 kV Olavarría – Chillar
	1139	Línea 132 kV Chillar – González Chaves
	1143	Línea 132 kV González Chaves – Tres Arroyos
	1141	ET González Chaves
	1140	Línea 132 kV Tornquist – Tres Picos
	1159	ET Tres Picos
	1162	Línea 132 kV Tres Picos – Bahía Blanca
	1163	ET Tornquist
	1164	Línea 132 kV Pigue – Tornquist
	1144	Línea 132 kV Guatraché – Puan
	1165	ET Puan
	1152	Línea 132 kV Puan – Pigue
	1145	ET Pigue
	1146	ET Coronel Suarez

COMAHUE	1147	ET Coronel Suarez
	1148	ET Coronel Suarez
	1149	ET Alimentador escuela 13,2 kV
	1150	ET Corti
	1160	Línea 132 kV Bahía Blanca – Monte Hermoso – Coronel Dorrego
	1161	ET Coronel Dorrego
	1170	Línea 33 kV Norte I – Tornquist
	1180	Línea 132 kV Coronel Dorrego – Tres Arroyos
	1190	ET Arenas Verdes
	1200	Línea 132 kV Bahía Blanca – P. Luro
	1210	Línea 132 kV Carmen de Patagones – Villalonga
	1211	Línea 132 kV Villalonga – P. Luro
	1212	ET Villalonga
	1220	ET Carmen de Patagones
	1230	ET Punta Alta
	1231	Línea 33 kV Cd Borgato – Cd Martínez (Pehuecó)
	1232	Línea 13,2 Kv Cooperativa La Merced
	1240	ET Chañares
	1242	Línea 132 Kv Chañares – La Castellana
	1243	ET La Castellana
	1130	ET Coronel Pringles
	1131	Línea 132 kV Coronel Pringles – Laprida
	1132	ET Laprida
	1241	Línea 132 kV Bahía Blanca – Coronel Pringles
	1250	ET Bahía Blanca 132 kV
	1260	ET Bahía Blanca 500 kV
	1270	ET Guillermo Brown

Tabla 5. PDIs del corredor del COMAHUE, Anexo 3.2 Informe MATER. Fuente: CAMMESA

3.3.2 Elección de los PDIs en base a la capacidad de inyección disponible a la red

Como ya se mencionó, CAMMESA da a conocer de manera mensual la capacidad disponible para poder inyectar energía. El último informe corresponde al mes de Abril (Informe MATER abril 2021 - Anexo Informe MATER (Actualizado al 11/06/2021)). En el excel se puede observar, por un lado, la capacidad disponible hoy día y por el otro la capacidad futura con un ingreso previsto dentro de los próximos 2 años (Anexo). Habida cuenta que lo que se plantea en el presente trabajo – instalación de aerogeneradores del tipo NRGP 82 1,5MW a la matriz- formaría parte de la incorporación de esas obras, se ha de tomar en cuenta la capacidad futura del Anexo.

En él se observan las siguientes columnas (de izquierda a derecha):

- Identificación: este constituye el número de identificación único que posee cada PDI.
- Punto de Interconexión (PDI): este incluye el nombre, es decir la descripción y el tipo, si dice “ET” se está refiriendo a las estaciones transformadoras, en cambio “-” se refiere a una línea.
- Tensión (kV): en él se visualizan los diferentes niveles de tensión de los PDI.
- Potencia máxima por PDI: es la máxima potencia que puede inyectarse en ese punto por lo que el proyecto a conectar debe ser menor o igual a esa potencia.
- Limitaciones 1 a 6: cada limitación representa una “línea o ET o corredor” de transmisión de energía. La vinculación entre PDI y limitación se refleja en forma gráfica por agrupación de celdas mediante el dibujo de sus bordes. Las limitaciones van agrupando PDI, es decir, la limitación 1 junta uno o más PDI, la limitación 2 reúne un conjunto de limitaciones 1 (o PDIs) y así hasta llegar al número 6.

Se debe considerar todo el recorrido, desde el PDI elegido hasta la limitación 6 que reúne diferentes regiones. El menor valor de capacidad de todo el recorrido definirá la máxima capacidad que se puede asignar para que el proyecto renovable en cuestión pueda inyectar energía sin limitaciones de transporte.

Del corredor de La Costa se desestimaron todos aquellos que desde la limitación 1 hasta las 6 poseían 0 en alguna de sus líneas de transporte (Anexo). A saber: Las Armas – Madariaga, Vivorata - Mar del Plata y Vivorata – Quequén – Necochea.

Del Corredor del GBA se desestimó la E.T. de Rotonda (Alimentador N° 2.646 y N° 2.647).

En lo que respecta a Bs As, la E.T. descartada fue Alimentador Ucre 1 y las líneas de Distribuidor 1 General Alvear y Alimentador 9 Sala 2.

Finalmente en relación al COMAHUE fueron dejadas de lado las líneas correspondientes a Olavarría – Los Teros, Los Teros – Tandil, Olavarría – Barker II, Barker II – Barker, Tornquist – Tres Picos, Tres Picos – Bahía Blanca, Pigue – Tornquist, Guatraché – Puan, Puan – Pigue, Bahía Blanca – Monte Hermoso – Coronel Dorrego, Norte I – Tronsquist, Coronel Dorrego – Tres Arroyos, Bahía Blanca – P. Luro, Carmen de Patagones – Villalonga, Villalonga – P. Luro, Cd Borgato – Cd Martínez (Pehucó), Chañares – La Castellana, Coronel Pringles - Laprida y Bahía Blanca – Coronel Pringles. Las ET desestimadas fueron las correspondientes a Los Teros, Barker II, Barker, Tres Picos, Tornquist, Puan, Pigue, Coronel Suarez (1146, 1147 y 1148), Alimentador escuela, Corti, Coronel Dorrego, Arenas Verdes, Villalonga, Carmen de Patagones, Punta Alta, Cooperativa La Merced, Chañares, La Castellana, Coronel Pringles, Laprida y Bahía Blanca (1250).

En resumen, los PDIs disponibles con sus respectivas potencias resultan ser los siguientes:

Corredor	Identificación	Punto de Interconexión (PDI)		Tensión [Kv]	Potencia máxima en PDI [MW]
		Nombre	Tipo		
	2001	Pinamar	E.T	132	100
	2011	Línea 132 kV Pinamar – Mar de Ajó	-	132	100
	2009	Mar de Ajó	E.T	132	100
	2002	Mar del Tuyú	E.T	132	100
	2012	Las Toninas	E.T	132	100
	2013	Las Toninas	E.T	33	20
	2003	San Clemente del Tuyú	E.T	132	100
	2010	Miramar	E.T	132	50
	2019	Línea 132 kV Miramar – Necochea	-	132	50

LA COSTA	2020	Necochea	E.T.	132	110
	2036	Línea 132 kV Necochea – Tandil	-	132	140
	2035	Línea 132 kV Tandil – Balcarce	-	132	130
	2032	ET Balcarce	E.T.	132	220
	2039	Línea 132 Kv Balcarce – Vivotatá	-	132	180
	2037	Vivotatá – Mar del Plata	-	132	180
	2033	ET Balcarce	E.T.	33	25
	2034	Línea 33 kV Tandil – Vela	-	33	12

Tabla 6. PDIs del corredor de La Costa seleccionados en base a la capacidad de inyección disponible a la red. Fuente: Propia

Corredor	Identificación	Punto de Interconexión (PDI)		Tensión [Kv]	Potencia máxima en PDI [MW]
		Nombre	Tipo		
GBA	9002	Rotonda (Alimentador N° 23236 y N° 26237)	E.T.	13,2	4
	9010	Pantanosa	E.T.	132	240
	9011	Pantanosa	E.T.	13,2	15
	9020	Tolosa	E.T.	132	240
	9021	Dique	E.T.	33	5
	9030	Villa Dominico	E.T.	132	150

Tabla 7. PDIs del corredor de GBA seleccionados en base a la capacidad de inyección disponible a la red. Fuente: Propia

Corredor	Identificación	Punto de Interconexión (PDI)		Tensión [Kv]	Potencia máxima en PDI [MW]
		Nombre	Tipo		
BS AS	9450	Magdalena – Verónica	-	132	80
	9451	Verónica	E.T.	132	80
	9453	Chascomús – Verónica	-	132	90
	9452	Alimentador Brandsen	-	33	15
	9500	Pergamino	E.T.	132	98
	9510	Pergamino	E.T.	66	30
	9513	Capitán Sarmiento – Carmen de Areco	-	33	1
	9511	Roque Perez	E.T.	33	9
	9512	Roque Peréz – Establecimiento Cabaña Argentina	-	13,2	2
	7030	Rojas	E.T.	132	143
	9461	Matheu – Campana III	-	132	150
	9462	Campana III	E.T.	132	150
	9463	Campana III – Zárate	-	132	150
	9000	Luján I	E.T.	132	150
	9454	Luján II	E.T.	132	90
	9455	Mercedes – Luján	-	132	130

	9456	Mercedes	E.T.	132	150
	9457	Chivilcoy – Mercedes	-	132	110
	9458	Chivilcoy	E.T.	132	200
	9520	Chivilcoy	E.T.	33	40
	9459	25 de Mayo – Chivilcoy	-	132	160
	9460	25 de Mayo	E.T.	132	200
	9521	Saladillo – General Alvear	-	33	2
	9530	General Villegas	E.T.	33	3

Tabla 8. PDIs del corredor de Bs As seleccionados en base a la capacidad de inyección disponible a la red. Fuente: Propia

Corredor	Identificación	Punto de Interconexión (PDI)		Tensión [Kv]	Potencia máxima en PDI [MW]
		Nombre	Tipo		
COMAHUE	1142	Olavarría	E.T.	500	300
	1151	Línea 132 kV Olavarría – Henderson	-	132	200
	1135	Olavarría vieja	E.T.	132	150
	1153	Loma Negra	E.T.	132	150
	1154	Calera Avellaneda	E.T.	132	150
	1155	Loma Negra – Olavarría	-	132	130
	1136	Olavarría	E.T.	132	200
	1137	Chillar	E.T.	132	170
	1138	Línea 132 kV Olavarría - Chillar	-	132	120
	1139	Línea 132 kV Chillar – Gonzales Chaves	-	132	170
	1143	Línea 132 kV Gonzáles Chaves – Tres Arroyos	-	132	170
	1141	Gonzales Chaves	E.T	132	200
	1260	Bahía Blanca 500 kV	E.T.	500	500
	1270	Guillermo Brown	E.T.	500	500

Tabla 9. PDIs del corredor del COMAHUE seleccionados en base a la capacidad de inyección disponible a la red. Fuente: Propia

3.3.3 Elección de los PDIs en base a los vientos de la Provincia de Buenos Aires

Como ya se mencionó a lo largo del trabajo, la provincia de Buenos Aires presenta vientos de clase II, entre los $7,5 \frac{m}{s}$ y en algunos casos los $9 \frac{m}{s}$.

El mapa de vientos correspondiente es el siguiente:

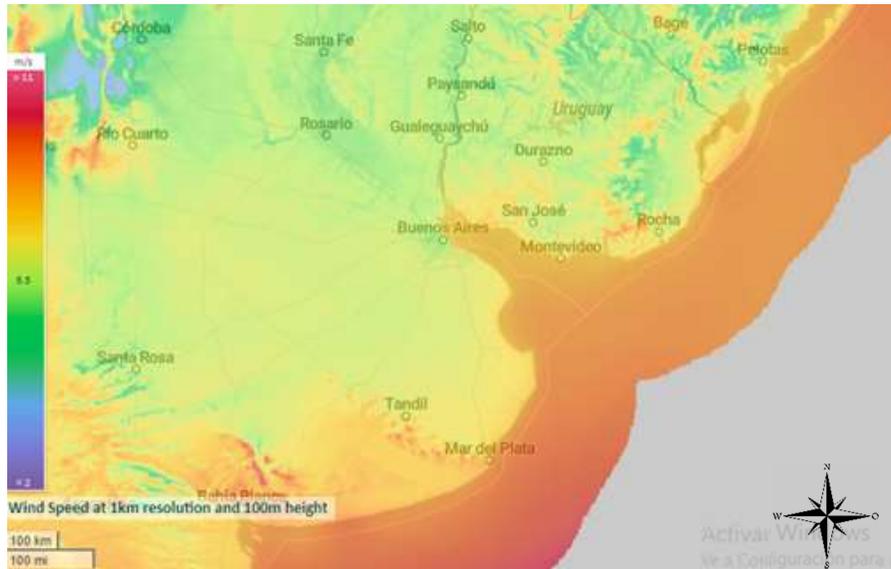


Figura 16. Mapa de vientos de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: En línea, disponible: <https://eapcsur.com/mapa-eolico-buenos-aires/>

Del mismo se obtiene como conclusión que desde Mar del Plata y Tandil hacia el sur de la provincia, en dirección a la Patagonia, los vientos aumentan en magnitud de velocidad. La zona costera -tal el caso de Pinamar, Miramar, San Clemente del Tuyú y otras localidades aledañas - también resulta apta a los efectos de un buen aprovechamiento del recurso eólico. Se redujo el análisis de selección debido a la poca capacidad de transporte que presenta hoy día la matriz, ello sin perjuicio que el resto de la provincia también ofrece viabilidad para llevar a cabo este tipo de proyecto. Gráficamente se puede observar que la totalidad de la superficie presenta un color homogéneo (verde claro / amarillo) lo que indica que en general la velocidad de los vientos oscila entre 7 y $7,5 \frac{m}{s}$.

De esta manera se llevó a cabo un primer filtro por el que se descartaron los corredores de GBA y Bs As, por situarse en la parte centro y norte de la Provincia.

Seguidamente y con ayuda del Google Earth, se localizaron en el mapa los PDIs restantes para evaluar su ubicación y desestimar a todos aquellos que no forman parte del sudeste bonaerense. Esta zona se tomó como referencia toda vez que la misma resulta afectada por

el viento sudestada. Este se caracteriza por presentar vientos regulares intensos (hasta $9,5 \frac{m}{s}$), resultando así una de las zonas más aptas para tal fin. (García, 2011)

A continuación, se permite visualizar la localización del viento sudestada y la zona seleccionada para este tipo de proyecto -sudeste de la Provincia de Buenos Aires-:



Figura 17. Mapa de vientos de la Provincia de Argentina. Fuente: En línea, disponible: <https://www.meteorologiaenred.com/pampero-zonda-sudestada.html>

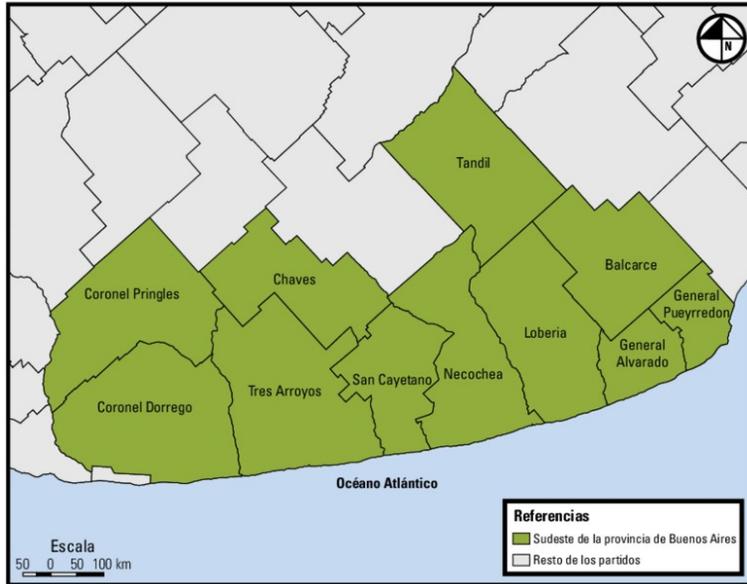


Figura 18. Representación gráfica del Sudeste de la provincia de Buenos Aires. Fuente: En línea, disponible: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Sudeste-de-la-provincia-de-Buenos-Aires-Datos-con-base-en-Cascardo-et-al_fig1_262753701

Con la información relevada se localizaron los PDIs restantes (La Costa y COMAHUE) en Google Earth:



Figura 19. Estaciones transformadoras y líneas de tensión del Corredor de La Costa. Fuente: propia

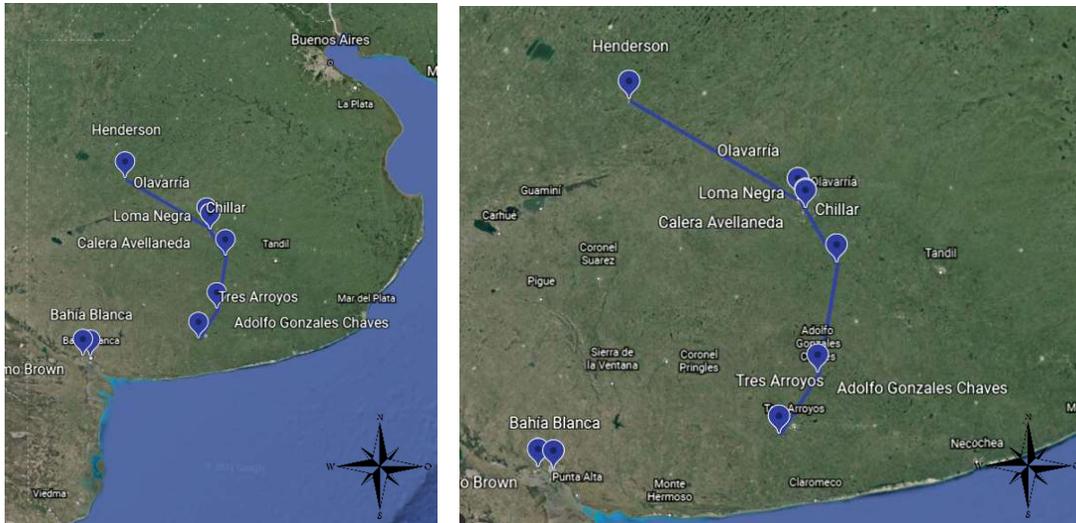


Figura 20. Estaciones transformadoras y líneas de tensión del Corredor del COMAHUE. Fuente: propia

De esta forma se descartaron todos aquellos que no pertenecen al sudeste de la Provincia: De La costa se desestimaron las E.T. de Pinamar, Mar de Ajó, Mar del Tuyú, Las Toninas (2012 y 2013), San Clemente del Tuyú y Vivotatá. La línea descartada fue la correspondiente a Pinamar – Mar de Ajó.

Del COMAHUE se descartaron las E.T. de Olavarría (1142 y 1136), Olavarría vieja, Loma Negra, Calera Avellaneda, Chillar, Bahía Blanca y Guillermo Brown y las líneas de Olavarría – Henderson, Loma Negra – Olavarría, y Olavarría– Chillar.

Se aclara que, aplicando el criterio referido, se descartaron algunas localidades en su totalidad, pero no necesariamente las líneas de tensión con origen en las mismas hacia otros puntos, que si reunían las condiciones necesarias. Tal es el caso de Vivotatá que fue desestimada y sin embargo se mantuvo interés en la línea Balcarce - Vivotata.

En base a la depuración efectuada quedan en pie los siguientes PDIs:

Corredor	Identificación	Punto de Interconexión (PDI)		Tensión [Kv]	Potencia máxima en PDI [MW]
		Nombre	Tipo		
	2010	Miramar	E.T.	132	50
	2019	Línea 132 kV Miramar – Necochea	-	132	50

LA COSTA	2020	Necochea	E.T.	132	110
	2036	Línea 132 kV Necochea – Tandil	-	132	140
	2035	Línea 132 kV Tandil – Balcarce	-	132	130
	2032	ET Balcarce	E.T.	132	220
	2039	Línea 132 Kv Balcarce - Vivotará	-	132	180
	2037	Vivotará – Mar del Plata	-	132	180
	2033	ET Balcarce	E.T.	33	25
	2034	Línea 33 kV Tandil – Vela	-	33	12

Tabla 10. PDIs del corredor de La Costa seleccionados en base a los vientos de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: Propia

Corredor	Identificación	Punto de Interconexión (PDI)		Tensión [Kv]	Potencia máxima en PDI [MW]
		Nombre	Tipo		
COMAHUE	1139	Línea 132 kV Chillar – Gonzales Chaves	-	132	170
	1143	Línea 132 kV Gonzáles Chaves – Tres Arroyos	-	132	170
	1141	Gonzales Chaves	E.T.	132	200

Tabla 11. PDIs del corredor del COMAHUE seleccionados en base a los vientos de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: Propia

3.3.4 Elección de los PDIs conforme la distancia al lugar de fabricación (QM Equipment S.A.)

En este apartado se tomó en cuenta la distancia desde el lugar de fabricación del aerogenerador hasta el de instalación. En efecto se están trasladando equipos complejos de varias toneladas como son la góndola, el hub, las aspas -a modo de ejemplo-, lo que

necesariamente obliga a considerar variables tales como el tiempo, los costos económicos y el cuidado del medio ambiente. A mayor distancia desde el sitio de fabricación -QM Equipment S.A. Parque Industrial General Savio- al lugar de destino, mayor demanda de tiempo, aumento de costos económicos y consecuentemente mayor emisión de GEI a la atmósfera.

De esta forma fueron descartados del Corredor de La Costa las E.T. de Necochea y Tandil y la línea de Tandil - Vela, mientras que del COMAHUE la totalidad de ellos fueron desestimados.

Los PDIs restantes son:

Corredor	Identificación	Punto de Interconexión (PDI)		Tensión [Kv]	Potencia máxima en PDI [MW]
		Nombre	Tipo		
LA COSTA	2010	Miramar	E.T.	132	50
	2019	Línea 132 kV Miramar – Necochea	-	132	50
	2035	Línea 132 kV Tandil – Balcarce	-	132	130
	2032	ET Balcarce	E.T.	132	220
	2039	Línea 132 Kv Balcarce - Vivotatá	-	132	180
	2037	Vivotatá – Mar del Plata	-	132	180
	2033	ET Balcarce	E.T.	33	25

Tabla 12. PDIs del corredor de La Costa seleccionados en base a la distancia al lugar de fabricación. Fuente: Propia

3.3.5 Elección de la cantidad de aerogeneradores a instalar en los PDIs en base a la superficie disponible

Previo a definir la superficie, se verificó que la potencia máxima con la que se podría contar para inyectar energía eólica resulta ser de 32 MW (Limitación 6 correspondiente a Exportación COMAHUE – Patagonia – Provincia de Buenos Aires) que resulta ser la mínima potencia de todos los PDIs. Se aclara que en relación a la ET Balcarce se optó por tomar la

número 2.032 que reúne las condiciones mencionadas toda vez que la número 2.033 presenta un máximo de 25MW. En conclusión, el total de aerogeneradores a instalar serán 21. ($\frac{32MW}{1,5MW} = 21$ Aerogeneradores)

La distancia entre aerogeneradores constituye el último filtro a realizar para seleccionar la cantidad que se pueden instalar en cada PDIs. La superficie necesaria depende de la disposición del terreno y de la inexistencia de interferencias cercanas. En este caso se planteó la idea de instalarlos en línea, por tal motivo la distancia mínima entre ellos debe ser 3 veces el diámetro del rotor del aerogenerador ($82\text{ m} * 3 = 246\text{ m}$) y 2 veces el diámetro del mismo ($82\text{ m} * 2 = 164\text{ m}$) con respecto a las construcciones cercanas. En base a estos datos se procedió a ubicar los PDIs en Google Earth para verificar lo expuesto.

Cabe aclarar que, a la hora de establecer la cantidad, y verificando que las tres zonas cumplen con lugares aptos, se priorizó Mar del Plata por encontrarse justamente en el lugar de fabricación, seguidamente Miramar y por último Balcarce.

Los resultados fueron los siguientes:

1) Mar del Plata:

La zona elegida fue la siguiente:

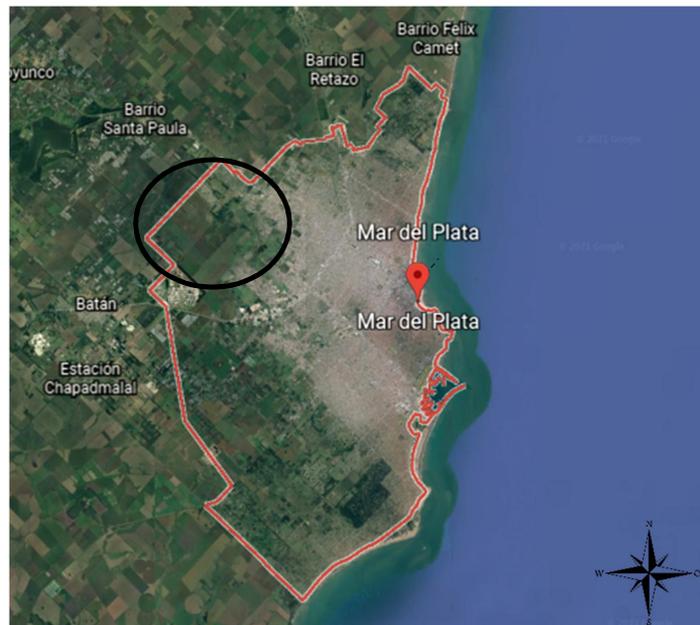


Figura 21. Zona geográfica de la localidad de Mar del Plata en donde se podrían instalar los aerogeneradores. Fuente: propia



Figura 22. Representación geográfica del lugar específico que podrían ocupar los aerogeneradores en la localidad de Mar del Plata. Fuente: propia

El trazado amarillo representa una distancia de 2.847 m, que respetando los 246 m entre cada aerogenerador equivale aproximadamente a 11. Además de ello presenta una distancia superior a 164 m con respecto a las construcciones.

2) Miramar:

La zona elegida fue la siguiente:



Figura 23. Zona geográfica de la localidad de Miramar en donde se podrían instalar los aerogeneradores. Fuente: propia



Figura 24. Representación geográfica del lugar específico que podrían ocupar los aerogeneradores en la localidad de Miramar.
Fuente: propia

La distancia total es de 1.900 m aproximadamente, por lo que respetando la distancia entre ellos -246 m- se podrían instalar una cantidad de 7. Además, la distancia a las construcciones cercanas y los alrededores resulta ser superior a los 164 m.

3) Balcarce:

La zona elegida fue la siguiente:



Figura 25. Zona geográfica de la localidad de Balcarce en donde se podrían instalar los aerogeneradores. Fuente: propia



Figura 26. Representación geográfica del lugar específico que podrían ocupar los aerogeneradores en la localidad de Balcarce. Fuente: propia

La distancia total es de 805 m aproximadamente por lo que, respetando la distancia entre ellos de 246 m, se podrían instalar una cantidad de 3. Además, se tuvieron en cuenta los 164 m que se deben respetar con respecto a las construcciones cercanas y los alrededores.

3.3.5 Energía y cantidad de aerogeneradores que se podrían incorporar al Sistema Argentino de Interconexión

En conclusión, se podrían instalar 21 aerogeneradores de la clase NRGP 82 1,5MW lo que equivale a una potencia de 31,5MW.

La ubicación de ellos, si los estudios pertinentes determinan su viabilidad, resultaría la siguiente:

- Mar del Plata: 11 aerogeneradores, lo que equivale a 16,5MW.
- Miramar: 7 aerogeneradores, lo que equivale a 10,5MW.
- Balcarce: 3 aerogeneradores, lo que equivale a 4,5MW.

Mar del Plata podría abastecer la línea Vivotatá – Mar del Plata. Miramar tanto a su ET como la línea de 132 kV de Miramar-Necochea y Balcarce a su ET o a las líneas que comparte con Tandil o Vivotatá.

Para obtener la cantidad de energía anual que efectivamente se podría inyectar a la matriz energética, se procedió a realizar el siguiente cálculo:

$$31,5 \text{ MW} * 365 \text{ días} * \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ día}} * 0,4 = 110.376 \text{ MWh}$$

Resulta importante aclarar que el valor 0,4 corresponde al factor de capacidad ya mencionado en el glosario.

Se podrían abastecer así 110.376 MWh en el plazo de un año.

3.3.6 Estimación del ahorro de emisiones de GEI

En este apartado se procedió a estimar la cantidad de GEI que se emitirían en caso de generar la cantidad de energía antes mencionada a base de combustibles fósiles.

Teniendo en cuenta que la matriz energética se compone fundamentalmente a base de gas, petróleo y carbón, resultando el primero de ellos el más común y utilizado hoy en día, se decidió consultar a la Central 9 de Julio ubicada en la Ciudad de Mar del Plata, la cantidad real de gas que se consume para obtener determinada cantidad de energía. Este dato fue actualizado y brindado por la empresa, en agosto del presente año.

A continuación, se presentan dos escenarios. El primero hace referencia al consumo de combustible con tecnología antigua y el segundo con tecnología nueva. A saber:

Escenario 1

Generación [MWh]	Consumo GO [m3]	Consumo GN [m3]
20	9,2	8.600
1 (teórico)	0,46	430

Tabla 13. Representación de la "Cantidad de combustible vs Cantidad de energía generada" con la utilización de tecnología antigua. Fuente: Central Termoeléctrica 9 de Julio, Mar del Plata

La primera columna del cuadro corresponde a la energía obtenida, la segunda al consumo de gasoil para generar esa energía y la tercera refiere el consumo de gas natural.

Se tomó como referencia al gas natural y se llevó a cabo el siguiente cálculo:

$$\frac{110.376 \text{ MWh}}{\text{Año}} * \frac{8.600 \text{ m}^3 \text{ GN}}{20 \text{ MWh}} = \frac{47.461.680 \text{ m}^3 \text{ GN}}{\text{Año}}$$

Es decir, anualmente y utilizando tecnología antigua se necesitarían 47.461.680 m³ de Gas Natural para generar 110.376 MWh.

Escenario 2

Generación [MWh]	Consumo GO [m3]	Consumo GN [m3]
45	12,5	11.500
1 (teórico)	0,28	256

Tabla 14. Representación de la "Cantidad de combustible vs Cantidad de energía generada" con la utilización de tecnología nueva. Fuente: Central Termoeléctrica 9 de Julio, Mar del Plata

El cálculo resultaría:

$$\frac{110.376 \text{ MWh}}{\text{Año}} * \frac{11.500 \text{ m}^3 \text{ GN}}{45 \text{ MWh}} = \frac{28.207.200 \text{ m}^3 \text{ GN}}{\text{Año}}$$

Anualmente, con tecnología más eficiente, se necesitarían 28.207.200 m³ de Gas Natural para generar 110.376 MWh.

Una vez obtenidos estos valores se llevó a cabo su equivalencia en GEI, es decir se hizo el cálculo de la huella de carbono. Para ello se procedió a multiplicar el consumo de combustibles fósiles por el factor de emisión necesario para obtener la cantidad de CO₂ - medida universal en la que se miden los GEI- y ver así el impacto que generan en el cambio climático.

Huella de Carbono = Consumo de la actividad x Factor de emisión

El factor de emisión de la red elegido fue el publicado por la Secretaría de Energía - Gobierno de la Nación- 2019, cuyo valor resulta ser:

$$\frac{0,428 \text{ tCO}_2\text{eq}}{\text{MWh}}$$

Escenario 1

$$\frac{47.461.680 \text{ m}^3 \text{ GN}}{\text{Año}} * \frac{0,428 \text{ tCO}_2}{1 \text{ MWh}} * \frac{0,00233 \text{ MWh}}{1 \text{ m}^3 \text{ GN}} = \frac{47.330,69 \text{ tCO}_2\text{eq}}{\text{Año}}$$

Se emitirían así 47.330,69 tCO₂eq por año si se utilizara como fuente gas natural con tecnología antigua.

Escenario 2

$$\frac{28.207.200 \text{ m}^3 \text{ GN}}{\text{Año}} * \frac{0,428 \text{ tCO}_2}{1 \text{ MWh}} * \frac{0,00391 \text{ MWh}}{1 \text{ m}^3 \text{ GN}} = \frac{47.204,19 \text{ tCO}_2\text{eq}}{\text{Año}}$$

En este caso, se emitirían 47.204,19 tCO₂eq por año si se utilizara como fuente gas natural con tecnología nueva.

Queda demostrado que al abastecer los 110.376 MWh de energía con fuentes renovables, se estaría dejando de emitir una gran cantidad de CO₂ a la atmósfera. No obstante, la ventaja que traduce la nueva tecnología, subsiste aún -en ambos escenarios- la influencia negativa que tienen los GEI en el cambio climático.

3.4 Propuestas de mejora para la matriz energética actual de Argentina

1) Ampliar la capacidad de transporte en Argentina. Se observó a lo largo de la investigación que, si bien el país cuenta con un gran potencial en referencia a las energías renovables, gracias a la gran cantidad y variabilidad de recursos naturales que ofrece, sumado a la superficie disponible para hacerlo, no se está aprovechando como debiera dicha posibilidad. El problema radica en la poca disponibilidad de transporte que existe hoy día. Es decir, la mayoría de los PDIs se encuentran saturados o están “ocupados” por obras detenidas por cuestiones económicas. De ello se desprende la necesidad de ampliar la capacidad y de poder buscar una modalidad de negociación, para que todos aquellos proyectos que están varados, o bien se reactiven, o se puedan retirar con la mínima afectación económica para dar lugar así a futuros proyectos.

2) Colocar aerogeneradores en sitios estratégicos. Al momento de instalar los mismos, se debe llevar a cabo un estudio exhaustivo y detallado para tratar que la obra se encuentre lo más cercana posible a la zona que abastecerá, a fin de evitar pérdidas en la energía que se sufre a lo largo del trayecto, apuntando a una mayor eficiencia.

3) Innovar en Sistemas de Almacenamientos de Energía u otro tipo de tecnología que permitan un mayor aprovechamiento del recurso como el caso del Hidrógeno. Si bien los aerogeneradores u otro tipo de renovables, como puede ser la fotovoltaica, utilizan fuentes inagotables como son el viento y el sol, claro está que ni el viento sopla los 365 días del año con la intensidad que se necesita en el momento indicado, ni el sol irradia en todas las estaciones de igual manera. Es decir, son factores que no se pueden controlar, lo que genera pérdidas al no poder aprovechar el recurso en el momento indicado. De allí deviene la necesidad de almacenar la energía eléctrica en forma química en el hidrógeno producido.

IV. Conclusión

Se cumplieron la totalidad de los objetivos expuestos en el presente proyecto. Se evaluó la incidencia que tendría la incorporación de aerogeneradores de clase NRGP 82

1,5MW en la matriz energética argentina, lo que evidencia un ahorro notable en cuanto a la cantidad de emisiones de GEI.

Se concluyó que, de acuerdo a la capacidad de transporte disponible, la cantidad de aerogeneradores que se podrían incorporar al SADI serían 21. Quedó demostrado que resulta prioritario el análisis de todos los PDIs, para que finalmente subsistan solamente los que califican conforme los requerimientos elegidos. Las zonas que reunieron las condiciones planteadas en el presente trabajo corresponden a Mar del Plata, Miramar y Balcarce. Quedó evidenciado que la poca capacidad de transporte con la que cuenta el País es la variable fundamental para fijar la cantidad de aerogeneradores en cada zona.

Claro está que Argentina cuenta con grandes ventajas que la posicionan en un lugar favorable para llevar a cabo la transición energética a la que apunta. Sin embargo, no se puede dejar de lado que el pilar fundamental de la matriz energética resultan ser el combustible fósil (fundamentalmente gas), por lo que esta transición se verá envuelta en un verdadero desafío desde el punto de vista ambiental, social, económico y político, que deberá ser abordado de manera paulatina y consciente.

Si bien hoy día se perfila un gran compromiso para seguir avanzando hacia un desarrollo más sustentable, queda aún mucho camino por recorrer. Resulta fundamental invertir en investigación y desarrollo, ello en consonancia con un verdadero cambio en la mentalidad de la sociedad.

VI. Bibliografía

- AIREC Week. (2019). Las rondas de Renovar: qué se licitó, qué está operando. Revista Ingeniería Eléctrica, 349, 90-92.
- Arnone A,G. (2015). Acuerdo de París ¿Qué cambió y qué cambiará?. Extraído el día 11 de Abril de 2021 de <https://www.iri.edu.ar/index.php/2021/04/04/22-de-abril-de-2015-acuerdo-de-paris-que-cambio-y-que-cambiara/>
- Beaumont Roveda, E. (1994). Autoproducción de Electricidad a partir de Residuos de Madera y Leña en la República Argentina. Documento preparado para la: Subdirección de Productos No Madereros y Energía Dirección de Productos Forestales Departamento de Montes de F.A.O. 43 p.
- Borja M. (2009). Consideraciones básicas en la selección de aerogeneradores para el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. Extraído el día 14 de Mayo de 2021 de <https://www.nacionmulticultural.unam.mx/mezinal/docs/260.pdf>
- Borja M. (2007). Taller de Introducción a la Tecnología de Aerogeneradores. Recuperado el día 24 de Julio de 2021 de http://www.ineel.mx/proyectoMEM/docpdf/Modulo_01_Introduccion.pdf
- Compañía Administradora del Mercado Mayorista. (2021). Informes Renovables Octubre 2020.
- Cooperativa de Electricidad de Castelli (2021). Extraído el día 13 de Mayo de 2021 de <http://www.cuecca.com.ar/institucional/>
- Coordinación de Energías Renovables, Dirección Nacional de Promoción, Subsecretaría de Energía Eléctrica (2008). Energías Renovables 2008 - Energía Eólica (pp. 11-15). Buenos Aires. Extraído el día 14 de Abril de 2021 de http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_eolica.pdf
- Fernández Díez, P. 147-179. Extraído el 18 de Julio de 2021, de https://rsm1.redsauce.net/AppController/commands_RSM/api/api_getFile.php?itemID=82&propertyID=20&RStoken=59e8ac1045d03e2ff6564c0638315f38
- Fundación YPF (2021). Mapa de vientos. Extraído el día 13 de Agosto de 2021 de <http://energiasdemipais.educ.ar/fuentes-de-energia-potencial/energia-eolica/>
- Información Legislativa y Documental. Leyes Nacionales: Ley 25.019. Ley 25.675. Ley 26.190. Ley 27.191. Ley 27.424. Resolución 281-E.
- Información Legislativa y Documental. Leyes Provinciales: Ley 14.838. Ley 27.424.
- International Electrotechnical Commission (2005). International Estándar. 78 p. Extraído el día 10 de Mayo de 2021 de https://webstore.ansi.org/preview-pages/IEC/preview_iec61400-12-1%7Bed1.0%7Den.pdf

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. La radiación solar y su paso por la atmósfera. Extraído el día 27 de Agosto de 2021 de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera>
- Ministerio de Economía. (2021). Extraído el 14 de Julio de 2021 de <https://www.argentina.gob.ar/noticias/las-energias-renovables-lograron-un-crecimiento-historico-en-2020>
- Mirazón, E. (2017). Energías renovables en Argentina. Oportunidades en un nuevo contexto de negocios. Extraído el día 13 de Abril de 2021 de <https://www.pwc.com/ar/es/publicaciones/assets/energias-renovables-en-Argentina.pdf>
- Municipalidad de Castelli. (2021). Demografía del Municipio de Castelli. Recuperado el día 5 Abril de 2021 de <https://www.municipalidad-argentina.com.ar/municipalidad-castelli-b.html#demography>
- NRG Patagonia. Manual Descriptivo General del Aerogenerador NRG82 1.5 MW. Consultado el día 5 de Julio de 2021 en las instalaciones de QM Equipment S.A.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020). Buenos Aires. Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina. 103 p.
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Extraído el día 28 de Abril de 2021 de https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). La Enmienda de Doha. Extraído el día 12 de Mayo de 2021 de <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/the-doha-amendment>
- Organización de las Naciones Unidas (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Extraído el día 12 de Agosto de 2021 de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Puerta V, A. (2016). Diseño de un parque eólico con sistema de almacenamiento híbrido de baterías de iones de litio y flujo redox-vanadio. Tesis de Grado. Universidad Politécnica de Madrid. 88 p.
- Salassa Boix, R.R. (2013). El Protocolo de Kioto: connotaciones jurídicas para la Argentina. Especial referencia al mecanismo de desarrollo limpio y a los fondos de carbono. Revista de la Facultad. Universidad Nacional de Córdoba. VOL IV – N°1 -NUEVA SERIE II. 1-17.
- Secretaría de Energía de la Nación. (2019). Cálculo del Factor de Emisión de CO2 de la Red Argentina de Energía Eléctrica. Extraído el día 10 de Noviembre de 2021 de <http://datos.minem.gob.ar/dataset/calculo-del-factor-de-emision-de-co2-de-la-red-argentina-de-energia-electrica>

- Secretaría de Energía de la Nación. (2021). Información Geográfica. Extraído el día 19 de Agosto de 2021 de <https://sig.se.gob.ar/visor/visorsig.php>
- Torroglosa Giner D. (2013). Diseño de un aerogenerador de 1.8 Mw. Tesis de Grado. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Tunbridge P. (2021). ARGENTINA. La transición energética de Argentina produce resultados alentadores, pero corre el riesgo de detenerse tal como comenzó. 9 p.
- Universidad Nacional de Mar del Plata (2011). 286-304. Extraído el día 12 de Agosto de 2021 de [file:///C:/Users/Valen/Downloads/Dialnet-CenarioRiscoClimaticoPorSudestadasAsTempestadesEmM-5059175%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Valen/Downloads/Dialnet-CenarioRiscoClimaticoPorSudestadasAsTempestadesEmM-5059175%20(1).pdf)
- WeatherSpark. El clima y el tiempo promedio en todo el año en Castelli. (2021). Extraído el día 10 de Julio de 2021 de <https://es.weatherspark.com/y/29085/Clima-promedio-en-Castelli-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

VII. Anexo

Capacidad de transmisión disponible relativa a la incorporación de obras con un ingreso previsto dentro de los próximos 2 años (datos relevados de la página web de CAMMESA):

2000	LÍNEA 132 KV LAS ARMAS - MADARIAGA	-	132	-	0			
2003	PINAMAR	E.T.	132	-	100			
2011	LÍNEA 132 KV PINAMAR - MAR DE AJO	-	132	-	100			
2009	MAR DE AJO	E.T.	132	-	100			
2000	MAR DEL TUPÓ	E.T.	132	-	100			
2012	LAS TONINAS	E.T.	132	-	100			
2011	LAS TONINAS	E.T.	132	-	20			
2003	SAN CLEMENTE DEL TUPÓ	E.T.	132	-	100			
2000	VIVORATA	E.T.	500	-	600			
2011	LÍNEA 132KV VIVORATA - MAR DEL PLATA 4	-	132	-	0			
2010	LÍNEA 132KV VIVORATA - DRAGONEN - NECOCHA	-	132	-	0			
2010	MIRAMAR	E.T.	132	-	50			
2010	LÍNEA 132KV MIRAMAR - NECOCHA	-	132	-	50			
2020	NECOCHA	E.T.	132	-	110			
2010	LÍNEA 132KV NECOCHA - TANDIL	-	132	-	140			
2010	LÍNEA 132KV TANDIL - BALCARCE	-	132	-	130			
2012	BALCARCE 132	E.T.	132	-	220			
2010	LÍNEA 132KV BALCARCE - VIVORATA	-	132	-	180			
2017	LÍNEA 132KV VIVORATA - MAR DEL PLATA 3	-	132	-	180			
2013	BALCARCE 33	E.T.	33	-	25			
2014	LÍNEA 33KV TANDIL - VELA	-	33	-	12			

COMERCIO ELÉCTRICO

COSTA ATLÁNTICA NORTE
130

VIVORATA 500 KV
400

LAS TONINAS 132 KV
100

MAR DEL PLATA 132KV
150

BALCARCE 132KV
220

